



2024

BetonKalender

Hochbau
Digitales Planen und Baurobotik



Ernst & Sohn
A Wiley Brand

2024

BetonKalender

Hochbau
Digitales Planen und Baurobotik

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

113. Jahrgang

Hinweis des Verlages

Die Recherche zum Beton-Kalender ab
Jahrgang 2001 steht im Internet zur Verfügung
unter www.ernst-und-sohn.de

Titelfoto: FOUR Frankfurt, Frankfurt/Main

Copyright: Bollinger+Grohmann

Bauherr: Groß & Partner, Frankfurt/Main

Architektur: UNStudio, Amsterdam

Tragwerk: Bollinger+Grohmann in Arbeitsgemeinschaft mit Werner Sobek, Frankfurt/Main

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.

© 2024 Ernst & Sohn GmbH, Rotherstraße 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 photoprinting, 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: pp030 – Produktionsbüro Heike Praetor, Berlin

Satz: le-tex publishing services GmbH, Leipzig

Druck und Bindung:

Printed in the Federal Republic of Germany.

Gedruckt auf säurefreiem Papier.

ISSN 0170-4958

Print ISBN 978-3-433-03406-4

ePDF ISBN 978-3-433-61150-0

ePub ISBN 978-3-433-61148-7

oBook ISBN 978-3-433-61149-4

Vorwort

Hochbau, Digitales Planen und Baurobotik sind die Schwerpunkte im Beton-Kalender 2024. Aktuelle Forschungsergebnisse, praktische Erfahrungen und innovative, digital basierte Planungs- und Bautrends sowie ein Verzeichnis der relevanten Baunormen inklusive des Abdrucks der DAfStb-Richtlinie „Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen“ bieten hervorragendes Ingenieurwissen und stellen ein profundes Nachschlagewerk für die Ingenieurpraxis und bauwissenschaftliche Forschung dar.

Das Kapitel „Beton“ von Frank Dehn und Udo Wiens wurde in allen Bereichen wie Zusammensetzung, Herstellung und Nachbehandlung vom Normalbeton über den Sichtbeton, Leichtbeton, hochfesten Beton und Faserbeton einschließlich der Regelwerke aktualisiert. Damit spiegelt der Beitrag den neuesten Stand der Technik und aktueller Forschungsergebnisse wider. Dies betrifft insbesondere das Konzept der Betonbauqualität, den Carbonbeton, Betone unter Verwendung von Geopolymeren und alkalisch-aktivierten Bindemitteln, das Betonrecycling, die numerische Simulation des Betonverhaltens sowie das Konzept der Expositions-Widerstandsklassen im neuen Eurocode 2. Auch wird auf die derzeitige und zukünftige Betonforschung und -normung eingegangen.

Ein Schwerpunktthema hat das Autorenteam mit Christian Glock, Michael Haist, Konrad Bergmeister, Klaus Voit, Dries Beyer, Michael Heckmann, Timo Hondl, Johannes Hron, Fabian Kaufmann, Andreas Pürgstaller und Tobias Schack über „Klima- und ressourcenschonendes Bauen mit Beton“ erarbeitet. Der Beitrag gibt konkrete Handlungsempfehlungen für ein klima- und ressourcenschonendes Bauen mit Beton und Denkanstöße zum Ressourcenverbrauch, zum Abfallaufkommen und zur Kreislaufwirtschaft. Aufgrund der besonderen Rolle des Recyclingbetons werden auch die rechtlichen und normativen Grundlagen im D-A-CH-Raum betrachtet und auf die Zusammensetzung und Aufbereitung von rezyklierter Gesteinskörnung wird detailliert eingegangen. Bisherige Hemmnisse für ein umwelt- und ressourcenschonendes Bauen werden beleuchtet und erste Lösungsansätze aufgezeigt.

Der „Hochhausbau in der Praxis“ wurde von Hubert Bachmann, Roger Schmitt, Jürgen Wacker, Alexander Berger und Simon Ruppert behandelt. Dieses Kapitel fokussiert auf die Tragwerksplanung von Hochhäusern im zentraleuropäischen Raum und knüpft an den Beitrag „Hochhäuser in Stahlbeton“ von König und Liphardt aus dem Beton-Kalender 2003 an. Aus dem Blickwinkel des planenden Ingenieurs wird die Ingenieuraufgabe Hochhaus von der Gründung bis zum Hochhauskopf beschrieben. Vor dem Hintergrund stetig schlanker werdender Aussteifungstragwerke stellt dabei das Windingenieurwesen einen Schwerpunkt

dar. Der Ermittlung zeitabhängiger Windlasten im Windkanalversuch und den dazugehörigen dynamischen Reaktionen gilt besonderes Augenmerk. Aus planungspraktischer Sicht werden relevante Entwurfskriterien/-methoden vorgestellt, in den Projektentwicklungsprozess eingegliedert und dabei die Schnittstellen zwischen Tragwerk und vor-/nachlaufenden Gewerken besprochen. Die baupraktische Sicht zur Herstellung von Hochhäusern in Stahlbetonbauweise rundet diesen Beitrag ab.

Das Kapitel „Nachhaltige Gründungen im Hoch- und Ingenieurbau – die Kombinierte Pfahl-Plattengründung (KPP)“ haben Steffen Leppla, Sebastian Fischer und Rolf Katzenbach verfasst. Hochbelastete Bauwerke, die eine Tiefgründung benötigen, können effizient in Form einer Kombinierten Pfahl-Plattengründung (Herstellung) auf unterschiedlichen Böden errichtet werden. Durch die Nutzung von Energiepfählen (Betrieb) und auch durch die Wiederverwendung von Bestandsgründungen (Rückbau) kann eine Verbesserung der Nachhaltigkeit in allen Phasen des Lebenszyklus erzielt werden. Erläutert wird daher die Nachweisführung hinsichtlich der Standsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit für Kombinierte Pfahl-Plattengründungen, deren Nutzung als geothermisch aktivierte Bauteile sowie die Wiederverwendung von Bestandsgründungen. Anhand zahlreicher Beispiele aus der Ingenieurpraxis wird der erfolgreiche Einsatz der KPP sowohl in Bezug auf die Standsicherheit als auch hinsichtlich der Nachhaltigkeit gezeigt, wobei auf die gültigen Regelwerke und Empfehlungen eingegangen wird.

Werner Fuchs hat das Thema der „nachträglich eingemörtelten Bewehrungsstäbe“ aufbereitet. Für die Ausführung nachträglicher Bewehrungsanschlüsse in vorhandenen Bauwerken stehen Verankerungsmörtel mit einer ETA-Bewertung auf Basis von EOTA-Bewertungsdokumenten sowie mit Leistungsangaben auf Basis der harmonisierten Norm EN 1504-6 zur Verfügung. Die Bemessung kann nach der EN 1992-1-1 oder EOTA TR 069 erfolgen. Nach diesen Regelungssystemen sollte bei der Verwendung geeigneter Verankerungsmörtel dasselbe Sicherheitsniveau wie bei einbetonierten Bewehrungsstäben erreicht werden. Der Beitrag erläutert detailliert, dass dieses Ziel nur durch Verankerungsmörtel mit einer ETA erzielt werden kann. Dazu werden planerische und ausführungsbedingte Aspekte für die Auswahl und Montage der für die Bewehrungsanschlüsse zu verwendenden Verankerungsmörtel beschrieben, mögliche Anwendungsgebiete aufgezeigt sowie Qualifizierungs-, Bewertungs-, Bemessungs- und Montagevorschriften verglichen und ausführlich erläutert. Darüber hinaus werden Empfehlungen hinsichtlich der sicheren Verwendung von Verankerungsmörteln für nachträgliche Bewehrungsanschlüsse gegeben.

Einen Überblick über „tragende wärme- und schalldämmte Bauteilanschlüsse und Querkraftdorne“ hat das Autorenteam Martin Fenchel, Marc Müller, Daniela Kiefer, Michael Kämmerer und Sebastian Hauswald zusammengestellt. Dabei werden konstruktive Details von Platten, Stützen und Wänden, schalldämmte Anschlüsse für Treppenhäuser sowie punktuelle Anschlüsse mit Querkraftdornen behandelt. Gegliedert nach der jeweiligen Anschlussart werden zunächst der entsprechende Anwendungsbereich aufgezeigt und die konstruktive Durchbildung unter Berücksichtigung der individuellen Systeme dargestellt. Anschließend werden die erforderlichen Nachweise der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit erläutert. Für die neue Produktgruppe der wärmedämmenden Wandanschlüsse gibt es zudem Hintergrundinformationen zur Prüfung der Ermüdung aufgrund klimabedingter Temperaturwechsel in Verbindung mit Zwang. Der bauphysikalische Teil untergliedert sich in die Themen Brand-, Trittschall- und Wärmeschutz. Zum Abschluss eines jeden Abschnitts werden notwendige Verwendbarkeitsnachweise thematisiert und verfügbare Bauprodukte der verschiedenen Hersteller aufgezeigt.

Interessante Aspekte bringt das Interview mit der Bauministerin Klara Geywitz zum Thema „Zukunft und Nachhaltigkeit im Hochbau“. Sie unterstreicht die Zielsetzungen zum Klimaschutz, plädiert für die Langlebigkeit der Gebäude und weist auf die Energieintensität der Baubranche hin. Als besondere Aufgabe weist die Bauministerin auf die in Deutschland jährlich anfallenden 230 Millionen Tonnen Bau- und Abbruchabfälle hin, welche rund 55 Prozent des gesamten deutschen Abfalls ausmachen. Besonders wichtig werden zukünftig Kooperationen zwischen Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen, Planerinnen und Planern sowie Unternehmen.

Die „statische Analyse und Bemessung von Gebäuden mittels 3D-Gesamtmodellen“ wird von den Autoren Dirk Schlicke, Franz Tschuchnigg, Hannes Fischnaller und Klaus Pfaff behandelt. Die Unterschiede zu einer sogenannten 2D-Kraftflussanalyse mithilfe gekoppelter Teilmodelle sind nicht selten Anlass für kontroverse Diskussionen. Dieser Beitrag stellt daher detaillierte Überlegungen zur praktischen Anwendung von 3D-Gesamtmodellen an. Der Bogen spannt sich von den grundsätzlichen Unterschieden zwischen einer 2D- und 3D-Analyse über die viel diskutierten Auswirkungen von Anschluss- und Bauteilsteifigkeiten, zeitabhängigen Betonverformungen sowie den Bauablauf bis hin zum Einfluss der Boden-Bauwerk-Interaktion und deren bestmögliche Berücksichtigung. Agerundet wird der Beitrag durch Praxisbeispiele zu architektonisch und auch tragwerksplanerisch anspruchsvollen Bauwerken, deren Realisierung einer Anwendung von 3D-Gesamtmodellen bedurfte, sowie einen Ausblick zur integralen BIM-basierten Tragwerksplanung. Die Erhaltung der Bausubstanz wird in Zukunft ein besonders wichtiges Thema bleiben. Dazu haben Thomas

Braml, Matthias Haslbeck und Johannes Wimmer einen Beitrag zur „Digitalisierung in der Versuchsdurchführung und Monitoring von Bauwerken“ verfasst. Die Verlängerung der Lebensdauer von Bauwerken mit Structural Health Monitoring (SHM) und die Planung, der Einbau und die Dokumentation der dafür benötigten Sensoren verlangen digitale Hilfsmittel. Es werden die digitalen Methoden bei photogrammetrischen Aufnahmen sowie die Techniken der Mixed Reality (MR) bis hin zur Planung mit Building Information Modeling (BIM) aufgezeigt. Das Qualitätsmanagement der Sensorik und die nachfolgende Generierung und Übertragung von Daten sowie die intelligente Datenablage mit einer Verwaltungsschale (VWS) werden ebenso vorgestellt. An zwei Praxisbeispielen wird die Umsetzung dieser Methoden demonstriert.

Künstliche Intelligenz erreicht alle Wissensgebiete und bietet auch große Chancen im Bauwesen. Über die Integration von tragwerksplanerischer Kenntnis in die frühen Phasen des Gebäudeentwurfsprozesses berichten Martina Schnellenbach-Held und Daniel Steiner. Im multidisziplinären Gebäudeentwurfsprozess haben frühe Entwurfsentscheidungen einen wesentlichen Einfluss auf die Nachhaltigkeit der Bauwerke. Die Bereitstellung von Tragwerksvarianten, Konstruktionsoptionen und qualifizierten Einschätzungen im Vorfeld ermöglichen eine Entwurfsunterstützung. Für computergestützte Konzepte ist dabei der Einsatz von Methoden der künstlichen Intelligenz sinnvoll. Neben einem Überblick über Methoden werden ein Informationskonzept für tragwerksplanerisches Wissen, Möglichkeiten zur Wissensakquise sowie Implementierungsstrategien vorgeschlagen.

Ein komplexes Thema ist die Entwicklung digitaler Zwillinge in Kombination mit BIM. Dazu hat sich ein Expertenteam aus Informatikern bestehend aus Ruth Breu, Philipp Zech, Sashko Ristov und Clemens Sauerwein zusammengetan. BIM-basierte Ansätze sind die Wegbereiter für effiziente Prozesse im Bauingenieurwesen und das Erreichen von Nachhaltigkeitszielen beim Bau und Betrieb von Gebäuden. Der Begriff des Digitalen Zwillings hat sich in den letzten Jahren von einer Digitalen Replik des Gebäudes hin zu IT-Systemen, die große Datenmengen verarbeiten, datengestützte Optimierungen ermöglichen oder Steuerungsfunktionen übernehmen, entwickelt. Der Beitrag gibt eine Übersicht über Methoden, die für die Einführung eines digitalen Zwillings im Unternehmen essenziell sind. Getrennt wird dabei zwischen dem Themenbereich des Software-Engineerings, in dem IT-Projekte im Kontext von Anforderungen, Zeit und Budget umgesetzt werden, und dem Themenbereich der digitalen Transformation, in dem strategische Entscheidungen zur Neugestaltung von Prozessen und dabei eingesetzten IT-Werkzeugen fallen. Dies ist der Ausgangspunkt für digitale Ökosysteme in der Bauwirtschaft mit neuen Märkten und Geschäftsmodellen.

