

2019

BetonKalender



Parkbauten
Geotechnik und Eurocode 7



 **Ernst & Sohn**
A Wiley Brand

2019

Beton Kalender

Parkbauten Geotechnik und Eurocode 7

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

108. Jahrgang

Hinweis des Verlages

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

Titelbild: Das „Parkhaus Coesfelder Kreuz“ bietet 1016 benutzerfreundliche Stellplätze.
Foto: Oliver Baucks, www.baucks.com

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.

© 2019 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: 978-3-433-03242-8
ePDF ISBN: 978-3-433-60936-1
ePub ISBN: 978-3-433-60934-7
oBook ISBN: 978-3-433-60933-0

ISSN 0170-4958

Vorwort

Der Beton-Kalender 2019 bietet mit den Themenschwerpunkten „Geotechnik“ und „Parkbauten“ wiederum den aktuellen Kenntnisstand aus Wissenschaft und Praxis sowie die konsolidierte Kurzfassung von DIN EN 1997-1 (Eurocode 7) mit DIN 1054.

Im Kapitel „Beton“ von *Harald Müller* und *Udo Wiens* aus dem Beton-Kalender 2018 sind neben aktuellem Wissen aus Forschung, Praxis und Normen auch viele Informationen über die Zusammensetzung, Herstellung und Nachbehandlung vom Normalbeton, über den Sichtbeton, Leichtbeton, Hochfesten Beton und Faserbeton sowie über die Ökobilanz von Beton zu finden. Auch wird auf zukünftige Entwicklungen in der Betonforschung und -normung eingegangen.

Ein Schwerpunktthema ist die Bemessung von Gründungen nach Eurocode 7 Teil 1 und DIN 1054 von *Martin Ziegler* und *Benjamin Aulbach*. Seit dem Jahr 2012 sind der EC 7-1 mit dem dazugehörigen Nationalen Anhang DIN EN 1997-1/NA: 2010-12 zusammen mit den ergänzenden Regelungen von DIN 1054:2010-12 bauaufsichtlich eingeführt und erfuhren eine Neufassung von 2014 bzw. Änderungen A1 von 2012 und A2 von 2015. Den Autoren ist es gelungen, diese Bemessungsnormen sehr klar und didaktisch lehrreich aufzuarbeiten und die Bemessungsabfolgen darzustellen. Es werden sowohl die Flächen- als auch die Tiefgründungen mit Beispielen ergänzend erklärt und die weiteren Entwicklungen des EC 7 aufgezeigt.

Das Thema der Kombinierten Pfahl-Plattengründungen und Sondergründungen im Hoch- und Ingenieurbau wurde von *Rolf Katzenbach* und *Steffen Leppa* aufbauend auf dem Beitrag im Beton-Kalender 2014 entwickelt. Dabei wurde auch die Baugrunderkundung gemäß Eurocode 7 aufgenommen. Ein wichtiger Beitrag ist die detaillierte Abhandlung über das Tragverhalten, die Bemessung, die Probelastungen und die messtechnische Überwachung der Kombinierten Pfahl-Plattengründung (KPP). Auch den Sondergründungen, von den geothermisch aktivierten Gründungssystemen über die Senkkasten- und Brunnengründungen bis zu den Offshore-Gründungen, wird ein Abschnitt gewidmet.

Von *Jürgen Grabe* wurden die Marinen Gründungsbauwerke behandelt. Dazu zählen alle Bauwerke entlang von Küsten und Häfen, Gründungen für Uferbefestigungen, Kajen, Leuchttürme, Öl- und

Gasplattformen, Versorgungsleitungen sowie Bauwerke zur Nutzung der regenerativen Wind-, Tide- und Wellenenergie. Marine Gründungsstrukturen umfassen aber auch Erdbauwerke wie beispielsweise Deiche, künstliche Inseln und Landgewinnungsmaßnahmen. Schwerpunkte dieses Beitrags sind die Beanspruchungen und Lastannahmen sowie die Maßnahmen zur Baugrundverbesserung und zur Landgewinnung. Strukturiert werden die Bemessung und der Bau von Deichkonstruktionen, von Schwimm- und Senkkästen, von Pfahlgründungen und von Wänden dargelegt. Der Autor bringt dann weiteres Wissen zur Modellierung und zum Bau von Kajen, zur Bemessung der Gründungen von Leuchttürmen und Offshore-Windenergieanlagen sowie von Leitungen auf dem Meeresgrund. Abschließend werden auch die Verankerungen von schwimmenden Strukturen behandelt.

Von *Dietmar Adam*, *Konrad Bergmeister* und *Florin Florineth* werden die verschiedenen Stützbauwerke und deren Bemessung beschrieben. Neben den Erddrucktheorien und der geotechnischen Modellierung werden aufbauend auf Eurocode 7 die Bemessung der verschiedenen Grenzzustände aufgezeigt. Strukturiert werden die Bemessungsvorgänge der verschiedenen Stützbauwerke von den Gewichtsstützmauern, über die Winkelstützmauern zu den Raum-Gitterstützkonstruktionen bis zu den Bodenvernagelungen und den tiefen Stützbauwerken (Spundwände, Trägerbohlwände, Pfahlwände und Schlitzwände) sowie den Verankerungen im Baugrund dargestellt und mit Beispielen erklärt. Neben den konstruktiven Stützbauwerken aus Beton werden auch die ingenieurbioologischen Sicherungsmaßnahmen behandelt. Die Normen und Richtlinien wurden auf der Grundlage des Beitrags im Beton-Kalender 2007 weitestgehend an den Stand 2018 angepasst.

Innovative Entwicklungen zum Gradientenbeton werden von *Daniel Schmeer* und *Werner Sobek* aufgezeigt. Mit einer Einführung zum Leichtbau werden die Themen der Geometrieoptimierung und der Homogenisierung der Spannungsfelder genauso behandelt wie das Konzept der Gradiententechnologie. Die Betonverfahrenstechnik sowie die Bontechnologie spielen zur Gewichtsminimierung eine wesentliche Rolle. Das Ziel des Entwurfs funktional gradierter Betonbauteile liegt in der Definition der beanspruchungsgerechten Materialverteilung im Innern des Bauteils und damit der Bestimmung des sogenannten Gradientenlayouts. Neueste wis-

senschaftliche Erkenntnisse werden in diesem Beitrag teils erstmals vorgestellt und das riesige Potenzial zur Gradierung des Betons aufgezeigt.

Teil 2 mit dem Schwerpunkt „Parkbauten“ beginnt mit dem Beitrag von *Bernd Beer*, der sich mit der Planung kundenfreundlicher und wirtschaftlicher Parkbauten beschäftigt. Er zeigt die Planungsprinzipien von der Verkehrsplanung über die Parkraumgestaltung bis hin zum technischen Ausbau unter Berücksichtigung der Kundenanforderungen auf. Ein wichtiges Element bei der Planung ist die Tragwerkskonzeption mit wenigen Stützen. Gerade bei Parkbauten spielt die Dauerhaftigkeit der Betonstrukturen eine wichtige Rolle, weshalb der Autor dieses Thema hier vertieft darstellt.

Die Anforderungen an Parkbauten aus der Betreiber- und Nutzersicht sowie das Thema der Instandhaltung der Gebäudestruktur und der technischen Anlagen wurden von *Volker Buchholz* behandelt. Mit einem Abschnitt über die Instandhaltung von Parkbauten wird dieser Beitrag bereichert.

Ein besonderes Thema ist die Dauerhaftigkeit von Parkbauten. Der aktuelle Stand der Regelwerke in Deutschland wurde von *Frank Fingerloos*, *Claus Flohrer* und *Dieter Räsch* ausgearbeitet. In diesem Beitrag wird die Entwicklung der Regelwerke zur Dauerhaftigkeit direkt befahrener Parkdecks mit einer Fülle von Normen- und Richtlinienhinweisen dargestellt. Darüber hinaus werden viele praktische Hinweise aus den Regelwerken und die aktualisierten Ausführungsvarianten aus dem neuen DBV-Merkblatt „Parkhäuser und Tiefgaragen“ strukturiert erläutert.

Urs Järmann und *Milutin Scepan* beschreiben die Regelungen zur Dauerhaftigkeit von Parkhäusern und Tiefgaragen in der Schweiz. Einen wichtigen Baustein bildet hier die Nutzungsvereinbarung, die Anforderungen, Sonderrisiken und das Vorgehen in einem gemeinsamen Dokument festhält. Einzelne Themen, wie das Durchstanzen, der Anprallschutz, die Entwässerung sowie die Instandhaltung werden gut nachvollziehbar dargestellt. Vom Entwurf über die Bemessung, Ausführung, Nutzung, Erhaltung bis zum Rückbau wird der gesamte Projektablauf beschrieben. Interessant sind auch die Überlegungen über zukünftige Trends von Parkbauten unter Berücksichtigung der Elektromobilität.

Susanna Arazli erläutert in ihrem Beitrag die wesentlichen Eckpunkte der österreichischen öbV-Richtlinie „Garagen und Parkdecks“. In dieser Richtlinie wird ein großes Augenmerk auf die Dauerhaftigkeit und die Vermeidung von Schäden gelegt. Dabei kommt der Ausbildung des Gefälles, dem Einbau einer Entwässerung, dem Schutz des Tragwerks, der jährlichen Inspektion sowie der Reinigung und der Instandhaltung eine wichtige Rolle zu. Viel Detailwissen und konstruktive Hinweise

werden in dieser Richtlinie zur Planung und zum Betrieb von Garagen und Parkbauten gegeben.

Christian Herold hat die Anwendung von DIN 18532 „Abdichtung von befahrbaren Verkehrsflächen aus Beton“ an der Schnittstelle zu den Regelungen für den Schutz von Betonbauteilen gegen Chloride in Planung und Ausführung vertieft und wertvolle Hinweise herausgearbeitet. Dabei geht es neben den Prinzipien des Bauwerksschutzes bei der Abdichtung befahrbarer Betonbauteile auch um viele relevante bautechnische Hinweise bei der Bauausführung.

Lars Wolff und *Bernd Schwamborn* beschäftigen sich mit den Oberflächenschutzsystemen und den Abdichtungsbauarten für befahrene Parkdecks. Die Autoren erklären die Abdichtungssysteme von befahrbaren Verkehrsflächen aus Beton mit deren Prüfmöglichkeiten und die verschiedenen Schutzsysteme mit deren Leistungsmerkmalen und Qualitätssicherungsmaßnahmen. Von praktischer Bedeutung sind auch die Bewertungen der Lebensdauer sowie die Prüfverfahren und Inspektionsmöglichkeiten der Oberflächenschutzsysteme.

