
Handbuch Brücken

Gerhard Mehlhorn • Manfred Curbach
Herausgeber

Handbuch Brücken

Entwerfen, Konstruieren, Berechnen,
Bauen und Erhalten

Mit Beiträgen von Francesco Aigner, Hugo Bachmann, Stephanie Breunig, Manfred Curbach, Annette Detzel, Richard J. Dietrich, Eva-Maria Eichinger-Vill, Ekkehard Fehling, Ursula Freundt, Thomas Fritsche, Gerhard Girmscheid, Christian Gläser, Karl Goj, Gunter Hauf, Karlheinz Haveresch, Dirk Hölzer, Masaaki Hoshino, Thomas Jahn, Manfred Keuser, Johann Kollegger, Ludolf Krontal, Ulrike Kuhlmann, J. S. Han Leendertz, Ulf Lichte, Michael Link, Ingbert Mangerig, Steffen Marx, Gerhard Mehlhorn, Christian Menn, Harald Michler, Guido Morgenthal, Joachim Naumann, Günter Ramberger (†), Peter Ruse (†), Silke Scheerer, Jürgen Stritzke, Matthias Weiland und Marc Wenner

3. Auflage

 Springer Vieweg

Herausgeber
Gerhard Mehlhorn
Universität Kassel
Kassel, Deutschland

Manfred Curbach
TU Dresden
Dresden, Deutschland

ISBN 978-3-658-03339-2 ISBN 978-3-658-03342-2 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-658-03342-2

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2007, 2010, 2014

Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Lektorat: Ralf Harms, Annette Prenzer

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Springer Vieweg ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer-vieweg.de

Vorwort

Das erfreuliche große Interesse an den beiden 2007 und 2010 erschienenen Auflagen des Handbuchs *Brücken* sowie zahlreiche Neuerungen in Forschung, Normung und Baupraxis rechtfertigen bereits die nun vorliegende dritte Auflage in relativ kurzer Zeit. Da wurde das Buch grundlegend aktualisiert und beispielsweise auf die aktuellen Fassungen der *EUROCODES* umgestellt. Das vorliegende Werk entspricht damit hinsichtlich der Regelwerke dem Stand des Wissens und der Technik von 2014. Mit dem Hinzuziehen eines zweiten Herausgebers wurde zudem eine wichtige Weichenstellung für die zukünftige Weiterführung des Werks vorgenommen.

Neben der gründlichen Überarbeitung der zweiten Auflage des Buchs wurde im aktualisierten Kapitel 1 für die Abschnitte 1.1 bis 1.5, 1.10 und 1.11 Herr Prof. Dr.-Ing. Guido Morgenthal, Fachgebiet Modellierung und Simulation – Konstruktion – an der Bauhaus-Universität Weimar, als weiterer Koautor gewonnen und zusätzlich wird auf neuere Entwicklungen eingegangen. Neu aufgenommen sind die Abschnitte 1.6 bis 1.9. Der Abschnitt 1.6 – *Integrale und semiintegrale Brücken* – ist von den Herren Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx und Dipl.-Ing. Marc Wenner, beide vom Institut für Massivbau der Leibniz Universität Hannover, verfasst. Für den Abschnitt 1.7 – *Entwicklungen in der Bauweise mit verbundlosen Spanngliedern sowie der zugehörigen Systeme* – konnten die Herren MR Dipl.-Ing. Karl Goj, Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Inneren, Prof. Dr.-Ing. Thomas Fritsche, Fritsche Ingenieure, Deggendorf, und Dr.-Ing. Christian Gläser, Dywidag Systems International GmbH, Unterschleißheim, als Autoren gewonnen werden. Der Abschnitt 1.8 – *Brücken aus Textilbeton* – wird von Frau Dr.-Ing. Silke Scheerer und sowie den Herren Dr.-Ing. Harald Michler und Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Manfred Curbach, Institut für Massivbau der Technischen Universität Dresden, beigetragen. Den Abschnitt 1.9 – *Nachrechnung von Brücken – Erfahrungen und Folgerungen* – verfasste Herr Dr.-Ing. Karlheinz Haveresch, Landesbetrieb Straßenbau des Landes Nordrhein Westfalen, NL Ruhr – Haus Essen, Projektgruppe Brückenertüchtigung.