Mit dem „Datenraum für Nachhaltigkeit im Bauwesen“ hat sich Johann-Dietrich Wörner befasst.

Zur gleichzeitigen Berücksichtigung der vielfältigen Aspekte und Anforderungen der Klimaverträglichkeit von Bauwerken sind Instrumente notwendig, die einen kohärenten Zugriff auf die verschiedenen Daten zulassen. Datenräume können diese Aufgabe erfüllen. Die Nachhaltigkeit für Neubauten und Bauen im Bestand einschließlich der Lebenszyklusbetrachtung kann durch die proprietäre Bereitstellung von Daten und Informationen über einen digitalen Datenraum, der die verschiedenen Akteure über Konnektoren verbindet, unterstützt werden.

Gerade durch die digitale Bearbeitung der Bauprojekte kommt der „Prüffähigkeit digitaler 3D-Planungen“ eine besondere Bedeutung zu. Dieses Thema haben sich Markus Hennecke und Roland Wüchner angenommen. Die aktuelle Entwicklung wird getrieben durch numerische Methoden, die es ermöglichen, Bauwerke nicht in Subsystemen zu berechnen, sondern als 3D-Gesamtmodell. Zusammen mit der BIM-Methode, die dem gesamtheitlichen Informationsmanagement dient, werden virtuelle Welten des Bauwerks erschaffen, die die Realität möglichst genau abbilden. Diese Modelle müssen die Prüfeningenieure und Prüf-sachverständigen für Bautechnik im Sinne des Bauordnungsrechts verifizieren. Der Beitrag zeigt die aktuelle Entwicklung in der Baustatik auf, ordnet die Bedeutung der bautechnischen Unterlagen in das Bauordnungsrecht ein, diskutiert die Abhängigkeit zwischen den konstruktiven Normen und dem Modellbild, gibt Hinweise auf Besonderheiten der räumlichen Modelle und zeigt auf, wie sich die Arbeit des Prüfers verändern wird. Abschließend wird ein Überblick über mögliche weitere Entwicklungen gegeben.

Über die „Bauautomatisierung und Robotik im Betonbau: Fallstudien zu Forschung, Entwicklung und Innovation“ haben die Autoren Rongbo Hu, Kepa Iturralde, Wen Pan, Thomas Linner und Thomas Bock geschrieben. Die von der Werkstoffindustrie unterstützte Bauindustrie ist ein großer Verwerter natürlicher Ressourcen, wobei Beton einen großen Teil ausmacht. Automatisierung und Robotik haben das Potenzial, eine Schlüsselrolle bei der nachhaltigen Entwicklung des Betonbaus zu spielen, indem sie die Produktivität steigern, Abfall reduzieren und die Sicherheit erhöhen. In Verbindung mit neuen Ansätzen aus dem Bereich des menschenzentrierten Einsatzes von Robotern lässt sich Arbeitskraft ergänzen, um so den Fachkräftemangel auszugleichen. Die Automatisierung von Baumaschinen für den betonbasierten Infrastrukturbau bietet hocheffiziente Lösungen bei Ausbau und Sanierung. Fortschritte im Bereich der digitalen Anbindung und Programmierung von Robotern (z. B. BIM2Robot) erleichtern zunehmend den Einsatz dieser Lösungen.

Neben den Tragstrukturen spielen in Interaktion mit der architektonischen Gestaltung von Gebäuden die „Fassadentragsysteme und die Befestigungstechnik“ eine wichtige Rolle. Konrad Bergmeister, Christine Flaig, Valentina Vötter, Martin Neumann und Christoph Plautz haben dazu noch Ausblicke zu Generic De-

sign Building Information Modeling (GD-BIM), Robotik und Adaptivität von Fassadentragsystemen gewagt. Aufbauend auf dem Beitrag im Beton-Kalender 2009 wurde dieses Kapitel durch die neuen Europäischen Bewertungen für die Befestigungselemente aktualisiert und mit innovativen Themen ergänzt. Durch GD-BIM öffnet sich ein großes Potenzial mit neuen generativen Entwurfsmethoden für Fassaden. Einige Fassadentragsysteme wie verglaste, vorgespannte Seilfassaden werden vorgestellt. Für die Begrenzung der horizontalen Verformungen in der Glasebene und den damit verbundenen Glasverwindungen sind hohe Vorspannkräfte erforderlich, die mit adaptiven Systemen bei Windbeanspruchung stabilisiert werden können. Verschiedene Befestigungstechniken für Beton und Mauerwerk von Glas-, Naturstein-, Betonplatten sowie für WDVS werden aufgezeigt und die Bemessungen erklärt. Ein mobiles Robotersystem für das Bohren und Setzen von Befestigungselementen mit einem Wirkungsbereich von $> 15 \text{ m}^2$ wird kurz erläutert, wobei dies sicher erst der Anfang zum roboterunterstützten Bauen ist.

Das Kapitel Normen und Regelwerke hat Frank Fingerloos mit großem Erfahrungswissen zusammengestellt. Enthalten sind die aktualisierten Verzeichnisse der für den Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbau relevanten Baunormen und technischen Baubestimmungen, Richtlinien und Hefte des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton e. V. (DAfStb), Merkblätter und Hefte des Deutschen Beton- und Bautechnik-Vereins e. V. (DBV) sowie Richtlinien und Merkblätter der Österreichischen Bautechnik Vereinigung (ÖBV). Ferner wird die DAfStb-Richtlinie „Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620“ inklusive der Berichtigung 1 abgedruckt.

Ausgewiesen aktuelle Themen werden im Beton-Kalender 2024 mit den Schwerpunkten „Hochbau“ und „Digitales Planen und Baurobotik“ behandelt. Es werden derzeit dominierende Themen für den Betonbau aufgegriffen, Entwicklungen im digitalen Bereich antizipiert und wissenschaftlich fundiertes Ingenieurwissen sowie Praxisbeispiele vorgestellt. Die Herausgeber wünschen ein erfolgreiches Arbeiten und ein klimaverträgliches, kreislaufgerechtes Planen und Bauen!

Wien,
Berlin,
Darmstadt,
im Juli 2023

Konrad Bergmeister
Frank Fingerloos
Johann-Dietrich Wörner

Inhaltsübersicht

- I **Beton 1**
Frank Dehn, Udo Wiens
- II **Klima- und ressourcenschonendes Bauen mit Beton 177**
Christian Glock, Michael Haist, Konrad Bergmeister, Klaus Voit, Dries Beyer,
Michael Heckmann, Timo Hondl, Johannes Hron, Fabian Kaufmann,
Andreas Pürgstaller, Tobias Schack
- III **Hochhausbau in der Praxis 267**
Hubert Bachmann, Roger Schmitt, Jürgen Wacker, Alexander Berger,
Simon Ruppert
- IV **Nachhaltige Gründungen im Hoch- und Ingenieurbau –
die Kombinierte Pfahl-Plattengründung (KPP) als wirksames
Instrumentarium zur CO₂-Reduktion 371**
Steffen Leppla, Sebastian Fischer, Rolf Katzenbach
- V **Nachträglich eingemörtelte Bewehrungsstäbe 429**
Werner Fuchs
- VI **Tragende wärme- und schallgedämmte Bauteilanschlüsse
und Querkraftdorne 461**
Martin Fenchel, Marc Müller, Daniela Kiefer, Michael Kämmerer,
Sebastian Hauswaldt
- VII **Zukunft und Nachhaltigkeit im Hochbau – Was sagt die Politik? 499**
Interview mit der Bundesministerin für Wohnen, Stadtentwicklung
und Bauwesen, Klara Geywitz
Johann-Dietrich Wörner, Konrad Bergmeister
- VIII **Statische Analyse und Bemessung von Gebäuden mittels
3D-Gesamtmodellen 505**
Dirk Schlicke, Franz Tschuchnigg, Hannes Fischnaller, Klaus Pfaff
- IX **Digitalisierung in der Versuchsführung und Monitoring von Bauwerken 573**
Thomas Braml, Matthias Haslbeck, Johannes Wimmer
- X **Künstliche Intelligenz im Vorentwurf von Tragwerken 605**
Martina Schnellenbach-Held, Daniel Steiner
- XI **Planung, Entwicklung und Betrieb digitaler Zwillinge im BIM-Kontext 653**
Ruth Breu, Philipp Zech, Sashko Ristov, Clemens Sauerwein
- XII **Datenraum für Nachhaltigkeit im Bauwesen 685**
Johann-Dietrich Wörner
- XIII **Prüffähigkeit digitaler 3D-Planungen 693**
Markus Hennecke, Roland Wüchner
- XIV **Bauautomatisierung und Robotik im Betonbau: Fallstudien
zu Forschung, Entwicklung und Innovation 717**
Rongbo Hu, Kepa Iturralde, Wen Pan, Thomas Linner, Thomas Bock
- XV **Fassadentragsysteme und Befestigungstechnik –
Ausblicke zu GD-BIM, Robotik und Adaptivität 727**
Konrad Bergmeister, Christine Flaig, Valentina Vötter, Martin Neumann,
Christoph Plautz
- XVI **Normen und Regelwerke 815**
Frank Fingerloos

Inhaltsverzeichnis

Vorwort III

Autor:innenverzeichnis XXIII

I Beton 1

Frank Dehn, Udo Wiens

- | | | | | | |
|-------|--|----|---------|--|----|
| 1 | Einführung und Definition | 5 | 4 | Junger Beton | 54 |
| 1.1 | Allgemeines | 5 | 4.1 | Bedeutung und Definition | 54 |
| 1.2 | Definition | 5 | 4.2 | Hydrationswärme | 54 |
| 1.3 | Klassifizierung von Beton | 7 | 4.3 | Verformungen | 54 |
| 1.3.1 | Betonarten | 7 | 4.4 | Dehnfähigkeit und Rissneigung | 55 |
| 1.3.2 | Betonklassen | 7 | 4.5 | Bestimmung der Festigkeit von jungem Beton | 56 |
| 1.3.3 | Betonfamilie | 10 | 5 | Lastunabhängige Verformungen | 57 |
| 2 | Ausgangsstoffe | 10 | 5.1 | Allgemeines | 57 |
| 2.1 | Zement | 10 | 5.2 | Temperaturdehnung | 57 |
| 2.1.1 | Arten und Zusammensetzung | 10 | 5.3 | Schwinden | 58 |
| 2.1.2 | Bautechnische Eigenschaften | 14 | 5.3.1 | Ursachen | 58 |
| 2.1.3 | Bezeichnung, Lieferung und Lagerung | 17 | 5.3.2 | Mathematische Beschreibung | 60 |
| 2.1.4 | Anwendungsbereiche | 18 | 6 | Festigkeit und Verformung von Festbeton | 61 |
| 2.1.5 | Zementhydratation | 22 | 6.1 | Strukturmerkmale | 61 |
| 2.1.6 | Der Zementstein | 22 | 6.2 | Druckfestigkeit | 61 |
| 2.2 | Gesteinskörnungen für Beton | 24 | 6.2.1 | Spannungszustand und Bruchverhalten von Beton bei Druckbeanspruchung | 61 |
| 2.2.1 | Allgemeines | 24 | 6.2.2 | Einflüsse auf die Druckfestigkeit | 62 |
| 2.2.2 | Art und Eigenschaften des Gesteins | 25 | 6.2.2.1 | Ausgangsstoffe und Betonzusammensetzung | 62 |
| 2.2.3 | Schädliche Bestandteile | 26 | 6.2.2.2 | Erhärtungsbedingungen und Reife | 63 |
| 2.2.4 | Kornform und Oberfläche | 30 | 6.2.2.3 | Prüfeinflüsse | 66 |
| 2.2.5 | Größtkorn und Kornzusammensetzung | 31 | 6.2.3 | Festigkeitsklassen | 67 |
| 2.3 | Betonzusatzmittel | 33 | 6.3 | Zugfestigkeit | 68 |
| 2.3.1 | Definition | 33 | 6.3.1 | Bruchverhalten und Bruchenergie | 68 |
| 2.3.2 | Arten von Betonzusatzmitteln | 33 | 6.3.2 | Einflüsse auf die Zugfestigkeit | 69 |
| 2.3.3 | Anwendungsregeln für Betonzusatzmittel | 36 | 6.3.3 | Zentrische Zugfestigkeit | 69 |
| 2.4 | Betonzusatzstoffe | 37 | 6.3.4 | Biegezugfestigkeit | 69 |
| 2.4.1 | Definitionen | 37 | 6.3.5 | Spaltzugfestigkeit | 69 |
| 2.4.2 | Inerte Stoffe und Pigmente | 38 | 6.3.6 | Verhältniszahlen für Druck- und Zugfestigkeit | 70 |
| 2.4.3 | Puzzolanische Stoffe | 38 | 6.4 | Festigkeit bei mehrachsiger Beanspruchung | 71 |
| 2.4.4 | Latent-hydraulische Stoffe | 43 | 6.5 | Spannungs-Dehnungsbeziehungen | 71 |
| 2.4.5 | Kunststoffdispersionen | 44 | 6.5.1 | Elastizitätsmodul und Querdehnzahl | 72 |
| 2.4.6 | Fasern | 44 | 6.6 | Einfluss der Zeit auf Festigkeit und Verformung | 73 |
| 2.5 | Zugabewasser | 44 | 6.6.1 | Die zeitliche Entwicklung von Druckfestigkeit und Elastizitätsmodul | 73 |
| 3 | Frischbeton und Nachbehandlung | 45 | 6.6.2 | Verhalten bei Dauerstandsbeanspruchung | 74 |
| 3.1 | Allgemeine Anforderungen | 45 | 6.6.3 | Zeitabhängige Verformungen | 74 |
| 3.2 | Mehlkorngehalt | 45 | 6.6.3.1 | Definitionen | 74 |
| 3.3 | Rohdichte und Luftgehalt | 46 | | | |
| 3.4 | Verarbeitbarkeit und Konsistenz | 46 | | | |
| 3.5 | Transport und Einbau | 48 | | | |
| 3.6 | Entmischen | 50 | | | |
| 3.7 | Nachbehandlung | 51 | | | |
| 3.7.1 | Nachbehandlungsarten | 51 | | | |
| 3.7.2 | Dauer der Nachbehandlung | 52 | | | |
| 3.7.3 | Zusätzliche Schutzmaßnahmen | 53 | | | |