Die Instandsetzung von Tiefgaragen und Parkhäusern wird von *Christian Sodeikat* und *Till F. Mayer* behandelt. Die Autoren berichten zuerst über einige typische Schadensfälle, um dann systematisch die verschiedenen Einflüsse zur Bewehrungskorrosion aufzuzeigen. Die Instandsetzungsrichtlinie des DAfStb in der Fassung von 2001 stellt bis zur Veröffentlichung der neuen Instandhaltungsrichtlinie weiterhin das gültige Regelwerk dar. Die Autoren haben aufbauend auf dieser Richtlinie die Zustandsfeststellung mit den erforderlichen Untersuchungen unter Berücksichtigung auch innovativer Untersuchungsmethoden sowie die Planung und die Durchführung der Instandsetzung entwickelt. Dabei fließen neben wissenschaftlich fundierten Erkenntnissen auch viele praktische Erfahrungen ein.

Die Abdichtungen bei unterirdischen Bauwerken unter Berücksichtigung neuer Normen, aufbauend auf dem Beitrag im Beton-Kalender 2014 werden von *Alfred Haack* und *Dominik Kessler* behandelt. Neben den Planungsgrundlagen werden auch die Auswahlkriterien und die Anwendungsgrenzen verschiedener Abdichtungssysteme sowie relevante Prüfverfahren herausgearbeitet. Unterstützt wird dieser Beitrag von vielen baupraktischen Hinweisen.

Aktuelles Wissen über den kathodischen Korrosionsschutz im Stahlbetonbau beschreiben *Thorsten Eichler* und *Susanne Gieler-Brefßner*. Neben den Grundlagen werden die Werkstoffe und die Typen der Anoden beschrieben. Damit der kathodische Korrosionsschutz seine Wirksamkeit entfalten kann, braucht es neben einer sorgfältigen Planung und einer permanenten Überwachung vor allem

ausgebildetes Fachpersonal. Ausführungsbeispiele auch an Parkbauten und Tiefgaragen runden diesen Beitrag ab.

Björn Siebert und *Jesko Gerlach* befassen sich mit dem chemischen Angriff auf Beton. Die chemischen Prozesse der verschiedenen Schädigungsmechanismen und die Einflussfaktoren auf die Schädigung werden sehr verständlich dargestellt. Anschließend erfolgt eine Beschreibung der unterschiedlichen Schutzmaßnahmen und eine Darstellung der aktuellen Ansätze zur Dauerhaftigkeitsbemessung.

Das Kapitel Normen und Regelwerke hat *Frank Fingerloos* wieder mit großer Fachkenntnis zusammengestellt. Für den diesjährigen Schwerpunkt „Geotechnik“ wird eine für den üblichen Hochbau aufbereitete und gekürzte, aktuelle Fassung des Eurocode 7 Teil 1, DIN EN 1997-1 „Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik“ zusammen mit den mitgeltenden Regelungen von DIN 1054 „Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1“ abgedruckt. Weiterhin werden die Verzeichnisse der wichtigsten relevanten Baunormen und technischen Baubestimmungen für den Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbau, der aktuellen

Richtlinien des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton e. V. (DAfStb), der Merkblätter des Deutschen Beton- und Bautechnik-Vereins E. V. (DBV) und der Richtlinien und Merkblätter der Österreichischen Bautechnik Vereinigung (öbv) angeführt. Ein Literaturverzeichnis vervollständigt diesen Beitrag zu den „Normen und Regelwerken“.

Der Beton-Kalender 2019 mit den Themenschwerpunkten „Geotechnik, Eurocode 7“ und „Parkbauten“ bietet dank der erfahrenen und engagierten Autoren aus Wissenschaft und Praxis auch in diesem Jahr ein wissenschaftlich fundiertes Nachschlagewerk. Gegenwärtig wird es immer schwieriger für Autoren, Zeit für das Verfassen profunder Beiträge für den Beton-Kalender zu erübrigen. Es ist aber dennoch auch für diesen Jahrgang gelungen, wertvolle Beiträge aus der Ingenieurpraxis, der Industrie und der Wissenschaft präsentieren zu können. Die Herausgeber wünschen der Leserschaft viel Praktisches und Wissenswertes darin zu finden.

Wien, Berlin, Darmstadt, im September 2018

Konrad Bergmeister, Wien

Frank Fingerloos, Berlin

Johann-Dietrich Wörner, Darmstadt

Inhaltsübersicht

	Inhaltsverzeichnis	IX
	Anschriften	XXVII
I	Beton	1
	Harald S. Müller, Udo Wiens	
II	Bemessung von Gründungen nach EC 7-1 und DIN 1054	173
	Martin Ziegler, Benjamin Aulbach	
III	Kombinierte Pfahl-Plattengründungen und Sondergründungen im Hoch- und Ingenieurbau	231
	Rolf Katzenbach, Steffen Leppla	
IV	Marine Gründungsbauwerke	295
	Jürgen Grabe	
V	Stützbauwerke	367
	Dietmar Adam, Konrad Bergmeister, Florin Florineth	
VI	Gradientenbeton	455
	Daniel Schmeer, Werner Sobek	

Inhaltsübersicht

VII	Planung kundenfreundlicher und wirtschaftlicher Parkbauten	477
	Bernd Beer	
VIII	Anforderungen an Parkbauten aus Betreiber- und Nutzersicht sowie die Instandhaltung von Parkbauten	505
	Volker Buchholz	
IX	Dauerhaftigkeit von Parkbauten in Deutschland	515
	Frank Fingerloos, Claus Flohrer, Dieter Räsch	
X	Regelungen zur Dauerhaftigkeit von Parkhäusern und Tiefgaragen in der Schweiz	583
	Urs Järmann, Milutin Scepan	
XI	Erläuterungen zur Anwendung der öbv-Richtlinie „Garagen und Parkdecks“ in Österreich	609
	Susanna Arazli	
XII	Die Anwendung von DIN 18532 „Abdichtung von befahrbaren Verkehrsflächen aus Beton“	647
	Christian Herold	
XIII	Oberflächenschutzsysteme und Abdichtungsbauarten für befahrene Parkdecks	669
	Lars Wolff, Bernd Schwamborn	
XIV	Instandsetzung von Tiefgaragen und Parkhäusern	713
	Christian Sodeikat, Till F. Mayer	
XV	Abdichtungen bei unterirdischen Bauwerken unter Berücksichtigung neuer Normen	795
	Alfred Haack, Dominik Kessler	
XVI	Kathodischer Korrosionsschutz im Stahlbetonbau	863
	Thorsten Eichler, Susanne Gieler-Breßmer	
XVII	Chemischer Angriff auf Beton	905
	Björn Siebert, Jesko Gerlach	
XVIII	Normen und Regelwerke	941
	Frank Fingerloos	
	Stichwortverzeichnis	1025

Inhaltsverzeichnis

I	Beton	1			
	Harald S. Müller, Udo Wiens				
1	Einführung und Definition	3	4	Junger Beton	49
1.1	Allgemeines	3	4.1	Bedeutung und Definition	49
1.2	Definition	3	4.2	Hydrationswärme	49
1.3	Klassifizierung von Beton	5	4.3	Verformungen	50
1.3.1	Betonarten	5	4.4	Dehnfähigkeit und Rissneigung	51
1.3.2	Betonklassen	5	4.5	Bestimmung der Festigkeit von jungem Beton	52
1.3.3	Betonfamilie	7			
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	Zementhydratation	19			
2.1.6	Der Zementstein	20	6	Festigkeit und Verformung von Festbeton	58
2.2	Gesteinskörnungen für Beton	22	6.1	Strukturmerkmale	58
2.2.1	Allgemeines	22	6.2	Druckfestigkeit	58
2.2.2	Art und Eigenschaften des Gesteins	23	6.2.1	Spannungszustand und Bruchverhalten von Beton bei Druckbeanspruchung	58
2.2.3	Schädliche Bestandteile	24	6.2.2	Einflüsse auf die Druckfestigkeit	59
2.2.4	Kornform und Oberfläche	27	6.2.2.1	Ausgangsstoffe und Beton- zusammensetzung	59
2.2.5	Größtkorn und Kornzusammensetzung	28	6.2.2.2	Erhärtungsbedingungen und Reife	60
2.3	Betonzusatzmittel	30	6.2.2.3	Prüfeinflüsse	64
2.3.1	Definition	30	6.2.3	Festigkeitsklassen	65
2.3.2	Arten von Zusatzmitteln	30	6.3	Zugfestigkeit	65
2.3.3	Anwendungsgebiete	31	6.3.1	Bruchverhalten und Bruchenergie	65
2.3.4	Weitere Anforderungen	33	6.3.2	Einflüsse auf die Zugfestigkeit	66
2.4	Betonzusatzstoffe	33	6.3.3	Zentrische Zugfestigkeit	66
2.4.1	Definitionen	33	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	Verhältniszerte für Druck- und Zugfestigkeit	67
2.4.4	Latent-hydraulische Stoffe	39	6.4	Festigkeit bei mehrachsiger Beanspruchung	68
2.4.5	Organische Stoffe	39	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	40	6.6.2	Verhalten bei Dauerstand- beanspruchung	72
3.3	Rohdichte und Luftgehalt	41	6.6.3	Zeitabhängige Verformungen	72
3.4	Verarbeitbarkeit und Konsistenz	41	6.6.3.1	Definitionen	72
3.5	Transport und Einbau	44			
3.6	Entmischen	45			
3.7	Nachbehandlung	47			
3.7.1	Nachbehandlungsarten	47			
3.7.2	Dauer der Nachbehandlung	47			
3.7.3	Zusätzliche Schutzmaßnahmen	49			