Der Abschnitt 1.6 des Kapitels 1 der 2. Auflage des Handbuchs – *Gestaltung von Brücken, Wettbewerbe, Brückenbaupreise* –, verfasst von Herrn Ministerialrat i. R. Dipl.-Ing. Joachim Naumann, ehemals Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Referat S 18, Bonn, wird nun als Kapitel 2 eingeordnet. Damit verschieben sich die darauffolgenden Kapitelnummern. Über die in den Jahren 2006 bis 2014 vom Verband Beratender Ingenieure (VBI) und von der Bundesingenieurkammer ausgelobten *Brückenbaupreise* – seit 2014 unter der Schirmherrschaft der Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur BMVI – und auf die von den Preisrichterkollegien ausgewählten, ausgezeichneten *Brücken* wird ebenfalls in diesem Kapitel eingegangen.

Ins Kapitel 5 – *Querschnittsgestaltung* –, Abschnitt 5.2 – *Querschnittsgestaltung in Abhängigkeit vom verwendeten Werkstoff* – wird der in der 2. Auflage enthaltene Abschnitt *Holzbrücken* durch den neuen Abschnitt 5.2.4, der von Herrn Dipl.-Ing. Richard J. Dietrich, Büro für Ingenieur-Architektur, Traunstein, verfasst wurde, ersetzt. Frau Dipl.-Ing. Stephanie Breunig, Institut für Konstruktion und Entwurf der Universität Stuttgart, ist in

der vorliegenden Auflage an den Abschnitten 5.2.3 – *Querschnittsgestaltung in Abhängigkeit vom verwendeten Werkstoff*, *Verbundbrücken* –, 6.2.4 – *Balkenbrücken als Verbundbrücken oder Mischkonstruktionen* –, 6.3.3 – *Rahmenbrücken als Verbund- und Mischkonstruktionen* – und 6.5.4 – *Bogenbrücken als Verbund- und Mischkonstruktionen* – als weitere Koautorin beteiligt.

Ins Kapitel 6 – *Haupttragwerke der Überbauten* – sind die neuen Abschnitte 6.2.2 – *Semi-integrale Brücken* – von den Herren Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx und Dipl.-Ing. Marc Wenner ausgearbeitet und 6.4 – *Vorspannung mit verbundlosen internen Spanngliedern* – von den Herren MR Dipl.-Ing. Karl Goj, Prof. Dr.-Ing. Thomas Fritsche und Dr.-Ing. Christian Gläser verfasst, aufgenommen worden. Die Abschnitte 6 – *Lagerung* – und 10.2 – *Lager* – in den beiden vorangegangenen Auflagen, verfasst von Frau Prof. Dr.-Ing. Ursula Freundt, Fachgebiet Verkehrsbau der Bauhaus-Universität Weimar, wurden nun im Abschnitt 7 – *Lager und Lagerung von Brücken* – zusammengefasst und von Frau Prof. Dr.-Ing. Ursula Freundt und Herrn Dr.-Ing. J. S. Han Leendertz, Rotterdam, gemeinsam verfasst.

Im Kapitel 9 – *Berechnung* –, Abschnitt 9.4 – *Ausgewählte Nachweise bei einer Verbundbrücke* – und im Kapitel 10 – *Herstellung und Ausführungsmethoden* –, Abschnitt 10.3 – *Brücken in Verbund- und Mischkonstruktionen* – ist nun Herr Dr.-Ing. Gunter Hauf, Institut für Konstruktion und Entwurf der Universität Stuttgart, als weiterer Koautor beteiligt. Der Abschnitt 8.5.7 – *Berechnungsbeispiel, über drei Felder durchlaufende, vorgespannte Plattenbrücke* – der beiden vorangegangenen Auflagen des Handbuchs wird wegen der Aktualität in der vorliegenden Auflage durch den von den Herren Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx und Dipl.-Ing. Marc Wenner verfassten Abschnitt 9.5.7 – *Besonderheiten bei der Bemessung von semiintegralen Brücken* – ersetzt. Interessierte am Berechnungsbeispiel einer durchlaufenden, vorgespannten eton-Plattenbrücke werden auf die 1. und 2. Auflage des Handbuchs verwiesen. Für den Abschnitt 9.6 – *Berechnung von Unterbauten* – wurde Herr Dipl.-Ing. Dirk Hölzer vom Ingenieurbüro Prof. Dr.-Ing. U. Freundt, Weimar, als Koautor gewonnen.