6.6.3.2	Kriechverhalten von Beton	75	10.2.7	Selbstverdichtender Konstruktions-	leichtbeton	120
6.6.3.3	Vorhersageverfahren	77	10.3	Porenbeton	120	
6.6.4	Verhalten bei dynamischer Beanspruchung	78	10.4	Haufwerksporiger Leichtbeton	121	
6.6.5	Ermüdung	79	11	Faserbeton	122	
7	Dauerhaftigkeit	83	11.1	Allgemeines	122	
7.1	Überblick über die Umweltbedingungen, Schädigungsmechanismen und Mindestanforderungen	84	11.2	Zusammenwirken von Fasern und Matrix	123	
7.2	Widerstand gegen das Eindringen aggressiver Stoffe	89	11.2.1	Ungerissener Beton	123	
7.3	Korrosionsschutz der Bewehrung im Beton	90	11.2.2	Gerissener Beton	124	
7.3.1	Allgemeine Anforderungen	90	11.3	Fasern	130	
7.3.2	Karbonatisierung	91	11.3.1	Stahlfasern	130	
7.3.3	Eindringen von Chloriden	93	11.3.2	Glasfasern	130	
7.4	Frostwiderstand und Frost-Taumittel-Widerstand	95	11.3.3	Organische Fasern	131	
7.5	Widerstand gegen chemische Angriffe	97	11.3.3.1	Kunststofffasern (Polymerfasern)	131	
7.6	Verschleißwiderstand	98	11.3.3.2	Kohlenstofffasern	132	
7.7	Feuchtigkeitsklassen nach DAFStb-Alkali-Richtlinie	98	11.3.3.3	Fasern natürlicher Herkunft – Zellulosefasern	133	
8	Selbstverdichtender Beton	99	11.4	Zusammensetzung	133	
8.1	Allgemeines	99	11.4.1	Beton	133	
8.2	Mischungsentwurf	99	11.4.2	Fasern	133	
8.3	Frischbetonprüfverfahren an Mörtel	101	11.5	Eigenschaften	134	
8.4	Prüfungen am Beton	101	11.5.1	Verhalten bei Druckbeanspruchung	134	
8.5	Eigenschaften	104	11.5.2	Verhalten bei Zugbeanspruchung und bei Biegebeanspruchung	134	
9	Sichtbeton	104	11.5.3	Verhalten bei Querkraft- und Torsionsbeanspruchung	135	
9.1	Einführung	104	11.5.4	Verhalten bei Explosions-, Schlag- und Stoßbeanspruchung	135	
9.2	Planung und Ausschreibung	104	11.5.5	Kriechen und Schwinden	135	
9.3	Betonzusammensetzung und Betonherstellung	105	11.5.6	Dauerhaftigkeit	136	
9.4	Einbau und Nachbehandlung	106	11.5.7	Frost- und Taumittel-Widerstand	136	
9.4.1	Schalung und Trennmittel	106	11.5.8	Verhalten bei hoher Temperatur	136	
9.4.2	Ausführung und Nachbehandlung	107	11.5.9	Verschleißwiderstand	137	
9.5	Beurteilung	107	11.6	Normen und Grundlagen	137	
9.6	Mängel und Mängelbeseitigung	107	12	Ultrahochfester Beton	137	
9.6.1	Sichtbetonmängel	107	13	Carbonbeton	137	
9.6.2	Mängelbeseitigung bei Sichtbeton	109	14	Betone unter Verwendung von Geopolymeren und alkalisch-aktivierten Bindemitteln	139	
9.6.3	Architektonisch bedeutsame Bausubstanz	109	15	Nachhaltigkeit im Betonbau	140	
9.7	Sonder-Sichtbetone	110	15.1	Einführung	140	
10	Leichtbeton	110	15.2	Nachhaltigkeitsbewertung	142	
10.1	Einführung und Überblick	110	15.3	Klinkereffiziente Zemente	142	
10.2	Konstruktionsleichtbeton nach DIN EN 1992-1-1	111	15.4	Ökobetone	143	
10.2.1	Grundlegende Eigenschaften	111	15.5	Neue Bindemittel	144	
10.2.2	Leichte Gesteinskörnung	112	16	Betonrecycling	144	
10.2.3	Betonzusammensetzung	113	16.1	Allgemeines	144	
10.2.4	Herstellung, Transport und Verarbeitung	115	16.2	Rezyklierte Gesteinskörnungen aus Betonbruch	145	
10.2.5	Festbetonverhalten von Konstruktionsleichtbeton	116	16.3	Betonbrechsande als Bindemittelkomponente	146	
10.2.6	Zur Planung von Bauwerken aus Konstruktionsleichtbeton	119	16.4	Frischbetonrecycling	147	
			17	Numerische Simulation des Betonverhaltens	147	

- 18 Normative Entwicklungen und neue Richtlinien [149](#)
- 18.1 Die neue Normenreihe DIN 1045 – Weiterentwicklung der Betonbauqualität (BBQ) [149](#)
- 18.1.1 Einführung [149](#)
- 18.1.2 Die Betonbauqualität hat Priorität für alle Baubeteiligten [150](#)
- 18.1.3 Differenzierte Regelungen und prozessübergreifende Kommunikation [150](#)
- 18.1.4 Gliederung der neuen Normenreihe DIN 1045 [151](#)
- 18.1.5 Klasseneinteilung nach DIN 1045-1000 [152](#)
- 18.1.6 Fazit [152](#)

- II Klima- und ressourcenschonendes Bauen mit Beton [177](#)**
 Christian Glock, Michael Haist, Konrad Bergmeister, Klaus Voit, Dries Beyer, Michael Heckmann, Timo Hondl, Johannes Hron, Fabian Kaufmann, Andreas Pürgstaller, Tobias Schack
- 1 Einführung [181](#)
- 2 Ressourcenverbrauch, Abfallaufkommen und Ansätze zur Kreislaufwirtschaft [182](#)
- 2.1 Einleitung [182](#)
- 2.2 Sachstand [183](#)
- 2.3 Ressourcenverbrauch international in Hinblick auf Verfügbarkeit von Sand, Kies [184](#)
- 2.3.1 Produktion anthropogener Massen [184](#)
- 2.3.2 Herstellung von Gesteinskörnungen [185](#)
- 2.3.3 Ressourcenverbrauch bei der Zement- und Betonproduktion [188](#)
- 2.3.4 Verknappung natürlicher Ressourcen [189](#)
- 2.4 Abfallaufkommen [189](#)
- 2.5 Recycling [190](#)
- 2.5.1 Bauwerke als Rohstofflager – Urban Mining [190](#)
- 2.5.2 Verwertungsqualität [190](#)
- 2.5.3 Rechtlicher Rahmen des Baustoffrecyclings [191](#)
- 2.5.4 Betonrecycling [191](#)
- 2.6 Tunnelausbruchmaterial in der Kreislaufwirtschaft [192](#)
- 3 Potenziale zur Klima- und Ressourcenschonung im Bauwesen [193](#)
- 3.1 Einleitung [193](#)
- 3.2 Effiziente Strukturen und Prozesse [193](#)
- 3.2.1 Arbeitsproduktivität und Fragmentierung im Bauwesen [194](#)
- 3.2.2 Planungsprozess [195](#)
- 3.2.3 Ganzheitliche Planungs- und Bauprozesse [195](#)
- 3.3 Optimierung von Entwurf, Tragwerk und Bauteilen [196](#)
- 3.3.1 Architektur und Entwurf [197](#)
- 3.3.2 Bauweise und Tragwerk [197](#)
- 3.3.3 Bauteile [198](#)
- 3.4 Bedarfsgerechter Einsatz von Baumaterialien [199](#)
- 3.4.1 Beton [200](#)
- 3.4.2 Stahl und Betonstahl [200](#)
- 3.4.3 Vergleich massiver Baustoffe [201](#)
- 3.4.4 Biotische Baustoffe [202](#)
- 3.4.5 Nichtmetallische Bewehrung [203](#)
- 3.5 Bestandserhalt durch Um- und Weiternutzung [205](#)
- 3.5.1 Weiternutzung von Bestandsbauwerken und ganzer Bauteile [206](#)
- 3.5.2 Weiterverwendung rezyklierter Baustoffe [207](#)
- 3.6 Verlängerung der Nutzungsdauer [207](#)
- 3.7 Überlegungen zu einem Grenzzustand der Ressourcenverträglichkeit [208](#)
- 3.8 Fokussierung der Forschung und Lehre [210](#)
- 3.8.1 Weiterentwicklung Forschung [210](#)
- 3.8.2 Weiterentwicklung Lehre [211](#)
- 4 Rechtliche und normative Grundlagen für Recyclingbeton in DACH [212](#)
- 4.1 Gesetzliche Grundlagen [212](#)
- 4.2 Normen und Richtlinien [213](#)
- 4.2.1 Regeln zur Anwendung rezyklierter Gesteinskörnung für die Betonherstellung [213](#)
- 4.2.2 Deutschland [214](#)
- 4.2.3 Österreich [215](#)
- 4.2.4 Schweiz [216](#)
- 5 Zusammensetzung und Aufbereitung von rezyklierter Gesteinskörnung [218](#)
- 5.1 Allgemeines [218](#)
- 5.2 Abbruch und Rückbau von Bauwerken [218](#)

5.3	Aufbereitung von Abbruchmaterial	219	8.1.1	Aktuelle Grundlagen und Methodik	239
5.3.1	Grundsätzliches	219	8.1.2	Datensätze	241
5.3.2	Vorabsiebung	220	8.1.3	Bedeutung der Systemgrenze	241
5.3.3	Zerkleinerung	221	8.1.4	Bewertung der Ökobilanz	242
5.3.4	Sortieren und Klassieren	221	8.2	Analyse aktueller Hemmnisse	243
5.3.5	Aktivierung des Zementsteins	222	8.2.1	Struktur zur Vergütung von Planung und Bau	243
6	Umwelt- und ressourceneffiziente Betone	222	8.2.2	Normen, Richtlinien und Zulassungen	243
6.1	Grundsätze zur Herstellung umwelt- und ressourceneffizienter Betone	222	8.2.3	Förderpraxis	245
6.2	Anforderungen an klima- und ressourcenschonende Betone	223	8.3	Lösungsansätze zur Reduktion der Hemmnisse	246
6.3	Potenziale für eine klima- und ressourcenschonende Betonindustrie und ihre Wirkung	226	8.3.1	Integration von Planung, Bau und Betrieb	246
6.3.1	Potenziale auf der Bindemittellebene	226	8.3.2	Ökologische und wirtschaftliche Anreizsysteme	247
6.3.2	Potenziale auf der Gesteinskornenebene (z. B. durch Einsatz rezyklierter Gesteinskörnungen)	228	9	Schlussfolgerungen – „Update des Betriebssystems“ Bauen	250
6.4	CO ₂ und Ressourcenschutz im Transportbetonwerk – Beispiel Deutschland	231	9.1	Helfen Digitalisierung und Automatisierung beim klima- und ressourceneffizienten Planen und Bauen?	250
6.5	Klima- und Ressourcenoptimierung durch digitale Produktionsregelungsmethoden	234	9.2	Brauchen wir zur Erzielung der Klima- und Ressourceneffizienz neue Formen der Projektabwicklung?	251
7	Recycling und Kreislaufwirtschaft bei Bewehrungsmaterialien	236	9.3	Wie kann die Nutzungsdauer des Gebäudebestandes maximiert werden?	252
7.1	Einführung	236	9.4	Wie gelingt über zielgerichtete Forschung und zeitgemäße Lehre ein schneller Wissenstransfer?	252
7.2	Abbruch und Trennung	236	9.5	Kann ein Nachweis zur Klimaverträglichkeit hilfreich sein?	254
7.3	Recycling von Stahlbewehrung	237	9.6	Führen geänderte Anreizstrukturen zu effizienterer Planung?	254
7.4	Recycling von nichtmetallischer Bewehrung	237		Literatur	255
8	Hemmnisse für nachhaltiges Bauen sowie Lösungsansätze	239			
8.1	Ökobilanzierung – Grundlagen und offene Fragen	239			
III Hochhausbau in der Praxis 267					
Hubert Bachmann, Roger Schmitt, Jürgen Wacker, Alexander Berger, Simon Ruppert					
1	Allgemeines	271	2.2.2	Globale Windlasten: Windböenerregung, Buffeting	283
1.1	Einführung	271	2.2.3	Dynamische resonante Lasten infolge wirbelerregter Querschwingungen (Wirbelresonanzschwingungen)	287
1.2	Kontext	272	2.2.4	Nutzerbehaglichkeit (Windinduzierte Beschleunigungen)	288
1.3	Literatur	272	2.2.5	Lokale Windbeanspruchung kleinflächiger Fassadenbauteile	290
1.4	Warum hoch hinaus?	273	2.2.6	Einflussfaktor Gebäudeform	292
1.5	Architektur und Gestaltung	274	2.2.7	Einflussfaktor Benachbarte Hochhäuser, Hochhausgruppen	293
1.6	Ingenieuraufgabe Hochhaus	276	2.2.8	Windkanalversuche	294
2	Lastannahmen	277	2.2.9	Windkanaluntersuchungen versus numerische Strömungssimulationen (CFD)	296
2.1	Vertikale Lasten und Imperfektion	277	2.2.10	Messungen des Schwingungsverhaltens (Vor-Ort-Messungen)	297
2.1.1	Eigengewicht	277			
2.1.2	Ausbau Decken	278			
2.1.3	Fassaden	278			
2.1.4	Nutzlasten	279			
2.1.5	Techniklasten	279			
2.1.6	Imperfektion	279			
2.2	Windlasten und windinduzierte Bauwerksreaktionen	280			
2.2.1	Grundsätzliches, Übersicht	281			