6.6.3.2	Kriechverhalten von Beton	73	10.2.4	Herstellung, Transport und Verarbeitung.	117
6.6.3.3	Vorhersageverfahren	75	10.2.5	Festbetonverhalten von Konstruktionsleichtbeton	118
6.6.4	Verhalten bei dynamischer Beanspruchung.	77	10.2.6	Zur Planung von Bauwerken aus Konstruktionsleichtbeton	121
6.6.5	Ermüdung	77	10.2.7	Selbstverdichtender Konstruktions- leichtbeton	122
7	Dauerhaftigkeit	81	10.3	Porenbeton	123
7.1	Überblick über die Umwelt- bedingungen, Schädigungs- mechanismen und Mindestanforderungen	82	10.4	Haufwerksporiger Leichtbeton	123
7.2	Widerstand gegen das Eindringen aggressiver Stoffe.	89	11	Faserbeton	125
7.3	Korrosionsschutz der Bewehrung im Beton	90	11.1	Allgemeines	125
7.3.1	Allgemeine Anforderungen	90	11.2	Zusammenwirken von Fasern und Matrix	125
7.3.2	Carbonatisierung	91	11.2.1	Ungerissener Beton	126
7.3.3	Eindringen von Chloriden	93	11.2.2	Gerissener Beton	127
7.4	Frostwiderstand	95	11.3	Fasern	133
7.5	Frost- und Taumittelwiderstand.	95	11.3.1	Stahlfasern	133
7.6	Widerstand gegen chemische Angriffe	97	11.3.2	Glasfasern	134
7.7	Verschleißwiderstand.	98	11.3.3	Organische Fasern	135
7.8	Feuchtigkeitsklassen nach Alkali-Richtlinie	98	11.3.3.1	Kunststofffasern (Polymere)	135
			11.3.3.2	Kohlenstofffasern	136
			11.3.3.3	Fasern natürlicher Herkunft – Zellulosefasern	136
8	Selbstverdichtender Beton	99	11.4	Zusammensetzung	137
8.1	Allgemeines	99	11.4.1	Beton	137
8.2	Mischungsentwurf	100	11.4.2	Fasern	137
8.3	Frischbetonprüfverfahren an Mörtel	101	11.5	Eigenschaften.	137
8.4	Prüfungen am Beton	102	11.5.1	Verhalten bei Druckbeanspruchung.	137
8.5	Eigenschaften.	105	11.5.2	Verhalten bei Zugbeanspruchung und bei Biegebeanspruchung.	138
9	Sichtbeton	105	11.5.3	Verhalten bei Querkraft- und Torsionsbeanspruchung	139
9.1	Einführung	105	11.5.4	Verhalten bei Explosions-, Schlag- und Stoßbeanspruchung	139
9.2	Planung und Ausschreibung	106	11.5.5	Kriechen und Schwinden	139
9.3	Betonzusammensetzung und Betonherstellung	106	11.5.6	Dauerhaftigkeit	139
9.4	Einbau und Nachbehandlung	107	11.5.7	Frost- und Taumittelwiderstand.	140
9.4.1	Schalung und Trennmittel	107	11.5.8	Verhalten bei hoher Temperatur	140
9.4.2	Ausführung und Nachbehandlung	108	11.5.9	Verschleißwiderstand.	141
9.5	Beurteilung	108	11.6	Übereinstimmungsnachweis und Prüfungen.	141
9.6	Mängel und Mängelbeseitigung.	109	11.7	Richtlinie „Stahlfaserbeton“	141
9.6.1	Sichtbetonmängel.	109	12	Ultrahochfester Beton	142
9.6.2	Mängelbeseitigung bei Sichtbeton.	110	13	Nachhaltiger Beton	142
9.6.3	Architektonisch bedeutsame Bausubstanz.	111	13.1	Einführung	142
9.7	Sonder-Sichtbetone	111	13.2	Ökobilanz von Beton	143
10	Leichtbeton	112	13.3	Mischungsentwicklung	145
10.1	Einführung und Überblick	112	13.3.1	Optimierung der Packungsdichte der granularen Ausgangsstoffe.	145
10.2	Konstruktionsleichtbeton nach DIN EN 1992-1-1	113	13.3.2	Bewertung der Leistungsfähigkeit der Bindemittelzusammensetzung	149
10.2.1	Grundlegende Eigenschaften	113	13.4	Methoden der Leistungsbewertung	150
10.2.2	Leichte Gesteinskörnung	113	13.5	Zusammensetzung und Eigenschaften nachhaltiger Betone	151
10.2.3	Betonzusammensetzung.	115			

14	Normative Entwicklung	155	14.2.3	DafStb-Richtlinie	
14.1	Neue EN 206 und DIN 1045-2	155		„Betonbauqualität (BBQ)“	157
14.2	Betonbauqualität entlang der Wertschöpfungskette – Ein integrierter Ansatz	156	14.3	Widerstandsklassen – das neue Konzept zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit von Betonbauwerken für die zukünftige EN 206	158
14.2.1	Hintergrund	156			
14.2.2	Bisherige Normen im Betonbau – Defizitanalyse	156	15	Literatur	159
II	Bemessung von Gründungen nach EC 7-1 und DIN 1054	173			
	Martin Ziegler, Benjamin Aulbach				
1	Einleitung	175	3.8	Vereinfachter Nachweis in Regelfällen	198
2	Sicherheitsnachweise nach EC 7-1 und DIN 1054	176	3.8.1	Voraussetzungen für die Anwendung der Erfahrungswerte	198
2.1	Anwendungsbereich des EC 7-1	176	3.8.2	Nachweisführung mit Bemessungswerten des Sohlwiderstands	198
2.2	Begriffe	177	3.8.3	Erhöhung und Verminderung des Bemessungswerts	199
2.2.1	Geotechnische Kategorien	177	3.9	Beispiele	199
2.2.2	Sachverständiger für Geotechnik	177	3.9.1	Beispiel für vereinfachte Nachweisführung	199
2.2.3	Einwirkungen, Auswirkungen und Beanspruchungen	178	3.9.2	Beispiel für Standardnachweis	203
2.2.4	Widerstände	178	3.9.3	Ergänzender Hinweis	206
2.2.5	Charakteristische und repräsentative Werte	179	4	Tiefgründungen	207
2.2.6	Bemessungswerte	181	4.1	Pfahlarten und Tragverhalten	207
2.2.7	Besonderheiten in der Geotechnik	181	4.1.1	Verdrängungspfähle nach DIN EN 12699:2015-07	207
2.2.8	Bemessungssituationen	183	4.1.2	Bohrpfähle nach DIN EN 1536:2015-10	207
2.3	Grenzzustände und Nachweise	185	4.1.3	Mikropfähle nach DIN EN 14199:2015-07	207
2.3.1	Grenzzustand EQU	185	4.2	Einstufung in die Geotechnische Kategorie	207
2.3.2	Grenzzustand UPL	185	4.3	Einwirkungen und Beanspruchungen	208
2.3.3	Grenzzustand HYD	186	4.3.1	Gründungslasten	208
2.3.4	Grenzzustand STR	186	4.3.2	Negative Mantelreibung	208
2.3.5	Grenzzustand GEO	186	4.3.3	Hebungen	209
2.3.6	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit SLS	188	4.3.4	Fließdruck	209
3	Flächengründungen	189	4.3.5	Beanspruchungen	210
3.1	Allgemeines	189	4.4	Widerstände	212
3.2	Einstufung in die Geotechnische Kategorie	189	4.4.1	Axiale Pfahlwiderstände	212
3.3	Einwirkungen und Beanspruchungen	189	4.4.2	Dynamische Probelastungen	214
3.4	Widerstände	192	4.4.3	Erfahrungswerte	214
3.4.1	Grundbruch	192	4.4.4	Bemessungswert der axialen Pfahlwiderstände	217
3.4.2	Gleiten	194	4.4.5	Pfahlwiderstände bei quer zur Pfahlachse beanspruchten Einzelpfählen	218
3.5	Bemessungswerte	195	4.4.6	Axiale Pfahlwiderstände bei Druckpfahlgruppen	218
3.6	Nachweise der Tragfähigkeit	195	4.5	Nachweise	219
3.6.1	Gesamtstandsicherheit	195	4.5.1	Nachweise der Tragfähigkeit	219
3.6.2	Grundbruchwiderstand	196	4.5.2	Nachweise der Gebrauchstauglichkeit	221
3.6.3	Gleitwiderstand	196			
3.6.4	Stark exzentrische Belastung	196			
3.7	Nachweise der Gebrauchstauglichkeit	196			
3.7.1	Setzungen und Hebungen	196			
3.7.2	Fundamentverdrehung und Begrenzung einer klaffenden Fuge	197			
3.7.3	Verschiebungen in der Sohlfläche	198			

4.6	Beispiel – Bemessung eines axial belasteten Bohrfahls mithilfe von Erfahrungswerten.	222	5	Weitere Entwicklung des EC 7	226
			6	Literatur	228
III	Kombinierte Pfahl-Plattengründungen und Sondergründungen im Hoch- und Ingenieurbau	231			
	Rolf Katzenbach, Steffen Leppla				
1	Einleitung	233	3.8.5.3	Büroturm Japan Center in Frankfurt am Main.	262
2	Grundlagen	233	3.8.5.4	Bürokomplex Kastor und Pollux in Frankfurt am Main.	264
2.1	Baugrund-Tragwerk-Interaktion	233	3.8.5.5	Büroturm Sony Center in Berlin	264
2.2	Baugrunderkundung gemäß Eurocode 7 (EC 7)	235	3.8.6	KPP in Kombination mit Deckelbauweise	264
2.2.1	Baugrunderkundungsprogramm	235	3.8.7	Hochhausgründung neben S-Bahn-Tunnel in setzungsaktivem Baugrund	266
2.2.2	Umfang der Baugrunderkundung bei Gründungen	236	3.8.8	Spezialgründung auf Verwerfungslinie	269
2.2.3	Umfang der Baugrunderkundung bei Baugruben	237	3.8.9	Hochhausgründung in Hanglage	269
2.3	Vier-Augen-Prinzip	238	3.8.10	Horizontal belastete KPP.	272
2.4	Beobachtungsmethode.	239	3.9	Gewährleistung der Sicherheit, Qualität und Wirtschaftlichkeit	274
3	Kombinierte Pfahl-Plattengründung	240	4	Sondergründungen	274
3.1	Trag- und Verformungsverhalten.	241	4.1	Geothermisch aktivierte Gründungssysteme.	274
3.2	Tiefgründungselemente	243	4.1.1	Physikalische Grundlagen	275
3.3	Herstellung von Tiefgründungselementen.	244	4.1.2	Massivabsorber	276
3.4	Berechnungsmethoden.	245	4.1.3	Dimensionierung und Nachweisführung	276
3.5	Geotechnische Nachweisführung.	246	4.1.4	Herstellung und konstruktive Durchbildung.	277
3.5.1	Grundlagen.	246	4.1.5	Energiepfahlanlage eines innerstädtischen Großbauprojektes	278
3.5.2	Nachweis der Tragfähigkeit (ULS)	247	4.2	Wiedernutzung von Bestandsgründungen	279
3.5.3	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (SLS)	247	4.2.1	Zielstellung der Wiedernutzung.	280
3.5.4	Pfahlprobelastungen.	248	4.2.2	Geotechnische Nachweisführung.	281
3.5.4.1	Grundlagen.	248	4.2.3	Notwendige Untersuchungen.	281
3.5.4.2	Beispiel	248	4.2.4	Wiedernutzung bestehender Gründungen – Beispiele aus der Ingenieurpraxis	282
3.6	KPP-Richtlinie.	250	4.2.4.1	Reichstag in Berlin.	282
3.7	Messtechnische Überwachung einer KPP	250	4.2.4.2	Hessischer Landtag in Wiesbaden	284
3.8	Ausgeführte Kombinierte Pfahl-Plattengründungen	250	4.3	Brunnengründungen	284
3.8.1	Erstmalige Ausführung einer KPP in Deutschland	250	4.4	Senkkastengründungen	286
3.8.2	Hochhausgründung im Standardfall	255	4.4.1	Offene Senkkästen	286
3.8.3	KPP in nichtbindigem Baugrund	255	4.4.2	Druckluftsenkkästen	286
3.8.4	KPP in setzungsaktivem, bindigem Baugrund	258	4.5	Offshore-Gründungen	287
3.8.5	KPP mit exzentrischer Belastung.	259	5	Literatur	287
3.8.5.1	Gebäudekomplex DZ-Bank in Frankfurt am Main.	259			
3.8.5.2	Gebäudekomplex American Express in Frankfurt am Main.	262			