Das Kapitel 12 wurde durch den von den Herren Prof. Dr.-Ing. Michael Link und Dr.-Ing. Matthias Weiland, Institut für Baustatik und Baudynamik / Baumechanik u. Baudynamik der Universität Kassel, verfassten neuen Abschnitt 12.7.6 – *Dauerüberwachung mit Hilfe von experimentellen Schwingungstestdaten am Beispiel der Gärtnerplatzbrücke in Kassel* – ergänzt.

Zur Zielstellung, zum Inhalt des Buchs und zur Einteilung wird auf das Vorwort zur ersten Auflage verwiesen. Die im Buch enthaltenen Zahlenbeispiele wurden entsprechend dem aktualisierten Stand der Regelwerke überarbeitet.

Dem Rezensenten zur zweiten Auflage des Buchs, Herrn Prof. Dr.-Ing. Karsten Geisler, Fachgebiet Entwerfen und Konstruktion – Stahlbau – der Technischen Universität Berlin, sei herzlich gedankt.

Allen Autorinnen und Autoren des Buchs sowie Herrn Dipl.-Ing. Ralf Harms und Frau Annette Prener vom Verlag Springer Vieweg und dem Team von le-tex, Leipzig, namentlich Herrn Stephan Schwindke sei dafür gedankt, dass das Buch in der vorliegenden Fassung erscheinen kann. Möge es von den Lesern wiederum gut aufgenommen werden und Anregungen zur Gestaltung und Konstruktion guter Brücken geben.

Schließlich danken wir ganz besonders Frau Dr.-Ing. Silke Scheerer für ihre wertvolle, kompetente, engagierte und umsichtige Unterstützung bei der redaktionellen Mitarbeit bei der Bearbeitung der Fassung dieser Auflage des Handbuchs.

Vorwort zur zweiten Auflage

Das große Interesse an der 2007 erschienenen ersten Auflage des Buchs rechtfertigt die zweite Auflage nach nur drei Jahren. Dabei wurden die aktualisierten Fassungen der DIN-Fachberichte, die Ausgaben des DIN-FB 100, 2005 und der DIN-FBe 101-104, 2009 ebenso wie verschiedene aktualisierte Regelwerke berücksichtigt. Das Buch entspricht hinsichtlich der Regelwerke damit dem Stand vom Sommer 2009.

Neben der gründlichen Überarbeitung der ersten Auflage des Buchs wird im aktualisierten Kap. 1 zusätzlich auf die neuere Entwicklung der Verwendung von Ultra-Hochleistungsbeton (Ultra High Performance Concrete – UHPC) im Brückenbau eingegangen. Des Weiteren ist im Kap. 1 ein neuer Abschnitt *Gestaltung von Brücken, Wettbewerbe, Brückenbaupreise* aufgenommen worden. Als Autor dieses Abschnitts konnte Herr Ministerialrat Dipl.-Ing. Joachim Naumann, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Referat S 18, Bonn, gewonnen werden. In den Jahren 2006 und 2008 wurden, unter der Schirmherrschaft der Bundesverkehrsministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin, vom Verband Beratender Ingenieure (VBI), Berlin, und von der Bundesingenieurkammer, Berlin, ausgelobte Brückenbaupreise vergeben. Über die von den Preisrichterkollegien ausgewählten, für die Preisvergaben nominierten und ausgezeichneten Brücken wird in Abschn. 1.6.8 von den maßgeblichen Entwurfsverfassern berichtet. Ihnen sei dafür gedankt.

In Kap. 11 wurden zwei neue Abschnitte, nämlich *Schäden an Stahl- und Verbundbrücken*, verfasst von Francesco Aigner, und *Kontinuierliche, rechnergestützte Dauerüberwachung*, verfasst von Eva-Maria Eichinger-Vill und Johann Kollegger, aufgenommen. Das zuletzt genannt Thema wird häufig auch *Monitoring* genannt.

Zur Zielstellung, zum Inhalt und zur Einteilung des Buches wird auf das Vorwort zur ersten Auflage verwiesen. Vom Vorgenannten abgesehen hat sich daran nichts geändert. Die im Buch enthaltenen Zahlenbeispiele wurden aber entsprechend dem aktualisierten Stand der Regelwerke überarbeitet.