2.2.11	Schwingungstilger (TMD)	299	4	Schnittstellen zum Tragwerk	341
2.3	Erdbeben	301	4.1	Fassade	341
2.3.1	Situation in Deutschland	301	4.2	Ausbau	342
2.3.2	Modales Antwortspektrenverfahren	302	4.3	Toleranzen	342
2.3.3	Eigenform und -frequenz	303	4.4	Stützenstauchung	343
2.3.4	Duktilität	303	4.5	Setzungen	347
3	Tragwerk	305	4.6	Interstory-Drift	347
3.1	Entwurfskriterien	305	4.7	Zusammenfassung	347
3.2	Berechnungsmethoden	308	5	Ausführung	349
3.2.1	Modellbildung	308	5.1	Baulogistik	349
3.2.2	Steifigkeiten	309	5.1.1	Besonderheiten	349
3.2.3	Endzustand vs. Bauzustand	309	5.1.2	Krane	349
3.2.4	Grenzbetrachtungen	310	5.1.3	Bauaufzüge	351
3.2.5	Modalanalyse	311	5.1.4	Betonförderung	351
3.2.6	3D-Modellierung	312	5.1.5	Brandschutz im Bauzustand	352
3.3	Decken	312	5.1.6	Ver- und Entsorgungslogistik	353
3.3.1	Variantenstudie	312	5.1.7	Absturzsicherungen/Witterungsschutz	353
3.3.2	Entscheidungsfindung	314	5.1.8	Winterbaubeheizung	354
3.4	Stützen	315	5.2	Geschosstakt	354
3.4.1	Stahlbeton-Stützen	316	5.2.1	Hochhauskern	355
3.4.2	Hochfester Betonstahl	316	5.2.2	Decken	355
3.4.3	Stahlverbund	318	5.2.3	Stützen	358
3.4.4	Stützenstoß	320	5.3	Betontechnologien	358
3.4.5	Betonfertigteilstützen	321	5.4	Schalungstechniken	359
3.4.6	Primärstützen Deckelbauweise	322	5.4.1	Konventionelle Wandschalungssysteme	359
3.4.7	Schräge Stützen	323	5.4.2	Selbstkletternde Schalungssysteme	359
3.5	Wände	324	5.4.2.1	Innenklettern Kernaußenwände	361
3.5.1	Ortbetonwände	325	5.4.2.2	Bühnentechnik	362
3.5.2	Fertigteile	326	5.4.3	Vorauskletternde Schalungssysteme	363
3.5.3	Koppelriegel	327	5.4.4	Gleitschalungstechnik	365
3.6	Tragsysteme Aussteifung	328	5.5	Vermessungstechnik	365
3.6.1	Kernsysteme	330	6	Ausblick, neue Technologien	366
3.6.2	Kernsysteme mit Outrigger	333	6.1	Nachhaltigkeit im Fokus	366
3.6.3	Kellerkasten	338	6.2	Hybride Konstruktionen	366
3.7	Gründung	339		Literatur	367
3.7.1	Baugrube	339			
3.7.2	Flachgründung	340			
3.7.3	Bohrpfahlgründung	340			
3.7.4	Kombinierte Pfahl-Platten-Gründung (KPP)	340			
3.7.5	Auftrieb	340			

IV Nachhaltige Gründungen im Hoch- und Ingenieurbau – die Kombinierte Pfahl-Plattengründung (KPP) als wirksames Instrumentarium zur CO₂-Reduktion 371

Steffen Leppla, Sebastian Fischer, Rolf Katzenbach

1	Einleitung	373	3	Kombinierte Pfahl-Plattengründung	380
2	Grundlagen	373	3.1	Trag- und Verformungsverhalten	381
2.1	Baugrund-Tragwerk-Interaktion	373	3.2	Tiefgründungselemente	382
2.2	Baugrunderkundung gemäß DIN EN 1997	375	3.3	Herstellung von Tiefgründungselementen	384
2.2.1	Baugrunderkundungsprogramm	376	3.4	Berechnungsmethoden	385
2.2.2	Umfang der Baugrunderkundung bei Gründungen	377	3.5	Geotechnische Nachweisführung	385
2.2.3	Umfang der Baugrunderkundung bei Baugruben	378	3.5.1	Grundlagen	385
2.3	Vier-Augen-Prinzip	378	3.5.2	Nachweis der Tragfähigkeit (ULS)	386
2.4	Beobachtungsmethode	379	3.5.3	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (SLS)	387

3.5.4	Pfahlprobebelastungen	387	6.4	KPP mit exzentrischer Belastung	408
3.5.4.1	Grundlagen	387	6.4.1	Gebäudekomplex DZ-Bank in Frankfurt am Main	408
3.5.4.2	Beispiel	388	6.4.2	Gebäudekomplex American Express in Frankfurt am Main	409
3.6	KPP-Richtlinie	391	6.4.3	Büroturm Japan Center in Frankfurt am Main	410
3.7	Messtechnische Überwachung einer KPP	391	6.4.4	Bürokomplex Kastor und Pollux in Frankfurt am Main	411
3.8	Gewährleistung der Sicherheit, Qualität und Nachhaltigkeit	391	6.4.5	Büroturm Sony Center in Berlin	413
4	Geothermisch aktivierte Gründungssysteme	392	6.5	KPP in Kombination mit Deckelbauweise	413
4.1	Physikalische Grundlagen	393	6.6	Hochhausgründung neben S-Bahn-Tunnel in setzungsaktivem Baugrund	416
4.2	Massivabsorber	393	6.7	Spezialgründung auf der Rheinalgrabenrandverwerfung	417
4.3	Dimensionierung und Nachweisführung	394	6.8	Hochhausgründung in Hanglage	418
4.4	Herstellung und konstruktive Durchbildung	394	6.9	Horizontal belastete KPP	420
4.5	Energiepfahlanlage eines innerstädtischen Großbauprojekts	396	6.10	CO ₂ -Reduktion durch den Einsatz von Kombinierten Pfahl-Plattengründungen (KPP)	422
5	Wiedernutzung von Bestandsgründungen	398	6.10.1	CO ₂ -Reduktion beim Messturm, Frankfurt am Main	422
5.1	Zielstellung der Wiedernutzung	398	6.10.2	CO ₂ -Reduktion beim Taunusturm, Frankfurt am Main	422
5.2	Geotechnische Nachweisführung	398	6.10.3	CO ₂ -Reduktion beim Skytower der Europäischen Zentralbank (EZB), Frankfurt am Main	422
5.3	Notwendige Untersuchungen	399	6.10.4	CO ₂ -Reduktion beim City Tower, Offenbach am Main	423
5.4	Wiedernutzung bestehender Gründungen – Beispiele aus der Ingenieurpraxis	399	6.10.5	CO ₂ -Reduktion beim Mirax Plaza Tower A, Kiew, Ukraine	423
5.4.1	Reichstag in Berlin	399		Literatur	423
5.4.2	Hessischer Landtag in Wiesbaden	401			
6	Beispiele	402			
6.1	Hochhausgründung im Standardfall	402			
6.2	KPP in nichtbindigem Baugrund	403			
6.3	KPP in setzungsaktivem, bindigem Baugrund	405			
V	Nachträglich eingemörtelte Bewehrungsstäbe	429			
	Werner Fuchs				
1	Einleitung	431	6.2	Vorschriften für die Bewertung/Qualifizierung von Verankerungsmörteln	444
2	Verankerungsmörtel	431	6.2.1	EAD 330087-02-0601	444
2.1	Allgemeines	431	6.2.2	EAD 332402-00-0601	446
2.2	Bestandteile	432	6.2.3	EN 1504-6	454
2.3	Montage der nachträglich zu setzenden Bewehrungsstäbe	433	6.2.4	Allgemeine Bauartgenehmigungen	455
2.3.1	Planerische Gesichtspunkte	433	6.3	Vorschriften für die Bemessung von nachträglich eingemörtelten Bewehrungsstäben	456
2.3.2	Nachträgliche Montage der Bewehrungsstäbe	436	6.3.1	Allgemeines	456
2.3.3	Kontrolle der richtigen Montage	439	6.3.2	EN 1992-1-1	456
3	Tragverhalten	440	6.3.3	EOTA TR069	457
4	Lasteinleitung	440	6.4	Vorschriften für die Montage von nachträglich eingemörtelten Bewehrungsstäben	459
5	Anwendungsbereiche	441	7	Auswahl des Verankerungsmörtels	459
5.1	Allgemeines	441		Literatur	460
5.2	Statische Gesichtspunkte	442			
6	Vorschriften	443			
6.1	Allgemeines	443			

VI	Tragende wärme- und schalldämmte Bauteilanschlüsse und Querkraftdorne	461
	Martin Fenchel, Marc Müller, Daniela Kiefer, Michael Kämmerer, Sebastian Hauswald	
1	Einleitung	463
2	Anschlüsse mit Wärmedämmung – Platten	463
2.1	Anwendungsbereich	463
2.2	Konstruktive Durchbildung	464
2.3	Statische Nachweise	465
2.4	Nachweise der Gebrauchstauglichkeit	465
2.5	Brandschutz	465
2.6	Schwingungen, Erdbeben	467
2.7	Wärmeschutz	467
2.8	Trittschallschutz	468
2.9	Produkte der Hersteller/Anbieter	469
2.9.1	Erforderliche Verwendbarkeitsnachweise in D-A-CH	469
2.9.2	Produkte aller Hersteller mit gültigen abZ/aBG, ETA, BTZ	469
3	Anschlüsse mit Wärmedämmung – Stützen und Wände	469
3.1	Allgemeines	469
3.2	Wärmedämmende Stützenanschlüsse	471
3.2.1	Anwendungsbereich	471
3.2.2	Ausführung	471
3.2.3	Nachweise der Gebrauchstauglichkeit (Spannungen, Rissbreiten, Verformungen)	472
3.2.4	Statischer Nachweis	472
3.2.5	Brandschutz	475
3.2.6	Erdbeben	476
3.2.7	Wärmeschutz	476
3.2.8	Produkte der Hersteller/Anbieter	477
3.2.8.1	Erforderliche Verwendbarkeitsnachweise in D-A-CH (Regelwerk)	477
3.2.8.2	Produkte aller Hersteller mit Verwendbarkeit in Deutschland und Österreich	477
3.3	Wärmedämmende Wandanschlüsse	477
3.3.1	Historie	477
3.3.2	Anwendungsbereich	477
3.3.3	Ausführung	478
3.3.4	Statischer Nachweis, Steifigkeiten und Zwang aus Temperatur	478
3.3.5	Nachweise der Gebrauchstauglichkeit (Verformungen, Risse)	479
3.3.6	Brandschutz	479
3.3.7	Erdbeben	479
3.3.8	Wärmeschutz	479
3.3.9	Produkte der Hersteller/Anbieter	480
3.3.9.1	Erforderliche Verwendbarkeitsnachweise in D-A-CH	480
3.3.9.2	Produkte aller Hersteller mit Verwendbarkeit in Deutschland und Österreich	480
4	Treppenanschlüsse	481
4.1	Allgemeines/Anwendungsbereich	481
4.2	Trittschallschutz	482
4.3	Brandschutz	482
4.4	Anschlussvarianten	482
4.4.1	Podest/Platte an Treppenhausewand mit Konsolaufleger	482
4.4.1.1	Anwendungsbereich	482
4.4.1.2	Konstruktive Durchbildung	483
4.4.1.3	Statischer Nachweis	483
4.4.1.4	Produkte der Hersteller/Anbieter	483
4.4.2	Dornsysteme: Podest, Platte, Treppe an Wand	483
4.4.2.1	Anwendungsbereich	483
4.4.2.2	Konstruktive Durchbildung	484
4.4.2.3	Statischer Nachweis	485
4.4.2.4	Produkte der Hersteller/Anbieter	485
4.4.3	Treppenlauf an Podest mit gerader Fuge	486
4.4.3.1	Anwendungsbereich	486
4.4.3.2	Konstruktive Durchbildung	486
4.4.3.3	Statischer Nachweis	486
4.4.3.4	Produkte der Hersteller/Anbieter	487
4.4.4	Treppenlauf an Podest oder Geschossdecke mit Betonkonsole	487
4.4.4.1	Anwendungsbereich	487
4.4.4.2	Konstruktive Durchbildung	488
4.4.4.3	Statischer Nachweis	488
4.4.4.4	Produkte der Hersteller/Anbieter	488
4.4.5	Sonstige Produkte	488
5	Querkraftdorne	489
5.1	Allgemeines/Anwendungsbereich	489
5.2	Produktgruppen	489
5.2.1	Einzel Schubdorne	489
5.2.2	Schwerlastdorne	490
5.2.3	Querkraftdorne für nicht vorwiegend ruhende Lasten	491
5.2.4	Längs- und querverschiebbliche Dorne	491
5.3	Statische Nachweise	491
5.3.1	Ablauf der Bemessung	491
5.3.2	Nachweis gegen Betonkantenbruch	492
5.3.3	Nachweis gegen Stahlversagen	492
5.3.4	Querkrafttragfähigkeit der Platte	492
5.3.5	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit	493
5.4	Konstruktive Durchbildung	493
5.4.1	Anordnung von Dehnfugen	493
5.4.2	Fugenbreite	493
5.4.3	Einbau	494
5.5	Brandschutz	495
5.6	Produkte der Hersteller/Anbieter	495
5.6.1	Erforderliche Verwendbarkeitsnachweise in D-A-CH	495
5.6.2	Produkte aller Hersteller mit Verwendbarkeitsnachweis	495
	Literatur	496