IV	Marine Gründungsbauwerke	295		
	Jürgen Grabe			
1	Einführung	297	6.4	Bemessung
1.1	Abgrenzung zu Gründungen an Land	297	6.4.1	Verformungen
1.2	Besonderheiten und Risiken	297	6.4.1.1	Setzungen während der Bauzeit
1.3	Regelwerke und Empfehlungen	298	6.4.1.2	Langzeitsetzungen
1.4	Verwendete Planungsunterlagen	298	6.4.1.3	Beobachtungsmethode
			6.4.2	Standstabilität
2	Meeresgrund und Küsten	298	7	Schwimm- und Senkkästen
2.1	Geologie in der Nord- und Ostsee	298	7.1	Bau
2.2	Offshore-Baugrunderkundung	299	7.2	Bemessung
2.3	Morphodynamik	300	7.2.1	Schwimmstabilität
2.3.1	Erosion und Sedimentation	300	7.2.2	Schneidengeometrie
2.3.2	Welleninduzierte Druckbeanspruchung	301	7.2.3	Gebrauchstauglichkeit
2.3.3	Unterwasserböschungen	302	7.2.4	Standstabilität
3	Beanspruchungen und Lastannahmen	303	8	Pfahlgründungen
3.1	Tide	303	8.1	Pfahlarten
3.2	Strömungskräfte	304	8.2	Einbringverfahren
3.3	Wellen	304	8.3	Tragverhalten
3.4	Eis	305	8.3.1	Einzelpfahl unter axialer Belastung
3.5	Wind	305	8.3.2	Einzelpfahl unter Horizontallast und Biegemoment
3.6	Kran	306	8.3.3	Zugbeanspruchte Pfähle
3.7	Schiff	306	8.3.4	Pfahlgruppen
3.8	Verkehr	307	8.3.5	Pfahlrost
3.9	Korrosion	307	8.4	Bemessung
3.10	Biologischer Bewuchs	307	8.4.1	Axiale Pfahlwiderstände
			8.4.1.1	Pfähle in Häfen und Wasserstraßen
			8.4.1.2	Offshore-Pfähle
4	Baugrundverbesserungen	308	8.4.2	Horizontale Pfahlwiderstände
4.1	Vertikaldrainagen	308	8.4.2.1	Dalben
4.2	Rütteldruck- und -stopfverfahren	308	8.4.2.2	Bettung von Pfählen in Häfen und Wasserstraßen
4.3	Geotextilmantelnde Sandsäulen	309	8.4.2.3	Offshore-Pfähle
4.4	Dynamische Intensivverdichtung	310	8.5	Pfahlprüfung statisch und dynamisch
4.5	Vakuumverfahren	310	8.6	Anwachsen
5	Landgewinnung	311	9	Wände
5.1	Baggergutgewinnung	311	9.1	Art und Zweck
5.1.1	Hydraulische Löseverfahren	311	9.2	Herstellverfahren
5.1.2	Mechanische Löseverfahren	311	9.3	Bemessung von Wänden
5.2	Einbauverfahren	312	9.3.1	Allgemeines
5.2.1	Herstellung von Dämmen	312	9.3.2	Sicherheitskonzept, Grenzzustände und Lastfälle
5.2.2	Einspülen des Boden-Wasser-Gemischs	313	9.3.3	Einwirkungen und Widerstände
5.3	Eigenschaften des eingebauten Materials	313	9.3.4	Statische Systeme
6	Deiche	314	9.3.5	Erforderliche Nachweise
6.1	Regelquerschnitte an der Nord- und Ostseeküste	314	9.4	Hochwasserschutzwände
6.2	Bau von Deichen	315	9.4.1	Allgemeines
6.2.1	Vorbereiten der tragfähigen Deichbasis	315	9.4.2	Berechnung
6.2.2	Einbau des Kernmaterials	315	9.4.3	Beispiel
6.2.3	Einbau der Deckschichten	315	9.4.4	Bauliche Maßnahmen
6.3	Ursache für Deichversagen	315	9.5	Spundwände
			9.5.1	Allgemeines
			9.5.2	Berechnung

9.6	Verankerungen	336	12	Gründung von Leuchttürmen	346
9.6.1	Allgemeines	336	12.1	Besonderheiten	346
9.6.2	Berechnung	336	12.2	Beispiele	346
9.7	Fangedämme	336	13	Gründung von Windkraftanlagen offshore	347
9.7.1	Allgemeines	336	13.1	Einleitung	347
9.7.1.1	Zellenfangedämme	337	13.2	Arten	348
9.7.1.2	Kastenfangedämme	337	13.3	Besonderheiten	349
9.7.2	Berechnung	337	13.4	Nachweise	350
9.7.2.1	Berechnung von Zellenfangedämmen	337	13.5	Bau	350
9.7.2.2	Kastenfangedämme	338	13.6	Beispiel	351
9.7.3	Bauliche Maßnahmen	338	14	Gründung von Leitungen auf dem Meeresgrund	352
10	Kajen	339	14.1	Arten	352
10.1	Einleitung	339	14.2	Besonderheiten	354
10.2	Typische Querschnitte	339	14.3	Verlegetiefe	356
10.3	Land- und Wasserbaustelle	341	15	Verankerung von schwimmenden Strukturen	357
10.4	Tragverhalten	341	15.1	Ankerarten	358
10.5	Besondere Hinweise für die Bemessung von Kajen	344	15.2	Besonderheiten	360
11	Seeschleusen	345	16	Literatur	360
11.1	Einleitung	345			
11.2	Abmessungen	345			
11.3	Konstruktion	345			
11.4	Besondere Einwirkungen	345			
V	Stützbauwerke	367			
	Dietmar Adam, Konrad Bergmeister, Florin Florineth				
1	Einführung	369	3.9	Normative Berechnungs- und Bemessungsgrundlagen	386
2	Entwurf und Systematik der Stützkonstruktionen	369	4	Flache Stützkonstruktionen	392
3	Berechnungs- und Bemessungsgrundlagen	370	4.1	Gewichtsstützmauern	392
3.1	Allgemeines	370	4.1.1	Allgemeines	392
3.2	Sicherheitsbetrachtungen	371	4.1.2	Berechnung und Bemessung	393
3.3	Aktiver und passiver Erddruck – Grundlagen	373	4.2	Winkelstützmauern	396
3.3.1	Grenz- und Zwischenwerte des Erddrucks	373	4.2.1	Allgemeines	396
3.3.2	Erddrucktheorien	373	4.2.2	Berechnung und Bemessung	397
3.3.3	Grundwerte für die Berechnung	375	4.3	Bemessungsbeispiel	
3.4	Erddruckberechnung	376	4.3.1	Winkelstützmauer	397
3.5	Erddruckverteilung	379	4.3.2	Geometrien, Bodenkennwerte, Materialeigenschaften	397
3.6	Sonderformen des Erddrucks	380	4.3.3	Äußere Standsicherheit	398
3.7	Wasserdruck	382	4.3.4	Bemessung auf Biegung	404
3.8	Baustoffe der Stützbauwerke	383	4.3.5	Bemessung auf Querkraft	405
3.8.1	Wasserundurchlässiger Beton	383	4.3.6	Bemessung des luftseitigen Fundamentvorsprungs als Konsole (Schnitt 5)	406
3.8.2	Frost- und witterungsbeständiger Beton	384	4.4	Raumgitter-Stützkonstruktionen	407
3.8.3	Frost- und taumittelbeständiger Beton	384	4.4.1	Allgemeines zu Verbundkonstruktionen	407
3.8.4	Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen	384	4.4.2	Beton-Raumgitter-Stützmauern (Betonkrienerwände)	407
			4.4.3	Holzkrainerwände	409