Den Rezensenten zur ersten Auflage des Buchs und für die Zuschriften, genannt seien hier insbesondere Frau Dr.-Ing. Doris Greiner-Mai, Schriftleiterin der *Bautechnik*, Herr Dipl.-Ing. Erich Fiedler, Kleinmachnow, mein Bruder, Prof. Dr.-Ing. Dieter-Jürgen Mehlhorn, Kiel, und Herr Dipl.-Ing. Eberhard Pelke, Hessisches Landesamt für Straßen- und Verkehrswesen, Wiesbaden, danke ich ganz herzlich für ihre Hinweise.

Dem Herausgeber obliegt die traurige Bekanntgabe, dass einer der maßgeblichen Autoren des Buchs, Herr Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. *Günter Ramberger* im Februar 2009 gestorben ist. Günter Ramberger wird den Autoren des Buchs und mir stets in bester Erinnerung bleiben. Er war ein besonders angesehener, erfolgreicher und liebenswerter Kollege, Hochschullehrer und Ingenieur. Mit ihm und Herrn Professor Kollegger habe ich 1999 anlässlich meiner Gastprofessur an der Technischen Universität Wien die Grundkonzeption des Buchs und die Auswahl der Autoren für die einzelnen Kapitel vorbesprochen.

Wir beklagen auch den unerwarteten Tod von Herrn Dipl.-Ing. Peter Ruse, der im August 2009 gestorben ist. Auch er wird den Autoren des Buchs und mir stets in bester Erinnerung bleiben. Er war maßgeblich an der Ausarbeitung des zweiten Kapitels beteiligt.

Den Autorinnen und Autoren des Buchs, den Kollegen von le-tex publishing services GmbH Leipzig, hier sei Herr Patrick Waltemate genannt, und vor allem dem Springer-Verlag, hier besonders Herrn Dipl.-Ing. Thomas Lehnert und Frau Sigrid Cuneus, beide Berlin, und Frau Cornelia Kinsky, Heidelberg, sei dafür gedankt, dass das Buch in der vorliegenden Fassung erscheinen kann. Möge es von den Lesern wiederum gut aufgenommen werden und Anregungen zur Gestaltung guter Brücken geben.

Schließlich danke ich ganz besonders meiner lieben Frau Ursel für ihre stets wertvolle, ideelle und aktive Unterstützung und für das Verständnis, dass ich viel Zeit in die Entstehung des Buchs verwendet habe.

Kassel, Januar 2010

Gerhard Mehlhorn

Vorwort zur ersten Auflage

Das Buch soll dem mit dem Bau von Brücken befassten Bauingenieur und der Bauingenieurin in weitestgehendem Umfang einen Überblick über das erforderliche Grund- und Fachwissen für das Entwerfen, Konstruieren, Berechnen, Bauen und Erhalten von Brücken nach heutigem Kenntnisstand geben. Auch für Studierende des Bauingenieurwesens soll es ein Lehrbuch zum Brückenbau sein und einen Überblick über mögliche Problemlösungen geben, und es mag auch als Ergänzung zu den an den Universitäten und Fachhochschulen gebotenen Vorlesungen, Übungen, Studien- und Diplomarbeiten dienen. Einige Kapitel dürften auch für am Brückenbau und seiner Entwicklung Interessierte, die nicht Bauingenieure sind, lehrreich sein.

Dabei ist es die Überzeugung des Herausgebers, der Autorinnen und der Autoren des Buchs, dass die Probleme des Brückenbaus nicht vorrangig materialspezifisch sind. Sie sind bei Verwendung verschiedener Materialien in mehrfacher Hinsicht die gleichen, wenn sich auch bezüglich der konstruktiven Ausbildung, insbesondere der Detaillösungen, der Fertigung im Werk und der Herstellung vor Ort, also auf der Baustelle, bei der Verwendung verschiedener Materialien durchaus unterschiedliche Problemlösungen ergeben. Natürlich gibt es materialspezifisch auch bei den Berechnungen und Bemessungen der Brücken teilweise unterschiedliche Vorgehensweisen.

Um Ingenieure, die sich im Brückenbau vielfach als Ingenieurbaukünstler erwiesen haben, aus der Anonymität herauszuholen, wird in diesem Buch auch darauf Wert gelegt, wenn bekannt, die für Entwürfe und den Bau der Brücken verantwortlichen Ingenieure, beteiligte Architekten sowie Baufirmen und Unternehmen zu nennen.