VII Zukunft und Nachhaltigkeit im Hochbau – Was sagt die Politik? 499

Interview mit der Bundesministerin für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen, Klara Geywitz
 Johann-Dietrich Wörner, Konrad Bergmeister

VIII Statische Analyse und Bemessung von Gebäuden mittels 3D-Gesamtmodellen 505

Dirk Schlicke, Franz Tschuchnigg, Hannes Fischnaller, Klaus Pfaff

1	Einleitung	507	5.1.1	Generelle Vorgehensweise	545
1.1	Übersicht zum Beitrag und Motivation	507	5.1.2	Vorschlag für die Modifikation von Anschluss- und Bauteilsteifigkeiten	546
1.2	Grundsätzlicher Unterschied zwischen 3D- und 2D-Analyse	509	5.2	Überlegungen zur Berücksichtigung der Boden-Bauwerk-Interaktion	546
1.3	Begriffsbestimmungen	512	5.2.1	Auswirkungen der Bettung von 3D-Gesamtmodellen auf die Bemessungsschnittgrößen	546
1.4	Veranschaulichungsbeispiel für die nachfolgenden Untersuchungen	513	5.2.2	Tragwerksanalyse am 3D-Gesamtmodell mit realistischer Abbildung der Bodenverformung	547
2	Interaktion der vertikalen Bauteile	514	5.3	Überlegungen zum Durchstanznachweis der Fundamentplatte	548
2.1	Gegenüberstellung der Gründungslasten gemäß 3D- und 2D-Analyse	515	6	Praxisbeispiele für architektonisch anspruchsvolle Bauwerke	550
2.2	Einfluss der Anschlusssteifigkeiten	516	6.1	Praxisbeispiel Hybrid Innsbruck	551
2.3	Einfluss der Deckensteifigkeiten	516	6.2	Praxisbeispiel Musikschule Brixen	558
2.4	Einfluss des Bauablaufs	517	7	Ausblick zur integralen Architektur- und Tragwerksplanung im gemeinsamen BIM-Modell	559
2.5	Einfluss des zeitabhängigen Verhaltens in den vertikalen Bauteilen	518	7.1	Grundidee und Motivation	559
2.6	Zwischenfazit	519	7.2	Mindestanforderungen an das BIM-Modell	560
3	Einfluss der Boden-Bauwerk-Interaktion	519	7.2.1	Bauteiltypen aus Sicht der Tragwerksplanung	561
3.1	Allgemeines	519	7.2.2	Notwendigkeit von zusätzlichen Anpassungen im Architekturmodell	561
3.2	State of the Art der rechnerischen Berücksichtigung der Boden-Bauwerk-Interaktion in der statischen Analyse	524	7.2.2.1	Allgemeines	561
3.2.1	Vorgehensweise mittels Bettungsmodulverfahren	526	7.2.2.2	Veranschaulichungsbeispiele	561
3.2.2	Vorgehensweise mittels Steifemodulverfahren	530	7.2.3	Zwischenfazit	563
3.3	Einfluss der Anschluss- und Bauteilsteifigkeiten auf die Boden-Bauwerk-Interaktion	531	7.3	Berücksichtigung des Baugrunds im BIM-Modell	563
3.4	Einfluss des Bauablaufs auf die Boden-Bauwerk-Interaktion	533	7.4	Ressourcenschonendes Bauen durch integrale Planung am Beispiel des ATP Green Deal	563
3.5	Zwischenfazit	534	7.4.1	CO ₂ -neutrale Planung	564
4	Einfluss der Dehnsteifigkeit in den horizontalen Bauteilen	534	7.4.2	Kreislaufplanung	565
4.1	Allgemeines	534	7.4.3	Zwischenfazit	566
4.2	Analytisches Modell zur Abschätzung der Dehnsteifigkeit	536	7.5	Integrale Industriegebäudeplanung 4.0 am Beispiel BIMflexi	566
4.3	Veranschaulichung	541	8	Schlussbemerkungen	567
5	Überlegungen zur Nachweisführung mit 3D-Gesamtmodellen	545		Literatur	568
5.1	Überlegungen zur Anwendung und Konfiguration von 3D-Gesamtmodellen	545			

IX Digitalisierung in der Versuchsführung und Monitoring von Bauwerken 573

Thomas Braml, Matthias Haslbeck, Johannes Wimmer

- 1 Einführung 575
- 1.1 Motivation und Zielsetzung 575
- 1.2 Bedarf an Monitoring-Maßnahmen 575
- 1.3 Planung von Messprojekten 578
- 1.3.1 Einholen von Erlaubnissen und Genehmigungen 578
- 1.3.2 Einbeziehung der Öffentlichkeit 578
- 1.3.3 Planung der Messeinrichtungen 578
- 1.3.4 Verkehrssicherung 578
- 1.3.5 Planung von Zugangstechnik 579
- 1.3.6 Arbeitsschutzrechtliche Aspekte 579
- 1.3.7 Messunsicherheit 579
- 1.3.8 Organisation der Anbringung und Personaleinsatz 579
- 1.3.9 Organisation der Überwachung 579
- 1.3.10 Datenmanagement 579
- 1.3.11 Vorversuche 579
- 2 Phasen bei der Durchführung eines Messprojekts 579
- 2.1 Allgemeines 579
- 2.2 Phase 1: Machbarkeitsstudie 580
- 2.3 Phase 2: Messkonzept 580
- 2.4 Phase 3: Ausschreibung und Vergabe der Detailplanungsleistung 580
- 2.5 Phase 4: Ausführungsplanung 581
- 2.6 Phase 5: Installation 581
- 2.7 Phase 6: Kalibrierung am Bauwerk 582
- 2.8 Phase 7: Messdatenverarbeitung 582
- 2.9 Phase 8: Ergebnisbewertung 582
- 2.10 Phase 9: Unterhalt und Rückbau 582
- 3 Methoden 583
- 3.1 Visualisierung auf Basis von Punktwolken 583
- 3.1.1 3D-Laserscan 583
- 3.1.2 Photogrammetrie 584
- 3.1.3 3D-Druck 585
- 3.1.4 Visualisierung mithilfe von MR-Brillen 585
- 3.1.5 Matrixzuordnung der Visualisierungsmöglichkeiten 586
- 3.2 Anforderungen in der digitalen Vorplanung 586
- 3.2.1 Anforderungen bei der Versuchsplanung an einem Neubau 586
- 3.2.2 Anforderungen bei der Versuchsplanung an bestehenden Bauwerken 586
- 3.3 Einstellungen des AD-Wandlers 587
- 3.4 Simulation der zu erwartenden Ergebnisse 587
- 3.5 Planung der Anforderungen an die Datenqualität 588
- 3.6 Inbetriebnahme 589
- 3.7 Honorierung der Phasen 590
- 4 Digitales Datenmodell 590
- 4.1 Versuche 590
- 4.2 Temporäres Monitoring 591
- 4.3 Dauermonitoring zur Lebenszyklusüberwachung 591
- 4.4 Digitaler Zwilling 592
- 4.4.1 Industrie 4.0 592
- 4.4.2 Projekt BrAssMan 592
- 4.4.3 Projekt shBIM 593
- 4.4.4 Projekt OSIMAB 593
- 4.4.5 Projekt BBox 593
- 5 Praxisbeispiele 594
- 5.1 Traunwalchen 594
- 5.1.1 Projektvorstellung 594
- 5.1.2 Ziel des Versuchs 594
- 5.1.3 Digitale Planung und Kontrolle 594
- 5.1.4 Herausforderungen und Erfahrungen 596
- 5.1.5 Zusammenfassung der Versuche 597
- 5.2 Dauermonitoring ab Verkehrsfreigabe – Brücke Schwindegg 597
- 5.2.1 Projektvorstellung 597
- 5.2.2 Ziel des Dauermonitorings 598
- 5.2.3 Digitale Planung 598
- 5.2.4 Herausforderungen und Erfahrungen 598
- 6 Zusammenfassung und Ausblick 599
- Literatur 600

X Künstliche Intelligenz im Vorentwurf von Tragwerken 605

Martina Schnellenbach-Held, Daniel Steiner

- 1 Einleitung 607
- 1.1 Frühe Planungsphasen 607
- 1.1.1 Allgemeines 607
- 1.1.2 Nachhaltigkeit 607
- 1.1.3 Frühe tragwerksplanerische Unterstützung 608
- 1.2 Begriffe 609
- 1.2.1 Entwurfsstufen 609
- 1.2.2 Wissen 609
- 1.2.3 Material 609
- 1.2.4 Tragwerkskonzept und Archetyp 609
- 1.2.5 Bauteil 609
- 1.2.6 Konstruktionsart 609
- 1.2.7 Vordimensionierung 609
- 1.2.8 Bewertung 610
- 1.2.9 Ersatzmodell 610
- 1.2.10 Varianten und Optionen 610
- 1.3 Aufbau des Beitrags 610

2	Methoden künstlicher Intelligenz	610	4	Wissensakquisition zur Tragwerksplanung	630
2.1	Wissensrepräsentation	611	4.1	Tragwerksplanerisches Allgemeinwissen	630
2.1.1	Ontologien	611	4.2	Wahrscheinlichkeitsanalysen auf Basis vorhandener Entwürfe	631
2.1.2	Semantische Netze	611	4.3	Parameterstudien	632
2.1.3	Graphen	611	4.4	Bewertung von Tragstrukturen	634
2.1.4	Entscheidungsbäume	611	4.5	Unschärfe des Erfahrungswissens	635
2.1.5	Shape-grammars	612	5	Materialspezifischer Tragwerksentwurf	636
2.1.6	Wissensbanken	612	5.1	Berücksichtigung des Materials	636
2.2	Wissensbasierte Systeme	612	5.2	Entwurfspotenziale	636
2.3	Fuzzy Logic	613	5.3	Wiederverwendbarkeit von Bauteilen	637
2.3.1	Wissensdarstellung	614	6	Einsatz von KI-Methoden zur Bereitstellung des tragwerksplanerischen Wissens	637
2.3.2	Fuzzyinferenzen	615	6.1	Wissensnetzwerk	637
2.3.3	Possibilitätstheorie	616	6.1.1	Scharfe Regelbasen	639
2.4	Weitere KI-Methoden	617	6.1.2	Unscharfe Regelbasen	641
2.4.1	Maschinelles Lernen	617	6.2	Grammatiken	641
2.4.2	Künstliche neuronale Netze	617	6.2.1	Knotenskelett	642
2.4.3	Fallbasiertes Schließen	618	6.2.2	Archetypen	642
2.4.4	Evolutionäre Algorithmen	618	6.2.3	Positionsidentifikation	643
2.4.5	Ergänzende Ansätze	619	6.3	TSK-Inferenzsysteme	644
3	Konzeptionelle Vorgehensweise für den Tragwerksentwurf in frühen Phasen	619	6.4	MA-Inferenzsysteme	645
3.1	Grundlage des Konzepts	619	6.5	Verarbeitung unscharfer Informationen	645
3.1.1	Raumanordnungen	619	6.5.1	Fuzzyifizierung unscharfer Entwurfsgrößen	645
3.1.2	Knotenskelett	620	6.5.2	Unschärfequantifizierung	645
3.1.3	Spezifikation des Tragwerkskonzepts	620	6.5.3	Wissensunschärfe	646
3.1.4	Idealisierte Tragwerkselemente	620	6.5.4	Unvollständige Entwurfsinformationen	646
3.1.5	Spezifikation der Bauteilkonstruktion	620	6.6	Änderungsmanagement	646
3.1.6	Vordimensionierung	621	6.6.1	Unscharfe Anfragen	646
3.1.7	Bewertung von Tragstrukturen	621	6.6.2	Entwurfsmodifikationen	647
3.1.8	Materialmengen	621	7	Zusammenfassung und Ausblick	648
3.2	Tragwerksplanerische Entwurfsstufen	621		Literatur	649
3.2.1	Level of Development (LOD)	621			
3.2.2	Level of Structural Design (LoSD)	622			
3.2.3	Bereitstellung des tragwerksplanerischen Wissens	629			
XI	Planung, Entwicklung und Betrieb digitaler Zwillinge im BIM-Kontext	653			
	Ruth Breu, Philipp Zech, Sashko Ristov, Clemens Sauerwein				
1	Einleitung	655	5	Digitale Transformation im Kontext digitaler Zwillinge	670
2	Grundbegriffe – cyber-physisches System, digitaler Zwilling, digitales Ökosystem	655	5.1	Agile digitale Transformation	670
3	Rollen und Prozesse des IT-Managements	658	5.2	Qualitätskriterien von Prozessen der Bauwirtschaft	671
4	Planung und Konstruktion digitaler Zwillinge	659	5.3	Analyse aktueller Prozesse	673
4.1	Funktionen digitaler Zwillinge	660	5.4	Entwicklung von Change-Szenarien und digitaler Roadmap	676
4.2	Die IT-Architektur digitaler Zwillinge	661	5.5	IT-Sicherheitsrisikomanagement	677
4.3	Funktionale Anforderungen	663	6	BIM-Repositories und Tool-Interoperabilität	679
4.4	Qualitätsanforderungen	665	7	Zusammenfassung und Ausblick	682
4.5	Agile Softwareentwicklungsprozesse	668		Literatur	683