4.4.4	Berechnung und Bemessung	411	5.4.10	Bemessung der Bohrpfahlwand nach DIN 1045-1	434
4.5	Bewehrte Erde	412	5.5	Schlitzwände	435
4.5.1	Allgemeines	412	5.5.1	Allgemeines	435
4.5.2	Berechnung und Bemessung	415	5.5.2	Herstellung	435
4.6	Bodenvernagelungen (Injektionsverdübelung)	415	5.5.3	Berechnung und Bemessung	437
4.6.1	Allgemeines	415	5.6	Stützfüssigkeiten	437
4.6.2	Berechnung und Bemessung	416	5.7	Verankerungen	437
4.7	Bemessungsbeispiel Bodenvernagelung	417	5.8	Brunnen, Dübel und Stützscheiben	438
4.7.1	Innere Standsicherheit – Sicherheit gegen Herausziehen	417	5.8.1	Allgemeines	438
4.7.2	Geometrien, Bodenkennwerte, Materialeigenschaften	417	5.8.2	Berechnung und Bemessung	439
4.7.3	Sicherheit gegen Herausziehen der Nägel (GZ 1C)	418	5.9	Fangedämme	440
4.8	Entwässerung	419	5.9.1	Allgemeines	440
			5.9.2	Berechnung und Bemessung	440
5	Tiefe Stützbauwerke	421	6	Sonstige Stützkonstruktionen	442
5.1	Spundwände	421	6.1	Aufgelöste Stützkonstruktionen	442
5.1.1	Allgemeines	421	6.2	Sonderformen von Stützbauwerken	443
5.1.2	Herstellverfahren	422	6.3	Schutzgalerien	443
5.1.3	Berechnung und Bemessung	423	6.4	Sicherung von Hangbrücken – Schalenragwerke	444
5.2	Trägerbohlwände	427	7	Ingenieurbiologische Sicherungsmaßnahmen	444
5.2.1	Allgemeines	427	7.1	Hangfaschinen	444
5.2.2	Berechnung und Bemessung	427	7.2	Bepflanzte Pilotenwand	445
5.3	Pfähle und Pfahlwände	428	7.3	Bepflanzter Hangrost	445
5.3.1	Pfähle	428	7.4	Begrünung	446
5.3.2	Pfahlgruppen, Pfahlroste	429	8	Dauerhaftigkeit von Stützbauwerken	447
5.3.3	Bohrpfahlwände	429	8.1	Qualitätskontrollen	447
5.3.4	Berechnung und Bemessung	430	8.2	Baugrunderkundung	447
5.4	Bemessungsbeispiel Bohrpfahlwand	430	8.3	Konstruktion	447
5.4.1	Querschnitte	430	8.4	Expositionsklassen	448
5.4.2	Geologie und Hydrogeologie	431	8.5	Bewertung der Lebensdauer	448
5.4.3	Teilsicherheitsbeiwerte	432	8.6	Robustheit	449
5.4.4	Bauteile	432	8.7	Überwachung	449
5.4.5	Systemannahmen	432	9	Innovationen	450
5.4.6	Einwirkungen (Lastannahmen)	433	9.1	Mixed-in-Place-Verfahren (MIP)	450
5.4.6.1	Ständige Einwirkungen	433	9.2	Bewehrte DSV-Wände	450
5.4.6.2	Veränderliche Einwirkungen	433	10	Literatur	451
5.4.7	Bettungsmodulverlauf	434			
5.4.8	Berechnung der Einbindetiefe	434			
5.4.9	Charakteristische Schnittgrößen	434			
VI	Gradientenbeton	455			
	Daniel Schmeer, Werner Sobek				
1	Einleitung	457	4	Mikrogradierung von Betonbauteilen	459
2	Leichtbau	457	4.1	Konzept	459
3	Die Gestaltung des Bauteilinnenraums	458	4.2	Herstellungsverfahren	459
			4.3	Betontechnologie	461
			4.4	Entwurf	463

4.5	Tragverhalten	465	5.4	Erste Untersuchungen zum Tragverhalten	473
4.5.1	Experimentelle Untersuchungen	465			
4.5.2	Berechnungs- und Bemessungsvorschläge	466	6	Potenzial und Perspektiven des Gradientenbetons	473
5	Mesogradierung von Betonbauteilen .	467	7	Dank	474
5.1	Konzept	467	8	Literatur	474
5.2	Herstellungsansätze	468			
5.3	Entwurfsansätze	469			

Inhaltsverzeichnis

VII	Planung kundenfreundlicher und wirtschaftlicher Parkbauten	477		
	Bernd Beer			
1	Allgemeines	479	3.2	Stützenvermeidung durch die Stellplatzgeometrie
1.1	Weiterer Bedarf an Parkbauten	479	3.3	Stützenvermeidung durch die Wahl des Tragsystems
1.2	Grundprinzipien der Kundenfreundlichkeit	479	3.3.1	Zwischendecken von Hoch- und Tiefgaragen
1.3	Begriffsdefinitionen	480	3.3.2	Dachdecken von Tiefgaragen
2	Verkehrsplanung	480	3.3.2.1	Nicht überbaute Tiefgaragen
2.1	Parkbautypen	480	3.3.2.2	Überbaute Tiefgaragen
2.1.1	Geschosshohe gerade oder kreisförmige Rampen	481	4	Dauerhaftigkeit
2.1.2	Split-Level- oder d'Humy-System	482	4.1	Allgemeines
2.1.3	Parkrampensystem	482	4.2	Deckenoberseiten
2.1.4	Hybridformen	482	4.3	Stützen, Wände und Decken- unterseiten
2.2	Innere Verkehrsführung	482	5	Technischer Ausbau
2.3	Aufstellwinkel, Stellplatz- und Fahrbahngeometrie	483	5.1	Parkhaussteuerungs- und -bewirtschaftungsanlagen
2.4	Rampen	485	5.2	Entwässerung
2.4.1	Grundrissgeometrie	487	5.3	Lüftung
2.4.2	Höhenplanung	488	5.4	Beleuchtung
2.4.3	Besonderheiten kreisförmiger Rampen	488	5.5	Videoüberwachung
2.5	Straßenanbindung	489	5.6	Aufzüge und Treppenhäuser
2.6	Schrammborde	491	6	Allgemeiner Ausbau
2.7	Fußwegverbindungen	491	6.1	Anstricharbeiten
2.8	Barrierefreies Bauen	492	6.2	Schlosser- und Metallbauarbeiten
2.9	Baulicher Brandschutz	492	7	Sicherheit in Parkbauten
2.10	Elektromobilität	493	8	Literatur
2.11	Car Sharing	494		
3	Tragwerksplanung	494		
3.1	Allgemeines	494		
VIII	Anforderungen an Parkbauten aus Betreiber- und Nutzersicht sowie die Instandhaltung von Parkbauten	505		
	Volker Buchholz			
1	Einleitung	507	2.3	Die Umsetzung der Anforderungen in die Objektplanung des Architekten
2	Anforderungen an Parkbauten	507	3	Instandhaltung von Parkbauten
2.1	Anforderungen aus Sicht des Betreibers	507	3.1	Rechtliche Anforderungen
2.1.1	Betriebliche und funktionale Anforderungen	507	3.2	Instandhaltung der Gebäudesubstanz
2.1.2	Wirtschaftliche Anforderungen	508	3.3	Instandhaltung der Technischen Gebäudeausrüstung
2.2	Anforderungen aus Sicht des Nutzers	508	3.4	Dokumentation der Instandhaltung
			4	Literatur

IX	Dauerhaftigkeit von Parkbauten in Deutschland	515		
	Frank Fingerloos, Claus Flohrer, Dieter Räsch			
1	Einführung	517	7.4.3	Variante C2: unterlaufsichere zweilagige bahnenförmige Abdichtung mit Schutzschicht
2	Entwicklung des Regelwerks zur Dauerhaftigkeit von direkt befahrenen Parkdecks seit 1988 – Rückblick	517	7.5	Variante KKS: präventiver Kathodischer Korrosionsschutz
			7.6	Variante Rostfrei: nichtrostende chloridbeständige Bewehrung
3	Das aktuelle Regelwerk zur Dauerhaftigkeit von Parkbauten – Überblick	532	7.7	Chloridbeanspruchte WU-Bodenplatten im drückenden Wasser
3.1	Einführung	532	7.8	Rampen
3.2	Zuordnung der Expositions-, Feuchtigkeitsklassen und Mindestbetondeckungen	533	7.9	Oberflächenschutzsysteme – aktueller Regelungsstand
3.3	Dichtheit der Betondeckung – Anforderungen an die Betonzusammensetzung	539	8	Ausführungsvarianten bei Bauteilen unter durchlässigen Belägen
3.4	Anforderungen an die Rissbreitenbegrenzung	542	9	Ausführungsvarianten für von der Parkfläche aufgehende monolithische Bauteile
3.5	Nachbehandlung der Betonrandzone	545	10	Gefälleausbildung
4	Aufgaben der Planung	547	11	Maßnahmen zur Umsetzung der Entwurfsgrundsätze
5	Bedarfsplanung	548	11.1	Allgemeines
6	Entwurfsgrundsätze für die Rissbeherrschung	549	11.2	Konstruktive Maßnahmen
7	Ausführungsvarianten für befahrene Verkehrsflächen	551	11.2.1	Überblick
7.1	Allgemeines	551	11.2.2	Vermeidung von Festhaltepunkten
7.2	Varianten A: Betonflächen ohne flächiges Oberflächenschutzsystem oder ohne Abdichtung	553	11.2.3	Zwangmindernde Maßnahmen bei Bodenplatten
7.2.1	Variante A1: rissvermeidende Bauweise	553	11.2.4	Anordnung von Hydratationsgassen
7.2.2	Variante A2: gerissene Betonflächen mit lokalem Schutz der Risse und Fugen	553	11.2.5	Anordnung von Sollrissfugen in Wänden
7.3	Varianten B: mit flächigem Oberflächenschutzsystem	554	11.2.6	Entkopplung der Tiefgaragen-WU-Betonwand vom Baugrubenverbau
7.3.1	Variante B1: vollflächig starr beschichtet – OS 8 mit begleitender Rissbehandlung	554	11.3	Betontechnische Maßnahmen
7.3.2	Variante B2: Betonfläche vollflächig rissüberbrückend beschichtet mit OS 10 und Nutzschiene oder OS 11	554	11.3.1	Allgemeines
7.4	Varianten C: mit flächiger, rissüberbrückender Abdichtung	555	11.3.2	Festlegung von Betonrezepturen mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung
7.4.1	Voraussetzungen	555	11.3.3	Niedrige Frischbetontemperatur
7.4.2	Variante C1: unterlaufsichere bahnenförmige Abdichtung oder OS 10, jeweils mit Dichtungs- und Schutzschicht aus Gussasphalt	555	11.3.4	Kühlung des Betons
			11.4	Ausführungstechnische Maßnahmen
			11.4.1	Überblick
			11.4.2	Festlegung von Betonierabschnitten
			11.4.3	Wahl des Betonierzeitpunkts
			11.4.4	Frühzeitige Nachbehandlung und Schutz vor direkter Sonneneinstrahlung
			11.4.5	Wärmehaltende Nachbehandlung
			11.5	Maßnahmen während der Bauzeit vor Nutzungsbeginn
			12	Instandhaltung