XII	Datenraum für Nachhaltigkeit im Bauwesen 685		
	Johann-Dietrich Wörner		
1	Einleitung 687	4	Perspektive und Umsetzung 691
2	Datenraumlogik 687		Literatur 692
3	Nachhaltigkeit im Bauwesen 690		
XIII	Prüffähigkeit digitaler 3D-Planungen 693		
	Markus Hennecke, Roland Wüchner		
1	Einleitung 695	6	Normung 703
2	Rückblick auf die Entwicklung der Baustatik 695	6.1	Eurocode 0 703
3	Gesetzliche Grundlagen zur baustatischen Berechnung 696	6.2	Eurocode 1 703
4	Der Standsicherheitsnachweis 697	6.3	Eurocode 2 704
4.1	Statische Berechnungen 697	7	3D-Modelle 705
4.2	EDV-Statiken 698	7.1	Hochbau 707
4.3	Pläne 698	7.2	Brückenbau 709
4.4	Building Information Modeling 699	7.2.1	Brückenüberbauten als Kastenquerschnitt 709
4.5	Zuverlässigkeit des Standsicherheitsnachweises 700	7.2.2	Rahmenbauwerke 709
5	Die Arbeit des Prüfeningenieurs 701	7.2.3	Widerlager 710
5.1	Rechnerische Nachweise 701	7.2.4	Brückenüberbauten als Vollquerschnitt 710
5.2	Konstruktionszeichnungen 701	7.3	Ingenieurbau 711
5.3	Planaustausch 701	8	Prüfen der Gesamtsysteme 712
5.4	Modellbasierte Prüfung 702	9	Zukünftige Entwicklungen 712
		10	Fazit 713
			Literatur 714
XIV	Bauautomatisierung und Robotik im Betonbau: Fallstudien zu Forschung, Entwicklung und Innovation 717		
	Rongbo Hu, Kepa Iturralde, Wen Pan, Thomas Linner, Thomas Bock		
1	Einführung 719	2.2	Fallstudie 2: Beratung bei der Untersuchung des Potenzials des Einsatzes von Robotik und Automatisierung im Zusammenhang mit groß angelegtem Betonsiedlungsbau in Hongkong 723
2	Fallstudien zu den von der Universität Karlsruhe und der Technischen Universität München entwickelten Betonverarbeitungs-Baurobotern 722	2.3	Fallstudie 3: ARE23 Roboter zum Streichen von Betonwänden 724
2.1	Fallstudie 1: HEPHAESTUS Seilroboter für die Fassadenmontage im Betonbau 723	3	Zusammenfassung 725
			Literatur 726
XV	Fassadentragsysteme und Befestigungstechnik – Ausblicke zu GD-BIM, Robotik und Adaptivität 727		
	Konrad Bergmeister, Christine Flaig, Valentina Vötter, Martin Neumann, Christoph Plautz		
1	Allgemeiner Überblick 731	2.3	Spezifische Problemstellungen mit BIM 733
2	Fassadenplanung mit BIM – Ansätze zur GD-BIM-Modellierung und 4D-Planung 731	2.4	Montageablauf mit BIM – 4D-Planung 734
2.1	Einleitung 731	2.5	Ausblick 735
2.2	Anpassungsfähigkeit und mögliche Adaptivität mit Generativem Design 732	3	Fassadentragsysteme und Befestigungstechnik für vorgehängte Fassadensysteme 735

- 3.1 Systembetrachtung der Fassaden-systeme 735
- 3.2 Systembetrachtung von Fassadentrag-systemen – historische Entwicklung 736
- 3.3 Statisches Tragverhalten von Seilen 740
- 3.4 Dynamisches Tragverhalten 742
- 3.5 Wichtige atmosphärische Einwirkungen auf Fassaden 743
 - 3.5.1 Windeinwirkungen 743
 - 3.5.2 Temperatureinwirkungen 745
 - 3.5.3 Schlagregenexpositionen 746
- 3.6 Befestigungen von Fassadensystemen am Bauwerk 746
 - 3.6.1 Technische Regeln im Bereich der Befestigungstechnik 747
 - 3.6.2 Systembetrachtung 748
 - 3.6.3 Randbedingungen Bauwerk 749
 - 3.6.4 Randbedingungen Unterkonstruktion und Montage 750
 - 3.6.5 Anwendungskriterien für verschiedene Expositionsclassen 750
 - 3.6.6 Auswahl Ablaufplan 750
 - 3.6.7 Mehrfachbefestigung von nichttragenden Elementen mit Rahmen- und Langschaft-dübelsystemen 752
 - 3.6.7.1 Systembeschreibung 752
 - 3.6.7.2 Tragverhalten und Funktionsprinzip 753
 - 3.6.7.3 Montage 753
 - 3.6.7.4 Anwendungsbereiche mit Europäischer Technischer Bewertung 754
 - 3.6.7.5 Anwendungen mit Brandschutz 754
 - 3.6.7.6 Bemessung für Verankerungen 754
 - 3.6.7.7 Bestimmung der charakteristischen Tragfähigkeit in nicht spezifizierten Mauerwerkssteinen 759
 - 3.6.8 Rahmen- und Langschaftdübelsysteme für Einzelbefestigung in gerissenem Beton 760
 - 3.6.9 Stahldübelsysteme für Einzelbefestigung in gerissenem und ungerissenem Beton 761
 - 3.6.9.1 Systembeschreibung und Funktions-prinzip 761
 - 3.6.9.2 Anwendungsbereiche mit Europäischer Technischer Bewertung 762
 - 3.6.9.3 Bemessung 762
 - 3.6.10 Verbunddübel in gerissenem und ungerissenem Beton 764
 - 3.6.11 Verbundankersysteme zur Einzel-befestigung in Mauerwerk, Leichtbeton und Porenbeton 764
 - 3.6.11.1 Systembeschreibung und Funktions-prinzip 765
 - 3.6.11.2 Anwendungsbereiche mit Europäischer Technischer Bewertung 765
 - 3.6.11.3 Bemessung 765
 - 3.6.12 Einbauteile in Beton 767
 - 3.6.12.1 Kopfbolzen 768
 - 3.6.12.2 Ankerplatten 769
 - 3.6.12.3 Ankerschienen 769
 - 3.6.12.4 Querkraftdorne 770
 - 3.6.12.5 Querkraftprofile 771
 - 3.6.12.6 Anschlussysteme 771
 - 3.6.12.7 Linienförmige Trennelemente mit thermischer Trennung 772
- 3.7 Befestigungstechnik für Fassaden-elemente 772
 - 3.7.1 Befestigungstechnik für Glaselemente 772
 - 3.7.1.1 Konstruktive Grundsätze 772
 - 3.7.2 Befestigungstechnik für dünne Plattenelemente 780
 - 3.7.2.1 Systembeschreibung 780
 - 3.7.2.2 Fassadenmaterialien 780
 - 3.7.2.3 Befestigungslösungen und Montage 781
 - 3.7.2.4 Bemessung 782
 - 3.7.3 Befestigungstechnik für Naturstein-elemente 782
 - 3.7.3.1 Systembetrachtung 782
 - 3.7.3.2 Baustoff Naturwerkstein 782
 - 3.7.3.3 Befestigungs- und Verankerungsmittel nach DIN 18616-3 784
 - 3.7.3.4 Befestigungsmittel mit Europäischer Technischer Bewertung 791
 - 3.7.4 Transportanker für Betonelemente 793
- 4 Befestigungstechnik für Wärmedämm-verbundsysteme 795
 - 4.1 Befestigungstechnik für Wärmedämm-verbundsysteme am Bauwerk 795
 - 4.2 Befestigungstechnik für Bauteile auf Wärmedämmverbundsystemen 797
 - 4.2.1 Befestigungssysteme zur Verankerung von kleinen oder mittleren Lasten für nicht sicherheitsrelevante Anwendungen 797
 - 4.2.2 Befestigungstechnik zur Verankerung von mittleren und hohen Lasten für sicherheits-relevante Anwendungen 798
 - 4.2.2.1 Abstandsmontage mit auf Biegung belasteter Gewindestange mit und ohne thermische Trennung 798
 - 4.2.2.2 Abstandsmontage mit Distanzhalter 800
 - 4.2.2.3 Bemessung von Abstandsmontagen 801
 - 4.3 Wärmebrückenarme bzw. -freie Befestigungen 803
- 5 Ausblick zur Automatisierung durch Robotik 804
 - 5.1 Einführung 804
 - 5.2 Funktionsbereich 804
 - 5.3 Arbeitsweise 805
 - 5.4 Sicherheit und Human Interface 806
- 6 Adaptionstrategien für Fassaden 806
 - 6.1 Allgemeines 806
 - 6.2 Adaptionskonzept 807
 - 6.3 Adaptionstrategie von vertikal vorgespannten Seilfassaden 808
- 7 Zusammenfassende Bemerkungen 809
 - Literatur 810

XVI	Normen und Regelwerke 815		
	Frank Fingerloos		
1	Einleitung 817	5	Produktionskontrolle 845
2	Listen und Verzeichnisse 817	6	Kennzeichnung und Lieferschein 845
2.1	Technische Baubestimmungen für den Beton- und Stahlbetonbau 817	A	Anhang A (normativ) – Betonprüfung zum Nachweis des Frostwiderstandes von rezyklierten Gesteinskörnungen 846
2.2	Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V. (DAfStb): Richtlinien und Hefte 839	A.1	Prüfverfahren und Anforderungen 846
2.3	DAfStb-Richtlinie „Beton nach DIN EN 206-1 und DIN 1045-2 mit rezyklierten Gesteinskörnungen nach DIN EN 12620 – Teil 1: Anforderungen an den Beton für die Bemessung nach DIN EN 1992-1-1:2010-09“ mit 1. Berichtigung 2019-09 842	A.2	Betonzusammensetzung 846
Einführung 842		A.3	Durchzuführende Prüfungen 847
Inhalt 842		A.3.1	Frischbetonprüfungen 847
1	Anwendungsbereich 842	A.3.2	Druckfestigkeit und Rohdichte 847
2	Anforderungen 843	A.3.3	Frostprüfungen 847
2.1	Gesteinskörnung 843	B	Anhang B (normativ) – Bestimmung der Wasseraufnahme von rezyklierten Gesteinskörnungen 847
2.1.1	Stoffliche Zusammensetzung 843	B.1	Allgemeines 847
2.1.2	Anforderungen für die Verwendung 843	B.2	Versuchsdurchführung 847
2.1.3	Auswirkungen auf Boden und Grundwasser 843	B.3	Wasseraufnahme 847
2.2	Beton 843	2.4	Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E. V. (DBV): Merkblätter, Sachstandberichte und Hefte 848
3	Herstellung des Betons 843	2.5	Österreichische Bautechnik Vereinigung (ÖBV): Richtlinien, Merkblätter und Sachstandberichte 850
4	Erweiterte Erstprüfung 845		Literatur 852
Stichwortverzeichnis 853			

Autor:innenverzeichnis

Bachmann, Hubert, Dr.-Ing.

1976–1978 Beton- und Stahlbetonbauer, 1978–1983 Bauingenieurstudium FH Karlsruhe, 1983–1986 Bauingenieurstudium TH Karlsruhe, 1986–1993 Promotion am Institut für Massivbau und Baustofftechnologie TH Karlsruhe, 1993–2019 Ed. Züblin AG Technisches Büro Konstruktiver Ingenieurbau, 2008–2018 Lehrbeauftragter Universität Stuttgart – Bauen mit Betonfertigteilen –, seit 2020 Gründung und Gesellschafter bei BLC Beratende Ingenieure.

BLC Bachmann Liebig Consulting + Engineering
Beratende Ingenieure PartGmbH,
Am Schloßbuckel 2, 75015 Bretten

Berger, Alexander, Dipl.-Ing.

Bauingenieurstudium an der TU Darmstadt, 1995–1996 Ingenieurbüro Peter Mutscher, Ludwigsburg, seit 1996 bei Bollinger+Grohmann, seit 2000 Projektleiter für nationale und internationale Projekte (insbesondere Hochhäuser), Leiter B+G Expert-Team Hochhausstragwerke/Baudynamik.

Bollinger+Grohmann, Westhafenplatz 1,
60327 Frankfurt am Main

Bergmeister, Konrad, o. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Dr. phil. DDr.-Ing. E. h. M.Sc. PhD

Bauingenieurstudium und Promotion Universität Innsbruck, Forschungsaufenthalte an Univ. of Texas at Austin, Kath. Univ. of Leuven, Univ. Stuttgart, seit 1990 als Bauingenieur tätig, seit 1993 Universitätsprofessor am Institut für Konstruktiven Ingenieurbau, Wien.

Universität für Bodenkultur, Institut für
Konstruktiven Ingenieurbau, Peter-Jordan-Str. 82,
1190 Wien/Österreich

Beyer, Dries, Dr.-Ing.

Bauingenieurstudium TH Ostwestfalen-Lippe, Promotionsstudium Leibniz Universität Hannover, 2011–2017 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Labor für Baustoffe und Massivbau an der TH Ostwestfalen-Lippe, seit 2017 wissenschaftlicher Mitarbeiter Institut für Baustoffe an der Leibniz Universität Hannover, 2021 Promotion am Institut für Baustoffe an der Fakultät Bauingenieurwesen und Geodäsie der Leibniz Universität Hannover.