13	Beispiele	575	13.2	Beispiel: befahrene WU-Bodenplatte mit EGS-c	576
13.1	Beispiel: befahrene WU-Bodenplatte mit EGS-a	575	13.2.1	Objektbeschreibung	576
13.1.1	Objektbeschreibung	575	13.2.2	Entwurfsgrundsatz	578
13.1.2	Entwurfsgrundsatz	575	13.2.3	Konstruktive und objektplanerische Maßnahmen	579
13.1.3	Konstruktive Maßnahmen	575	13.2.4	Betontechnische und ausführungstechnische Maßnahmen	579
13.1.4	Betontechnische Maßnahmen	576	13.2.5	Zusammenfassung	580
13.1.5	Ausführungstechnische Maßnahmen	576	14	Literatur	580
13.1.6	Zusammenfassung	576			
X	Regelungen zur Dauerhaftigkeit von Parkhäusern und Tiefgaragen in der Schweiz	583			
	Urs Järmann, Milutin Scepan				
1	Einführung	585	3.3	Themen Instandsetzung, Nachrüsten	595
2	Regelwerke für Neubauten und Instandsetzung	586	3.3.1	Beispiel: Durchstanz- und Biegezugverstärkungen in einem ca. 50-jährigen Parkhaus	595
3	Spezielles zu den Themen Neubau, Instandsetzung und Unterhalt	586	3.3.2	Oberflächenrauheit von Beschichtungen in Parkhäusern	598
3.1	Neubauten	586	3.3.3	Zustand alter Beschichtungen in Parkhäusern	600
3.1.1	Grundsätzliches	586	4	Projektablauf – Organisation	601
3.1.2	Nutzungsvereinbarung und Projektbasis	586	5	Leistungen und Honorare	604
3.1.2.1	Nutzungsvereinbarung	586	6	Künftige Themen und Trends, welche die Planung, Projektierung und den Betrieb beeinflussen	606
3.1.2.2	Projektbasis	589	7	Literatur	607
3.2	Themen Neubau	589			
3.2.1	Beispiel: Neubau mit Fehlern	589			
3.2.2	Krafteinleitung (Durchstanzen) und Belag	591			
3.2.3	Anprallschutz	592			
3.2.4	Deformationen und Entwässerung	593			
XI	Erläuterungen zur Anwendung der öbv-Richtlinie „Garagen und Parkdecks“ in Österreich	609			
	Susanna Arazli				
1	Einleitung	611	3.3	Risse im Stahlbeton	613
2	Grundlagen	611	3.4	Korrosion	614
2.1	Nutzung	611	3.5	Karbonatisierung	614
2.2	Bauformen, Bauverfahren, Bauweisen	612	3.6	Chlorid	614
2.2.1	Allgemeines	612	3.6.1	Korrosionsauslösende Chloridkonzentration	614
2.2.2	Bauformen	612	3.6.2	Chloridinduzierte Korrosion	615
2.2.3	Bauverfahren	612	4	Bestimmungen der Richtlinie	615
2.2.4	Bauweisen	612	4.1	Grundsätzliches	615
3	Ursachen von Schäden in Parkbauten	613	4.2	Anwendungsbereich und Ziele	616
3.1	Allgemeines	613	4.3	Wahl der Schutzmaßnahmen	616
3.2	Dauerbetrieb und Rampe als Nadelöhr	613	4.4	Tragwerk	616
			4.4.1	Allgemeines	616
			4.4.2	Empfohlene Konstruktionssysteme	617
			4.4.3	Reine Gefällebetone nicht zulässig	618

4.4.4	Rissbreitenbeschränkung	619	4.7.6	Oberflächenschutzsysteme	635
4.4.5	Stützen- und Wandfüße	619	4.7.7	Erhöhung der Verschleiß- und Abriebfestigkeit	636
4.4.6	Nichttragende Bodenplatten und Rampen	620	4.7.8	Hohlkehlen und Hochzüge	636
4.4.7	Wasserundurchlässige Betonbauwerke – Weiße Wannen als Verkehrsflächen	620	4.8	Fugen	637
4.4.8	Betoneinbau	620	4.8.1	Allgemeines	637
4.5	Entwässerung	620	4.8.2	Planung	637
4.5.1	Allgemeines	620	4.8.3	Ausführung von Bewegungsfugen	638
4.5.2	Entwässerungskonzept	621	4.9	Qualitätssicherung	639
4.5.3	Grundsätze der Planung	621	4.9.1	Allgemeines	639
4.5.4	Ausführung	622	4.9.2	Örtliche Bauaufsicht	639
4.5.5	Rigolen als Einbauteile	623	4.9.3	Eigenüberwachung Beschichtung	640
4.5.6	Das Problem mit Pumpensämpfen und Verdunstungsrinnen	624	4.9.4	Fremdüberwachung Beschichtung	640
4.6	Abdichtung mit Asphalt als Fahrbahnbelag	625	4.10	Instandhaltung und Reinigung	641
4.6.1	Allgemeines	625	4.10.1	Allgemeines	641
4.6.2	Entwässerung auf zwei Ebenen	626	4.10.2	Reinigung	641
4.6.3	Ausführungsvarianten	626	4.10.3	Inspektion	641
4.6.4	Untergrundvorbereitung	627	4.10.4	Rechtzeitige Instandsetzung	642
4.6.5	Asphalteinbau	627	5	Bedeutung und Konsequenzen der Richtlinie	643
4.7	Beschichtung mit Inspektionsbuch	627	5.1	Garagen-Standard	643
4.7.1	Allgemeines	627	5.2	Die häufigsten Ursachen für Schäden	643
4.7.2	Unterschiede Reaktionsharze	629	5.3	Die wichtigsten Planungsgrundsätze	643
4.7.3	Anwendung und Aufbau der OS-Systeme	629	5.4	Lebenszykluskosten	644
4.7.4	Eigenschaften von OS-Systemen	630	5.5	Aus Fehlern lernen	644
4.7.5	Auswahl des geeigneten OS-Systems	630	5.6	Ausblick	645
			6	Literatur	645

XII Die Anwendung von DIN 18532 „Abdichtung von befahrbaren Verkehrsflächen aus Beton“

Christian Herold

1	Einleitung	649	4.6	Zuverlässigkeit	655
2	DIN 18532 Anwendungsbereich und Gliederung	649	4.7	Unterlaufsicherheit	656
2.1	Anwendungsbereich	649	4.8	Reglungen für die Anwendung von Oberflächenschutzsystemen in DIN 18532 Teil 6	658
2.2	Gliederung	650	5	Prinzipien des Bauteilschutzes gegen die Einwirkung von Chloriden auf befahrbare Betonbauteile nach EC 2 und den Regelungen des DAfStb und DBV	662
3	Unterscheidung zwischen Bauwerksschutz und Bauteilschutz	651	5.1	Maßgebende Regelungen	662
4	Prinzipien des Bauwerksschutzes bei der Abdichtung befahrbarer Betonbauteile nach DIN 18532	653	5.2	Einwirkungen und Schutzprinzipien	662
4.1	Grundlagen	653	5.2.1	Schutzprinzip 1	664
4.2	Zuordnung der Verkehrsflächen zu Nutzungsklassen	653	5.2.2	Schutzprinzip 2	664
4.3	Abdichtungsbauarten	654	5.3	Rissbeherrschung	664
4.4	Abdichtungsbauweisen	654	5.4	Darstellung der Ausführungsvarianten für den Schutz von Betonbauteilen gegen Chloride	665
4.5	Zuordnung von Abdichtungsbauarten und Abdichtungsbauweisen	655			

5.4.1	Variante A	665	6	Schnittstellenregelung in DIN 18532	667
5.4.2	Variante B	665			
5.4.3	Variante C	665	7	Zusammenfassung	668
5.5	Instandhaltung	666	8	Literatur	668
XIII	Oberflächenschutzsysteme und Abdichtungsbauarten für befahrene Parkdecks				669
	Lars Wolff, Bernd Schwamborn				
1	Einleitung	671	5.2	Auswahl von OS-Systemen	689
2	Abgrenzung zwischen Oberflächenschutz und Abdichtung	672	5.3	Nachweis der Leistungsmerkmale von OS-Systemen	695
3	Abdichtung von befahrbaren Verkehrsflächen aus Beton	673	5.4	Applikation von OS-Systemen	698
3.1	Allgemeines	673	5.5	Ausbildung von Bandagen	699
3.2	Einführung in DIN 18532	674	5.6	Übliche Lebensdauer von OS-Systemen	700
3.3	Sonderfall OS-Systeme	679	5.7	Überarbeitbarkeit von OS-Systemen	704
4	Problematik der möglichen Unterläufigkeit bei Abdichtungen	680	6	Inspektion von Abdichtungen und Oberflächenschutzsystemen in Parkbauten	706
4.1	Allgemeines	680	6.1	Allgemeines	706
4.2	Regelungen der DIN 18532:2017	680	6.2	Inspektion von Abdichtungsbauarten	707
4.3	Regelungen nach DBV-Merkblatt „Parkhäuser und Tiefgaragen“, Ausgabe 2018	682	6.3	Inspektion von Oberflächenschutzsystemen	708
5	Oberflächenschutzsysteme für Parkbauten	685	6.4	Wahl der Inspektionsintervalle	709
5.1	Allgemeines	685	7	Zusammenfassung	709
			8	Literatur	709
XIV	Instandsetzung von Tiefgaragen und Parkhäusern				713
	Christian Sodeikat, Till F. Mayer				
1	Einleitung	715	4.3	Korrosion von Stahl in Beton	724
2	Bauliche Situation älterer Tiefgaragen und Parkhäuser	715	4.4	Carbonatisierungsinduzierte Bewehrungskorrosion	726
3	Rechtliche Aspekte bei der Instandsetzung von Parkbauten	719	4.5	Chloridinduzierte Bewehrungskorrosion	727
3.1	Einführung	719	4.6	Kritischer korrosionsauslösender Chloridgehalt C_{Krit}	728
3.2	Die anerkannten Regeln der Technik (aRdT)	719	4.7	Korrosion im Rissbereich	730
3.3	Regelwerke für Instandsetzungen: Instandsetzungs-Richtlinie (Rili-SIB 2001) und DIN EN 1504 ..	720	4.7.1	Allgemeines	730
3.4	Weitere Regelwerke für Instandsetzungen	722	4.7.2	Einleitungsphase im Bereich von Rissen	731
3.5	Beratungs- und Aufklärungspflicht der Planer gegenüber dem Bauherrn ..	723	4.7.3	Schädigungsphase im Bereich von Rissen	731
4	Bewehrungskorrosion	723	4.7.4	Korrosionsfortschritt nach Verschließen der Risse	732
4.1	Allgemeines	723	5	Instandsetzung nach der Instandsetzungs-Richtlinie – Vorgehen und technische Grundlagen	733
4.2	Korrosion von Stahl allgemein	724	5.1	Grundlagen	733
			5.2	Instandsetzungsprinzipien	733

5.2.1	Allgemeines	733	8.3.5	Kunststoffmodifizierter Spritzbeton und -mörtel (SPCC)	766
5.2.2	Instandsetzungsprinzipien bei carbonatisierungsinduzierter Korrosion	735	8.3.6	Reaktionsharzgebundener Instandsetzungsbeton und -mörtel (PC)	766
5.2.3	Instandsetzungsprinzipien bei chloridinduzierter Korrosion	736	8.3.7	Vergussbeton	766
5.3	Umsetzung von Instandsetzungen nach der Instandsetzungs-Richtlinie	738	9	DBV-Merkblatt „Parkhäuser und Tiefgaragen“	767
6	Ist-Zustandsfeststellung von Parkbauten – Durchführung erforderlicher Untersuchungen	738	9.1	Einführung	767
6.1	Aufnahme der grundsätzlichen Bauwerkssituation	738	9.2	Diskussion der Ausführungsvarianten nach DBV-Merkblatt „Parkhäuser und Tiefgaragen“ Fassungen 2010 und 2018	769
6.2	Tragkonstruktion	738	10	Instandsetzungsdetails bei Parkbauten	773
6.3	Auffinden von Bereichen mit chloridinduzierter Korrosion(sgefahr)	741	10.1	Einführung	773
6.3.1	Aufgabenstellung	741	10.2	Betonabtrag – Technologie und Umfang	773
6.3.2	Visuelle Untersuchung	741	10.2.1	Technologie	773
6.3.3	Bestimmung des Ausmaßes von Bewehrungskorrosion bzw. vorhandener Querschnittsschwächung	742	10.2.2	Umfang des erforderlichen Betonabtrags	773
6.3.4	Bestimmung des Chloridgehalts	743	10.3	Schutzmaßnahmen für befahrene Flächen	774
6.3.5	Elektrochemische Potentialfeldmessung	745	10.3.1	Randbedingungen	774
6.3.6	Bestimmung der Betondeckung	751	10.3.2	Zwischendecks	776
6.4	Prüfung von Grundierungen und Beschichtungen auf Dichtheit	752	10.3.3	Freidecks	776
6.5	Prüfung der Rautiefe	752	10.3.4	Rampen	776
6.6	Weitere zerstörungsfreie Untersuchungen	754	10.3.5	Bodenplatten	777
7	Bestandsschutz – Festlegung des Sollzustands	757	10.4	Schutzmaßnahmen für aufgehende Bauteile über und unter Belagoberkante	777
8	Instandsetzungsplanung	760	10.5	Gefälle, Entwässerungseinrichtungen	780
8.1	Allgemeines	760	11	Wartung, Instandhaltung und Überwachung	781
8.2	Notwendiger Instandsetzungsumfang bei chloridbeaufschlagten Bauteilen	761	11.1	Wartung und Instandhaltung	781
8.3	Instandsetzungsbetone und -mörtel	765	11.2	Instandhaltungsplan	782
8.3.1	Allgemeines	765	11.3	Überprüfung des Instandsetzungserfolgs durch Monitoring	784
8.3.2	Beton nach EC 2 und DIN EN 206-1/DIN 1045-2	765	11.3.1	Anwendungsgebiete	784
8.3.3	Spritzbeton nach DIN 18551 [39] bzw. DIN EN 14487 [38]	766	11.3.2	Korrosionsmonitoring	785
8.3.4	Kunststoffmodifizierter Instandsetzungsbeton und -mörtel (PCC)	766	11.3.3	Feuchtemonitoring	787
XV	Abdichtungen bei unterirdischen Bauwerken unter Berücksichtigung neuer Normen	795	12	Literatur	789
	Alfred Haack, Dominik Kessler				
1	Einleitung	797	2.1	Einfluss von Boden, Bauwerk und Bauweise	798
2	Planungsgrundlagen	798	2.2	Einfluss des Wassers	800
			2.3	Einfluss der Nutzung	801

3	Begriffe	802	5.8	Doppellagige Abdichtung aus Kunststoffdichtungsbahnen	829
4	Auswahlkriterien und Anwendungsgrenzen der verschiedenen Abdichtungssysteme	805	5.9	Spezielle Entwicklungen	829
4.1	Allgemeines	805	5.9.1	Leckortung bei Kunststoffdichtungsbahnen	829
4.2	Weichabdichtungen	815	5.9.2	Haftfolienverfahren	832
4.2.1	Allgemeines	815	5.9.3	Klettverfahren	834
4.2.2	Schutz gegen nichtdrückendes und von außen drückendes Wasser	815	5.9.4	Hotmelt-Verfahren	835
4.2.3	Schutz gegen von innen drückendes Wasser	816	6	Abdichtung aus Beton mit hohem Wassereindringwiderstand	837
4.3	Hartabdichtungen	817	6.1	Allgemeines	837
4.4	Wasserdurchlässige, statisch tragende Konstruktionen	818	6.2	Fugenabdichtung im Ortbetonbau	838
4.5	Weiterentwicklung von der WUB-KO zum Frischbetonverbundsystem	818	6.2.1	Allgemeines	838
5	Abdichtung mit Kunststoffdichtungsbahnen	822	6.2.2	Dehn- und Bewegungsfugen	838
5.1	Allgemeines	822	6.2.3	Pressfugen	845
5.2	Abdichtungsträger	822	6.2.4	Arbeitsfugen	846
5.3	Schutzschicht	823	6.3	Fugenabdichtung im Betonfertigteilbau	850
5.4	Kunststoffdichtungsbahn	823	7	Durchdringungen und Übergangskonstruktionen	853
5.5	Fügetechnik von Kunststoffdichtungsbahnen untereinander und mit zugehörigen Fugenbändern	824	8	Zusammenfassung	857
5.6	Fugenabdichtung	826	9	Literatur	858
5.7	Nahtprüfung	827	9.1	Normen	858
			9.2	Richtlinien und Merkblätter	859
			9.3	Fachliteratur	860
XVI	Kathodischer Korrosionsschutz im Stahlbetonbau	863			
	Thorsten Eichler, Susanne Gieler-Breßner				
1	Allgemeines	865	4.1	DIN EN ISO 12696	885
2	Grundlagen	866	4.2	DIN EN ISO 15257 zur Zertifizierung von Fachpersonal für den kathodischen Korrosionsschutz	886
2.1	Korrosion von Stahl in Beton	867	4.3	Kathodischer Korrosionsschutz von Spannbetonbauwerken	887
2.1.1	Flächige Korrosion durch Karbonatisierung	867	5	Ausführungsbeispiele	888
2.1.2	Lochkorrosion in Anwesenheit von Chloriden	869	5.1	Parkhäuser und Tiefgaragen	888
2.2	Galvanischer Schutz	872	5.1.1	Cityparkhaus in Offenbach	889
2.3	Fremdstromschutz	873	5.1.2	Präventiver kathodischer Korrosionsschutz in einer Tiefgarage	893
3	Anodenmaterialien und -typen	877	5.1.3	Kathodischer Korrosionsschutz hochbelasteter Stützen in einer Tiefgarage	895
3.1	Galvanische Anoden	877	5.2	Brückenbauwerke	897
3.2	Inertanoden	879	6	Zusammenfassung	901
3.3	Leitfähige Beschichtungen auf Kohlenstoffbasis	880	7	Literatur	901
3.4	Carbonnetzanoden	880			
3.5	Anodeneinbettung	881			
4	Schutzkriterien und technische Regelwerke	885			

XVII	Chemischer Angriff auf Beton	905		
	Björn Siebert, Jesko Gerlach			
1	Einleitung	907	3.4.1	Feuchtigkeit
			3.4.2	Temperatur
			3.4.3	Mechanische Einwirkungen
2	Schädigungsmechanismen	907	4	Schutzprinzipien – Möglichkeiten
2.1	Begriffsdefinition und Angriffsarten	907	4.1	Anforderungen an Bauwerke
2.2	Lösender Angriff	908	4.2	Sicherstellung der Bauwerksanforderungen
2.2.1	Allgemeines	908	4.2.1	Allgemeines
2.2.2	Phasen des lösenden Angriffs	909	4.2.2	Schutzschichten und dauerhafte Bekleidungen
2.2.3	Korrosionszonen	910	4.2.3	Hochleistungsbeton mit erhöhtem Widerstand
2.3	Treibender Angriff	911	4.2.4	Opferbeton
2.3.1	Allgemeines	911	5	Ansätze zur Dauerhaftigkeitsbemessung
2.3.2	Ettringit- und Gipsbildung	912	5.1	Allgemeines
2.3.3	Korrosionszonen	914	5.2	Prüfverfahren zur Ermittlung des Materialwiderstands
2.4	Zerstörender Angriff	915	5.3	Modelle zur Beschreibung der zeitabhängigen Schädigung
2.4.1	Allgemeines	915	5.4	Grenzzustandsdefinition und Bemessung
2.4.2	Thaumasitbildung	915	6	Literatur
2.5	Kombinierter Angriff	917		
3	Einflussfaktoren auf die Schädigung	918		
3.1	Allgemeines	918		
3.2	Konzentration und Art der angreifenden Stoffe	918		
3.2.1	Lösender Angriff	918		
3.2.2	Treibender Angriff	919		
3.3	Stofftransport	921		
3.3.1	Innerer Stofftransport	921		
3.3.2	Äußerer Stofftransport	922		
3.4	Umgebungsbedingungen	923		
XVIII	Normen und Regelwerke	941		
	Frank Fingerloos			
1	Einleitung	943	2	Grundlagen der geotechnischen Bemessung
2	Technische Regeln zur Geotechnik ..	943	2.1	Anforderungen an Entwurf, Berechnung und Bemessung
2.1	Einführung	943	A 2.1.1	Vorgaben zu Bemessungssituationen und Grenzzuständen
2.2	Kurzfassung Eurocode 7		A 2.1.2	Geotechnische Kategorien
	DIN EN 1997-1: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik mit DIN 1054	944	A 2.1.2.1	Allgemeines
	DIN EN 1997-1: Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik mit DIN 1054	945	A 2.1.2.2	Geotechnische Kategorie GK 1
	Inhalt	945	A 2.1.2.3	Geotechnische Kategorie GK 2
1	Allgemeines	945	A 2.1.2.4	Geotechnische Kategorie GK 3
1.2	Normative Verweisungen	945	2.2	Bemessungssituationen
1.3	Voraussetzungen	945	2.3	Dauerhaftigkeit
1.4	Unterscheidung nach Grundsätzen und Anwendungsregeln	946	2.4	Geotechnische Bemessung auf Grund von Berechnungen
1.5	Begriffe	946	2.4.1	Allgemeines
1.5.2.1	geotechnische Einwirkung	946	2.4.2	Einwirkungen
1.5.2.2	vergleichbare Erfahrung	946	A 2.4.2.1	Grundsätzliche Festlegungen
1.5.2.3	Baugrund	946	A 2.4.2.2	Weitere Angaben zu den geotechnischen Einwirkungen
1.6	Symbole	946	A 2.4.2.3	Weitere Angaben zu den Einwirkungen aus Bauwerken (Gründungslasten)
			2.4.3	Baugrundeigenschaften
			2.4.5	Charakteristische Werte