Leibniz Universität Hannover, Institut für Baustoffe,
Appelstr. 9A, 30167 Hannover

Bock, Thomas, Prof. Dr.-Ing.

Lehrstuhlinhaber und Leiter des Lehrstuhls für Baurealisierung und Baurobotik an der Technischen Universität München seit 1997, Senior Consultant bei der CREDO Robotics GmbH seit 2021.

Lehrstuhl für Baurealisierung und Baurobotik,
Technische Universität München, Arcisstr. 21,
80333 München

Braml, Thomas, Prof. Dr.-Ing.

1995–2000 Bauingenieurstudium TH Deggendorf und TU Dresden, 2001–2007 und 2010–2013 Projektingenieur und Gruppenleiter in Ing.-Büros für Tragwerksplanung, 2007–2010 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der UniBw München, seit 2013 Geschäftsführender Gesellschafter der HFR Ingenieure GmbH, seit 2018 Professur für Massivbau an der UniBw München.

Universität der Bundeswehr München, Institut für
konstruktiven Ingenieurbau,
Werner-Heisenberg-Weg 39, 85577 Neubiberg

Breu, Ruth, Univ.-Prof. Dr.

Informatikstudium Universität Passau, 1991 Promotion an der Universität Passau, 1999 Habilitation an der TU München, seit 2002 Professorin an der Universität Innsbruck, Institut für Informatik, Leiterin der Forschungsgruppe Quality Engineering, Experte in den Bereichen Software Engineering, Softwarequalität, Requirements Engineering und Digitale Zwillinge, Co-Gründerin der Txture GmbH.

Universität Innsbruck, Institut für Informatik,
Technikerstr. 21a, 6020 Innsbruck/Österreich

Dehn, Frank, Univ.-Prof. Dr.-Ing.

Bauingenieurstudium an der Universität Karlsruhe (TH), Promotion an der Universität Leipzig, Universitätsprofessor für Baustoffe und Betonbau am Institut für Massivbau und Baustofftechnologie (IMB) und Direktor der Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (MPA) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT).

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Massivbau und Baustofftechnologie (IMB), Abt. Baustoffe und Betonbau, Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (MPA Karlsruhe),
Gotthard-Franz-Str. 3, 76131 Karlsruhe

Fenchel, Martin, Dipl.-Ing.

Bauingenieurstudium Uni Karlsruhe, 1999–2011 wissenschaftlicher Mitarbeiter und Lehrbeauftragter für Baustoffkunde und Angewandte Bauphysik am Lehrstuhl für Baustofftechnologie des KIT, Forschung in den Bereichen ZfP von Beton (Impakt-Echo Verfahren), numerische Simulation von Sulfatangriff auf Beton, unterirdische Sperrwerke zur Trinkwassergewinnung in Karstgestein, seit 2011 Entwicklungsingenieur bei Schöck Bauteile GmbH, ab 2021 Fachverantwortung Patente und neue Technologien.

Schöck Bauteile GmbH, Schöckstr. 1,
76534 Baden-Baden

Fingerloos, Frank, Prof. Dr.-Ing.

Bauingenieurstudium Hochschule für Bauwesen Cottbus, dort 1986–1990 wiss. Mitarbeiter und Promotion am Lehrstuhl Flächentragwerke und Stabilitätstheorie, 1990–2000 HOCHTIEF AG, seit 2000 beim Deutschen Beton- und Bautechnik-Verein E. V., seit 2008 öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger, seit 2008 Lehrauftrag und seit 2015 Honorarprofessur an der Technischen Universität Kaiserslautern (seit 2023 Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau).

Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E. V.,
Kurfürstenstr. 129, 10785 Berlin

Fischer, Sebastian, Dr.-Ing.

Jahrgang 1983, 2004–2019 Bauingenieurstudium und wissenschaftlicher Mitarbeiter an der TU Darmstadt, 2019 Promotion zum Thema „Aufbruch der Baugrubensohle“ am Institut und der Versuchsanstalt für Geotechnik bei Prof. Rolf Katzenbach, seit 2013 Projektleiter bei der Ingenieursozietät Professor Dr.-Ing. Katzenbach GmbH.

Ingenieursozietät Professor Dr.-Ing. Katzenbach
GmbH, Robert-Bosch-Str. 9, 64293 Darmstadt

Fischnaller, Hannes, Dipl.-Ing.

Bauingenieurstudium TU Graz, 2005–2011, seit 2011 als Tragwerksplaner tätig, seit 2022 Partner im Büro Bergmeister.

Bergmeister GmbH, Konstruktiver Ingenieurbau,
Eisackstr. 1, 39040 Vahrn/Italien

Flaig, Christine, Dr.-Ing.

Bauingenieurstudium Universität Stuttgart, 2010–2016 wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Stuttgart, 2021 Promotion am Institut für

Leichtbau, Entwerfen und Konstruieren der Universität Stuttgart, 2017–2019 Projektingenieurin bei f2k ingenieure gmbh, 2018–2019 technische Leitung bei f2k ingenieure gmbh, seit 2020 Projektleiterin bei Bergmeister Ingenieure GmbH.

Bergmeister Ingenieure GmbH, Aschauer Str. 32,
81549 München

Fuchs, Werner, Prof. Dr.-Ing.

Bauingenieurstudium Universität Karlsruhe, Promotion am Institut für Werkstoffe im Bauwesen (IWB), Universität Stuttgart, 1991–1997 Hilti, 1997–2021 IWB Universität Stuttgart, seit 2021 selbstständig, Mitglied in Normenausschüssen des DIN, CEN und ACI mit dem Schwerpunkt Befestigungstechnik im Stahlbeton- und Stahlbetonfertigteilbau.

Ingenieurbüro für Bauwesen, Haldenweg 10,
71409 Schwaikheim

Glock, Christian, Univ.-Prof. Dr.-Ing.

Bauingenieurstudium TU Darmstadt und Universität Oulu/Finnland, 2001–2004 wissenschaftlicher Mitarbeiter und Promotion Institut für Massivbau, TU Darmstadt, 1999–2017 verschiedene Funktionen Bilfinger Berger AG (heute Bilfinger SE), 2013–2017 Geschäftsführung Bilfinger Hochbau GmbH (heute Impenia Hochbau GmbH), seit 2017 Professor für Massivbau RPTU in Kaiserslautern sowie Gremienarbeit (u. a. DIN, CEN, DAfStb, DBV, DIBt, PB40, ZIA) und Nebentätigkeit (u. a. Beratung, Start-Up, Aufsichtsrat).

Rheinland-Pfälzische Technische Universität (RPTU) Kaiserslautern Landau, ehemals TU Kaiserslautern, Fachbereich Bauingenieurwesen, Fachgebiet Massivbau und Baukonstruktion,
Paul-Ehrlich-Str. 14, 67663 Kaiserslautern

Haist, Michael, Prof. Dr.-Ing.

Bauingenieurstudium Universität Karlsruhe (TH), 2001–2009 wissenschaftlicher Mitarbeiter Universität Karlsruhe, dort 2009 Promotion am Lehrstuhl für Baustoffe und Betonbau, 2009–2016 und 2018 Oberingenieur am Institut für Massivbau und Baustofftechnologie, 2016–2017 Visiting Scientist am Massachusetts Institute of Technology MIT, Cambridge, USA, seit 2019 Professor für Baustoffe an der Leibniz Universität Hannover.

Leibniz Universität Hannover, Institut für Baustoffe,
Appelstr. 9A, 30167 Hannover

Haslbeck, Matthias, M.Sc. (TUM)

2009–2015 Bauingenieurstudium TU München, 2015–2018 Projektingenieur in einem Ing.-Büro für Tragwerksplanung, seit 2018 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der UniBw München.

Universität der Bundeswehr München, Institut für konstruktiven Ingenieurbau,
Werner-Heisenberg-Weg 39, 85577 Neubiberg

Hauswaldt, Sebastian, Dr.-Ing.

Bauingenieurstudium TU Hamburg-Harburg und Uni Leipzig, 2005–2008 Prüflingenieur Feuerwiderstand Bauteile MFPA Leipzig GmbH, 2008–2012 wissenschaftlicher Mitarbeiter BAM Berlin, Promotion am Institut für Stahlbau der Leibniz Uni Hannover, 2014–2019 Leiter Geschäftsbereich baulicher Brandschutz MFPA Leipzig GmbH, Mitarbeiter in Sachverständigenausschüssen des DIBt, Obmann des Normungsausschusses für das Brandverhalten von Außenwandbekleidungen, seit 2020 geschäftsführender Gesellschafter.

IBB Hauswaldt mbH, Braustr. 24, 04107 Leipzig

Heckmann, Michael, M.Sc.

Bauingenieurstudium an der TU Kaiserslautern, seit 2018 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der RPTU in Kaiserslautern, Fachgebiet Massivbau und Baukonstruktion.

Rheinland-Pfälzische Technische Universität (RPTU) Kaiserslautern Landau, ehemals TU Kaiserslautern, Fachbereich Bauingenieurwesen, Fachgebiet Massivbau und Baukonstruktion,
Paul-Ehrlich-Str. 14, 67663 Kaiserslautern

Hennecke, Markus, Dr.-Ing.

1990–1994 Bauingenieurstudium RWTH Aachen, 1996–2000 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Massivbau der TU München, 2000 Promotion am Lehrstuhl für Massivbau der TU München, seit 2000 Geschäftsführender Gesellschafter ZM-I GmbH und seit 2001 ZMH GbR, seit 2008 Prüflingenieur für Standsicherheit (Massivbau), seit 2009 Prüfer für bautechnische Nachweise im Eisenbahnwesen (EBA), seit 2016 Vorstand der Bayerische Ingenieurekammer-Bau, seit 2018 Vizepräsident BVPI und Vorsitzender vpi-EBA.

Zilch + Müller Ingenieure GmbH,
Erika-Mann-Str. 63, 80636 München

Hondl, Timo, M.Sc.

Bauingenieurstudium an der TU Darmstadt, 2016–2018 Tragwerksplaner bei der König und Heunisch

Planungsgesellschaft (Frankfurt a. M.), seit 2018 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der RPTU in Kaiserslautern, Fachgebiet Massivbau und Baukonstruktion.

Rheinland-Pfälzische Technische Universität (RPTU) Kaiserslautern Landau, ehemals TU Kaiserslautern, Fachbereich Bauingenieurwesen, Fachgebiet Massivbau und Baukonstruktion,
Paul-Ehrlich-Str. 14, 67663 Kaiserslautern

Hron, Johannes, Dipl.-Ing.

Studium Kulturtechnik und Wasserwirtschaft an der BOKU Wien, seit 2021 Universitätsassistent an der BOKU Wien am Institut für konstruktiven Ingenieurbau.

Universität für Bodenkultur Wien (BOKU), Institut für konstruktiven Ingenieurbau, Peter-Jordan-Str. 82, 1190 Wien/Österreich

Hu, Rongbo, Dr.-Ing.

Postdoc und Lehrender am Lehrstuhl für Baurealisierung und Baurobotik der Technischen Universität München seit 2016.

Lehrstuhl für Baurealisierung und Baurobotik,
Technische Universität München, Arcisstr. 21,
80333 München

Iturralde, Kepa, Dr.-Ing.

Postdoc und Lehrender am Lehrstuhl für Baurealisierung und Baurobotik der Technischen Universität München seit 2014.

Lehrstuhl für Baurealisierung und Baurobotik,
Technische Universität München, Arcisstr. 21,
80333 München

Kämmerer, Michael, Dipl.-Ing.

Bauingenieurstudium Bauhausuniversität Weimar, 2003–2004 Tragwerksplaner ERCOSPLAN GmbH, 2004–2011 technischer Kundenberater HALFEN-DEHA GmbH, seit 2011 Produktmanagement Schöck Bauteile GmbH.

Schöck Bauteile GmbH, Schöckstr. 1,
76534 Baden-Baden

Katzenbach, Rolf, Prof. Dr.-Ing.

Bauingenieurstudium TU Darmstadt, 1976–1981 wissenschaftlicher Mitarbeiter TU Darmstadt, 1981 Promotion „Entwicklungstendenzen beim Bau und der Berechnung oberflächennaher Tunnel in bebautem Stadtgebiet“. 1990 Bestellung zum Sachverständigen,

seit 1993 Professor der TU Darmstadt, 1993–2018 Direktor des Instituts und der Versuchsanstalt für Geotechnik der TU Darmstadt.

Ingenieursozietät Professor Dr.-Ing. Katzenbach GmbH, Robert-Bosch-Str. 9, 64293 Darmstadt

Kaufmann, Fabian, M.Eng.

Studium Projektmanagement/Bauingenieurwesen an der Hochschule Biberach, 2017–2018 Bildungszentrum Holzbau, Biberach, seit 2018 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der RPTU in Kaiserslautern, Fachgebiet Massivbau und Baukonstruktion.

Rheinland-Pfälzische Technische Universität (RPTU) Kaiserslautern Landau, ehemals TU Kaiserslautern, Fachbereich Bauingenieurwesen, Fachgebiet Massivbau und Baukonstruktion, Paul-Ehrlich-Str. 14, 67663 Kaiserslautern

Kiefer, Daniela, Dr.-Ing.

Bauingenieurstudium TH Darmstadt, 1991–1995 Wissenschaftliche Mitarbeiterin und Promotion am Institut für Massivbau TH Darmstadt, 1995–1997 Tragwerksplanerin im Büro Kinkel und Partner Neuisenburg, 1997–2000 freiberufliche Tragwerksplanerin, 2000–2008 Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Massivbau und MPA TU Karlsruhe, 2008–2019 Entwicklungsingenieurin Schöck Bauteile GmbH, seit 2019 Leiterin Produktmanagement Isokorb Schöck Bauteile GmbH.

Schöck Bauteile GmbH, Schöckstr. 1, 76534 Baden-Baden

Leppla, Steffen, Prof. Dr.-Ing.

Jahrgang 1979, Bauingenieurstudium FH Frankfurt am Main und TU Darmstadt, 2007–2017 wissenschaftlicher Mitarbeiter TU Darmstadt, 2017 Promotion „Zeitvariantes Materialverhalten von granularem Steinsalz und Simulation in numerischen Modellen“, seit 2013 Projektleiter der Ingenieursozietät Professor Dr.-Ing. Katzenbach GmbH und Sachkundige Person BOStrab, 2021 Berufung zum Professor.

Frankfurt University of Applied Sciences, Nibelungenplatz 1, 60318 Frankfurt am Main

Linner, Thomas, Prof. Dr.-Ing.

Professor für Digitalisiertes Bauen mit Schwerpunkt Bauproduktion an der OTH Regensburg seit 2022; Geschäftsführer der CREDO Robotics GmbH seit 2020; Postdoc, Lehrender und Leitung Forschung und Entwicklung am Lehrstuhl für Baurealisierung und Ro-

botik an der Technischen Universität München von 2007–2022.

Fakultät für Bauingenieurwesen & Regensburg School of Digital Sciences (RSDS), Galgenbergstr. 30, 93053 Regensburg

Müller, Marc, M.Sc.

Bauingenieurstudium TU Kaiserslautern und RWTH Aachen University, seit 2019 Entwicklungsingenieur Schöck Bauteile GmbH.

Schöck Bauteile GmbH, Schöckstr. 1, 76534 Baden-Baden

Neumann, Martin, M.Sc.

Studium Management and Technology TU München, 2017–2021 Produktmanager und Produktowner Digital Business bei Festo SE, seit 2022 Head of Connected Products bei fischer.

Unternehmensgruppe fischer, Klaus-Fischer-Str. 1, 72178 Waldachtal

Pan, Wen, Dr.-Ing.

Postdoc und Lehrender am Lehrstuhl für Baurealisierung und Baurobotik der Technischen Universität München seit 2013, Gründer und Geschäftsführer der ARE23 GmbH seit 2021.

Lehrstuhl für Baurealisierung und Baurobotik, Technische Universität München, Arcisstr. 21, 80333 München

Pfaff, Klaus, Dipl.-Ing. (FH)

Bauingenieurstudium FH Würzburg, 2008–2009 Projektleiter bei Werner Sobek, 2009–2018 Projektleiter bei Knippers Helbig, seit 2018 Gruppenleiter bei ATP München.

ATP architekten ingenieure, Seidlstr. 23, 80335 München

Plautz, Christoph, B.Eng.

Bauingenieurstudium DHBW Mosbach, 2015–2018 Produktmanager Fassadensysteme fischer SystemTec, 2018–2022 Leitung Produktmanagement Fassadensysteme fischer SystemTec, seit 2022 MBA Candidate WHU Otto Beisheim School of Management Düsseldorf, seit 2023 Leitung Business Unit Fassadensysteme fischer SystemTec.

Unternehmensgruppe fischer, Klaus-Fischer-Str. 1, 72178 Waldachtal

Pürgstaller, Andreas, Dipl.-Ing. Dr.

Bauingenieurstudium TU Graz, Erasmus an Universidad de Granada (Spanien) 2005–2006, Diplomarbeit an University of British Columbia (Kanada), Projekt-Ingenieur Werner Sobek Stuttgart, 2008–2012, Doktorat an Universität für Bodenkultur Wien, Forschungsaufenthalt an University of Canterbury (Neuseeland) 2015–2016, seit 2017 Projektleiter bei Bergmeister Ingenieure GmbH München, seit 2021 Geschäftsführer und Partner.

Bergmeister Ingenieure GmbH, Aschauerstr. 32, 81549 München

Ristov, Sashko, PhD, Ass.-Prof.

Informatikstudium Universität Ss. Cyril und Methodius in Skopje, Nordmazedonien, 2012 Promotion an der Universität Ss. Cyril und Methodius in Skopje, seit 2022 Assistenzprofessor an der Universität Innsbruck, Institut für Informatik, Forschungsgruppe Quality Engineering, Experte in den Bereichen Cloud Engineering, Federation, Performance Modeling, Optimization, Simulation, Resilience und Digitale Zwillinge.

Universität Innsbruck, Institut für Informatik, Technikerstr. 21a, 6020 Innsbruck/Österreich

Ruppert, Simon, Dipl.-Ing.

Bauingenieurstudium an der TU Darmstadt, 2006–2007 Haag Ingenieur GmbH, Darmstadt, seit 2007 bei Bollinger+Grohmann, seit 2012 Partner, seit 2013 Geschäftsführer, seit 2019 Beratender Ingenieur.

Bollinger+Grohmann, Westhafenplatz 1, 60327 Frankfurt am Main

Sauerwein, Clemens, PhD, Ass.-Prof.

Informatikstudium, Technische Universität Wien, Wirtschaftsinformatikstudium, Universität Innsbruck, 2018 Promotion an der Universität Innsbruck, seit 2021 Assistenzprofessor an der Universität Innsbruck, Institut für Informatik, Forschungsgruppe Quality Engineering, Experte im Bereich Security Engineering, Threat Intelligence Sharing, Information Security Risk Management, Software Engineering, Information Systems.

Universität Innsbruck, Institut für Informatik, Technikerstr. 21a, 6020 Innsbruck/Österreich

Schack, Tobias, Dr.-Ing.

Bau- und Umweltingenieurstudium an der Leibniz Univ. Hannover, seit 2016 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Baustoffe der Leibniz Univ. Hannover, 2022 Promotion am Institut für Baustoffe der

Leibniz Univ. Hannover, seit 2020 Leitung der Arbeitsgruppe „Betontechnologie“ am Institut für Baustoffe der Leibniz Univ. Hannover.

Leibniz Universität Hannover, Institut für Baustoffe, Appelstr. 9A, 30167 Hannover

Schlicke, Dirk, Univ.-Prof. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Dr. techn.

Wirtschaftsingenieurstudium Fachrichtung Bauwesen Universität Leipzig, 2014 Promotion am Institut für Betonbau der TU Graz, 2015–2020 Assistenzprofessor und Habilitation an der TU Graz, 2013–2019 diverse Auslandsaufenthalte als Gastdozent und Gastprofessor an der NTNU Trondheim, University of Minho, University of Porto und ATP München, seit 10/2022 Univ.-Prof. und Vorstand des Instituts für Betonbau der TU Graz.

Institut für Betonbau, Technische Universität Graz, Lessingstr. 25, 8010 Graz/Österreich

Schmitt, Roger, Dipl.-Ing. (TH), Oberbauleiter

1981–1987 Bauingenieurstudium TH Darmstadt; 1987–2011 Bilfinger Berger AG, Niederlassung Frankfurt am Main; 2011– 016 Ed. Züblin AG, Direktion Mitte, Frankfurt am Main; seit 2016 GP Con GmbH.

GP Con GmbH, Senckenberganlage 21, 60325 Frankfurt am Main

Schnellenbach-Held, Martina, Univ.-Prof. Dr.-Ing.

1982–1988 Studium des Bauingenieurwesens an der Ruhr-Universität Bochum, 1988–1992 wiss. Mitarb. am Lehrstuhl für Statik und Dynamik der Ruhr-Universität Bochum, 1991 Promotion, 1992–1997 bei Philipp Holzmann AG Düsseldorf tätig in Tragwerksplanung, Projekt-, Gruppen-, Bauleitung, 1997–2004 Univ.-Prof. für Massivbau an der TU Darmstadt, seit 2004 Univ.-Prof. für Massivbau an der Universität Duisburg-Essen, Mitglied im Arbeitskreis Bauinformatik und im Sachverständigenausschuss des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) „Verstärken von Betonbauteilen“, 2001–2013 Funktionen in der Internationalen Vereinigung für Brücken- und Hochbau (IVBH/IABSE).

Universität Duisburg-Essen, Institut für Massivbau, Universitätsstr. 15, 45141 Essen

Steiner, Daniel, M.Sc.

2005–2011 Studium des Bauingenieurwesens an der Universität Duisburg-Essen, seit 2011 wissenschaftlicher Mitarbeiter Universität Duisburg-Essen.

Universität Duisburg-Essen, Institut für Massivbau, Universitätsstr. 15, 45141 Essen

Tschuchnigg, Franz, Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn.

Bauingenieurstudium TU Graz, 2007–2012 wissenschaftlicher Mitarbeiter und Lehrbeauftragter an der TU Graz, 2012 Promotion am Institut für Bodenmechanik, Grundbau und numerische Geotechnik der TU Graz, 2020 Habilitation an der TU Graz, seit 2019 Head of the Computational Geotechnics Group an der TU Graz.

Institut für Bodenmechanik, Grundbau und numerische Geotechnik, Technische Universität Graz, Rechbauerstr. 12, 8010 Graz/Österreich

Voit, Klaus, Ass.-Prof. MMMag. Dipl.-Ing. Dr.

Studium der Geologie und technischen Geologie an der Universität Wien und TU Wien, 2013 Promotion am Institut für Konstruktiven Ingenieurbau (BOKU), seit 2018 Assistenz-Professor mit Schwerpunkt Ingenieurgeologie, Georessourcen und Geothermie am Institut für Angewandte Geologie (BOKU).

Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Angewandte Geologie, Peter-Jordan-Str. 82, 1190 Wien/Österreich

Vötter, Valentina, Dott. Ing.

Bauingenieurstudium Università degli Studi di Padova, Master in Global BIM Management for Infrastructure Projects Universität de Barcelona, seit 2020 freiberufliche BIM-Konsulentin, seit 2020 BIM-Managerin im Ingenieurbüro Bergmeister.

Bergmeister GmbH, Eisackstr. 1, 39040 Vahrn/Italien

Wacker, Jürgen, Prof. Dipl.-Ing.

1979–1986 Bauingenieurstudium Universität (TH) Karlsruhe, 1986–1992 Sonderforschungsbereich 210 „Strömungsmechanische Bemessungsgrundlagen für Bauwerke“ an der Universität (TH) Karlsruhe, 1992 Geschäftsführer des SFB 210, 1992 Gründung von Wacker Ingenieure – Wind Engineering in Birkenfeld, 2009–2012 Lehrauftrag an der Frankfurt University of Applied Sciences für den Masterstudiengang „Zukunftssicheres Bauen“, 2012–2023 Honorarprofessur Wind Engineering an der Frankfurt University of Applied Sciences, 1992–2023 Gesellschafter und Geschäftsführer von Wacker Ingenieure Wind Engineering.

Wacker Ingenieure GmbH – Wind Engineering, Gewerbestr. 2, 75217 Birkenfeld

Wiens, Udo, Prof. Dr.-Ing.

Bauingenieurstudium an der RWTH Aachen, 1991–2000 wiss. Mitarbeiter, Leiter der Arbeitsgruppe „Beton“ und stellvertretender Betriebsleiter im Institut

für Bauforschung der RWTH Aachen (ibac), 2004 Promotion am ibac, 2001–2009 Leiter der Geschäftsstelle des DAfStb im DIN e. V., seit 2009 Geschäftsführer des DAfStb e. V., seit 2011 Lehrbeauftragter und seit 2019 Honorarprofessor an der TU Kaiserslautern.

Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e. V.,
Budapester Str. 31, 10787 Berlin

Wimmer, Johannes, M.Eng.

2012–2018 Bauingenieurstudium Hochschule München, 2019–2021 Tragfunktionsanalyse Produktentwicklung bei PERI GmbH, seit 2021 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der UniBw München.

Universität der Bundeswehr München, Institut für konstruktiven Ingenieurbau,
Werner-Heisenberg-Weg 39, 85577 Neubiberg

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

Bauingenieurstudium TU Berlin, TH Darmstadt, 1979–1990 Ingenieurbüro König und Heunisch, 1985 Promotion TH Darmstadt, 1990–1995 Prof. für Massivbau TH Darmstadt, 1994 Prüflingenieur für Baustatik, seit 1994 Ingenieurbüro wörner nordhues engineering GmbH, 1995 Prof. für Statik und Dynamik der Tragwerke, 1995–2007 Präsident der TH/TU Darmstadt, 2007–2015 Vorstandsvorsitzender DLR, 2015–2021 ESA Generaldirektor, seit 2021 Präsident acatech.

wörner nordhues engineering GmbH,
Gräfenhäuser Str. 36, 64293 Darmstadt

Wüchner, Roland, Prof. Dr.-Ing. habil.

1995–2000 Bauingenieurstudium TU München (TUM), 2000–2006 wissenschaftlicher Assistent an der TUM, 2006 Promotion am Lehrstuhl für Statik der TUM, 2006–2011 Akad. Rat/Postdoc, 2011–2021 Stellv. Lehrstuhlleiter des Lehrstuhls für Statik, TUM, 2017–2021 Privatdozent für Fachgebiet „Statik und Dynamik“, 2016–2021 Full Research Professor am CIMNE, seit 2021 Visiting Research Professor am CIMNE in Barcelona, seit 2021 Professor und Institutsleiter des Instituts für Statik und Dynamik an der TU Braunschweig.

Institut für Statik und Dynamik (ISD), Technische Universität Braunschweig, Beethovenstr. 51, 38106 Braunschweig

International Centre for Numerical Methods in Engineering (CIMNE), Campus Nord UPC, C/ Gran Capità, s/n, 08034 Barcelona/Spanien