2.4.5.2	Charakteristische Werte von geotechnischen Kenngrößen	957	6.6	Bemessung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	975
2.4.5.3	Charakteristische Werte von geometrischen Vorgaben	958	6.6.1	Allgemeines	975
2.4.6	Bemessungswerte	958	6.6.2	Setzung	976
2.4.6.1	Bemessungswerte von Einwirkungen	958	6.6.3	Hebung	977
2.4.6.2	Bemessungswerte für geotechnische Kenngrößen	959	6.6.4	Schwingungsberechnung	977
2.4.6.3	Bemessungswerte für geometrische Vorgaben	959	A 6.6.5	Fundamentverdrehung und Begrenzung einer klaffenden Fuge . .	977
2.4.7	Grenzzustände der Tragfähigkeit	959	A 6.6.6	Verschiebungen in der Sohlfläche . .	978
2.4.7.1	Allgemeines	959	6.7	Gründungen auf Fels; ergänzende Gesichtspunkte bei Entwurf und Bemessung	979
2.4.7.2	Nachweis der Lagesicherheit	960	6.8	Bemessung der Bauteile von Flächengründungen	979
2.4.7.3	Nachweis von Grenzzuständen im Tragwerk und im Baugrund bei ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen	960	6.9	Vorbereitung der Baugrubensohle . .	980
2.4.7.4	Nachweisverfahren und Teilsicherheitsbeiwerte beim Aufschwimmen	964	A 6.10	Vereinfachter Nachweis in Regelfällen	980
A 2.4.7.6	Teilsicherheitsbeiwerte für die Grenzzustände der Tragfähigkeit	964	A 6.10.1	Allgemeines	980
2.4.8	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	966	A 6.10.2	Nichtbindiger Boden	981
2.4.9	Grenzwerte für Fundamentbewegungen	968	A 6.10.2.1	Bemessungswert des Sohlwiderstands	981
2.5	Entwurf und Bemessung auf Grund von anerkannten Tabellenwerten	968	A 6.10.2.2	Erhöhung des Bemessungswerts des Sohlwiderstands	982
2.8	Geotechnischer Entwurfsbericht	968	A 6.10.2.3	Verminderung des Bemessungswerts des Sohlwiderstands bei Grundwasser	983
3	Geotechnische Unterlagen	969	A 6.10.2.4	Verminderung des Bemessungswerts des Sohlwiderstands infolge von waagerechten Beanspruchungen	984
3.1	Allgemeines	969	A 6.10.3	Bindiger Boden	984
3.4	Geotechnischer Untersuchungsbericht	970	A 6.10.3.1	Bemessungswert des Sohlwiderstands	984
3.4.1	Anforderungen	970	A 6.10.3.2	Erhöhung des Bemessungswerts des Sohlwiderstands	986
6	Flächengründungen	970	A 6.10.3.3	Verminderung des Bemessungswerts des Sohlwiderstands	986
6.1	Allgemeines	970	A 6.10.4	Fels	986
A 6.1.1	Anwendungsbereich und allgemeine Anforderungen	970	A 6.10.5	Künstlich hergestellter Baugrund . . .	986
A 6.1.2	Einstufung in die Geotechnischen Kategorien	970	11	Gesamtstandsicherheit	987
6.2	Grenzzustände	970	11.1	Allgemeines	987
6.3	Einwirkungen und Bemessungssituationen	971	A 11.1.1	Anwendungsbereich und allgemeine Anforderungen	987
6.4	Gesichtspunkte bei Bemessung und Ausführung	971	A 11.1.2	Einstufung in die Geotechnischen Kategorien	987
6.5	Nachweise für den Grenzzustand der Tragfähigkeit	971	11.2	Grenzzustände	988
6.5.1	Gesamtstandsicherheit	971	11.3	Einwirkungen und Bemessungssituationen	988
6.5.2	Grundbruchwiderstand	972	11.4	Gesichtspunkte bei Berechnung und Ausführung	989
6.5.2.1	Allgemeines	972	11.5	Berechnung im Grenzzustand der Tragfähigkeit	989
6.5.2.2	Rechnerisches Verfahren	972	11.5.1	Nachweis der Gesamtstandsicherheit	989
6.5.2.4	Verwendung vorgegebener zulässiger Sohlwiderstände	973	11.6	Berechnung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	990
6.5.3	Gleitwiderstand	973	11.7	Kontrollmessungen	991
6.5.4	Stark exzentrische Belastung	974			
6.5.5	Tragwerksversagen durch Fundamentbewegung	975			

Anschriften

Autoren

Adam, Dietmar, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.-techn.
Technische Universität Wien
Institut für Geotechnik
Karlsplatz 13/220/2, A-1040 Wien

Arazli, Susanna, Ing.
Expertin für Garagen
Rosenhügelstraße 23/2, A-1120 Wien

Aulbach, Benjamin, Dr.-Ing.
ZAI Ziegler und Aulbach Ingenieur-
gesellschaft mbH
Schloss-Rahe-Straße 15, 52072 Aachen

Beer, Bernd, Dipl.-Ing.
AMP Parking Europe GmbH
Planung und Beratung für Parkbauten
Thujaweg 1, 76149 Karlsruhe

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

Buchholz, Volker, Dipl.-Ing.
FRAPORT AG
Zentrales Infrastrukturmanagement
Flughafen Frankfurt, 60547 Frankfurt/Main

Eichler, Thorsten, Dr.-Ing.
CORR-LESS Isecke & Eichler Consulting
GmbH & Co. KG, Geschäftsführer
Kurfürstendamm 194, 10707 Berlin

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

Flohrer, Claus, Prof. Dipl.-Ing.
Königsberger Straße 8, 61137 Schöneck

Florineth, Florin, Em. O. Univ.-Prof. Dr. phil.
Universität für Bodenkultur Wien
Institut für Konstruktiven Ingenieurbau
Peter-Jordan-Straße 82, A-1190 Wien

Gerlach, Jesko, Dipl.-Ing.
Leibniz Universität Hannover
Institut für Baustoffe
Appelstraße 9A, 30167 Hannover

Gieler-Breßmer, Susanne, Dipl.-Ing.
IGF Ingenieur-Gesellschaft für Bauwerks-
instandsetzung
Gieler-Breßmer & Fahrenkamp GmbH
Tobelstraße 8, 73079 Süssen

Grabe, Jürgen, Prof. Dr.-Ing.
Technische Universität Hamburg-Harburg
Institut für Geotechnik und Baubetrieb
Harburger Schlossstraße 20, 21079 Hamburg

Haack, Alfred, Prof. Dr.-Ing.
STUVAtec GmbH
Studiengesellschaft für Tunnel und Verkehrs-
anlagen mbH
Mathias-Brügggen-Straße 41, 50827 Köln

Herold, Christian, Dipl.-Ing.
Bausachverständiger
Brixplatz 4, 14052 Berlin

Järmann, Urs, Dipl.-Ing. (FH)
Henauer Gugler AG
Ein Unternehmen der CSD Ingenieure AG
Senior-Experte
Kurvenstrasse 35, CH-8021 Zürich

Katzenbach, Rolf, Prof. Dr.-Ing.
Ingenieursozietät
Professor Dr.-Ing. Katzenbach GmbH
Robert-Bosch-Straße 9, 64293 Darmstadt

Kessler, Dominik, Dipl.-Ing.
STUVAtec GmbH
Studiengesellschaft für Tunnel und Verkehrs-
anlagen mbH
Mathias-Brügggen-Straße 41, 50827 Köln

Leppla, Steffen, Dr.-Ing.
Ingenieursozietät
Professor Dr.-Ing. Katzenbach GmbH
Robert-Bosch-Straße 9, 64293 Darmstadt

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

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

Räsch, Dieter Dipl.-Ing.
SRP Sennewald + Räsch
Beratende Ingenieure Partnergesellschaft mbH
Paul-Gerhardt-Allee 52, 81245 München

Scepan, Milutin, Dipl.-Ing.
Henauer Gugler AG
Ein Unternehmen der CSD Ingenieure AG
Bereichsleiter Bauwerkserhaltung
Kurvenstrasse 35, CH-8021 Zürich

Schmeer, Daniel, M. Sc.
Universität Stuttgart
Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren
Pfaffenwaldring 14, 70569 Stuttgart

Schwaborn, Bernd, Dr.-Ing.
Ingenieurbüro Raupach Bruns Wolf GmbH &
Co. KG
Büchel 13–15, 52062 Aachen

Siebert, Björn, Prof.-Dr.-Ing.
Technische Hochschule Köln
Baustofftechnologie
Betzdorfer Straße 2, 50679 Köln

Sobek, Werner, Prof. Dr. Dr. E. h. Dr. h. c.
Universität Stuttgart
Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren
Pfaffenwaldring 14, 70569 Stuttgart

Sodeikat, Christian, Prof. Dr.-Ing.
Ingenieurbüro Schießl Gehlen Sodeikat GmbH
Landsberger Straße 370, 80687 München

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

Wolff, Lars, Dr.-Ing.
Ingenieurbüro Raupach Bruns Wolff GmbH &
Co. KG
Büchel 13–15, 52062 Aachen

Ziegler, Martin, Univ.-Prof. Dr.-Ing.
RWTH Aachen
Geotechnik im Bauwesen
Mies-van-der-Rohe-Straße 1, 52074 Aachen

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