Das Buch ist in dreizehn Kapitel unterteilt. Im ersten Kapitel wird ein Überblick über die Entwicklung des Brückenbaus vom Altertum bis zum modernen Brückenbau gegeben. Es ist uns ein Anliegen, auf die ausgezeichneten Brücken der vergangenen Jahrhunderte, ja Jahrtausende, zurückzublicken und von den Ingenieuren, die diese Bauwerke entwarfen und bauten, zu lernen und uns zu bemühen, auf deren grundlegenden Ideen aufbauend den modernen Brückenbau mit den heute vielfältig besseren Möglichkeiten laufend weiterzuentwickeln und ganz neue Lösungen zu finden.

Im zweiten Kapitel wird auf die verschiedenen Aufgaben, vom Entwurf bis zur Erhaltung und Ertüchtigung der Brücken, der in den Bauverwaltungen, Ingenieurbüros, Unternehmungen und Baufirmen im Brückenbau tätigen Ingenieure eingegangen.

Im dritten Kapitel wird das Entwerfen der Brücken, das für den Bau, die Kosten, das Erscheinungsbild mit ihrer Einbindung in die Umwelt und die Dauerhaftigkeit der Brücken von ausschlaggebender Bedeutung ist, behandelt. Es wird dabei zunächst auf die zu beachtenden Grundlagen und die Ziele des Entwerfens eingegangen. Anschließend werden im Abschnitt 3.8 von zwölf eingeladenen Ingenieuren beispielhaft die von ihnen gewählten Entwurfskonzepte für ausgewählte, besonders gelungene Brücken erläutert.

In den Kapiteln 4 und 5 werden die Querschnittsgestaltungen und die Systeme der Haupttragwerke der Überbauten behandelt. Diese sind sowohl vom System und der Funktion als auch vom für den Bau der Brücke verwendeten Werkstoff abhängig und dementsprechend unterschiedlich. Auch in diesen Kapiteln werden verschiedene Entwicklungen des Brückenbaus aufgezeigt.

Im sechsten Kapitel wird die Lagerung der Brücken, die die Überbauten mit den Unterbauten verbindet, erläutert. Es wird dabei unter anderem sowohl auf die Aufgaben der Lagerung (einschließlich der Erdbebenisolation), die Wahl der Lagerung, Grundsätzliches zur Ermittlung der Kräfte und Bewegungen, die Lagerwiderstände als auch auf Messungen von Lagerkräften und Bewegungen und auf Besonderheiten beim Einbau von Lagern eingegangen. Im darauf folgenden siebten Kapitel werden die Unterbauten (Gründungen, Widerlager und Pfeiler) und die mit den Unterbauten zusammenhängenden Fragen behandelt.

Im achten Kapitel wird Grundlegendes zur Berechnung sowohl der Über- als auch der Unterbauten der Brücken ausgeführt und an zahlreichen Beispielen die Berechnungen verschiedener, ausgewählter Probleme, wie sie bei Brücken aus Stahl, Beton und im Verbundbau auftreten, erläutert. Auch Berechnungsbeispiele von Unterbauten sind enthalten. Auf spezielle Probleme des Brückenbaus, wie Temperatur-, Schwingungs- und Erdbebeanspruchung, wird ebenfalls eingegangen.

Bereits beim Entwerfen, aber auch bei der konstruktiven Bearbeitung ist es unabdingbar, den Bau der Brücke, d. h. den Herstellungsvorgang im Werk und auf der Baustelle, zu berücksichtigen, weshalb den für den Brückenbau besonders wichtigen Herstellungs- und Ausführungsmethoden im neunten Kapitel breiter Raum geschenkt wird.

Im zehnten Kapitel werden die Brückenausrüstungen erläutert, also die Fahrbahnausbildung und Dichtung, die verschiedenen Arten der Lager, die Fahrbahnübergänge, Schutzeinrichtungen, Kappen, Geländer, die Brückenentwässerung, die Beleuchtung, die Unterbringung der Versorgungsleitungen und schließlich die Lärmschutzanlagen.

Zu den wichtigsten Aufgaben im heutigen Brückenbau zählen bereits heute die Überwachung, Bewertung, Beurteilung, Erhaltung und Brückeninstandsetzung sowie in Einzelfällen die Ertüchtigung der bestehenden Brücken, und sie werden zunehmend noch größere Bedeutung erlangen. Auf diese Problematik wird deshalb in den abschließenden drei Kapiteln 11 bis 13 ausführlich eingegangen. Wichtig ist dabei, den nötigen Umfang und die Zeitabstände der erforderlichen Bauwerksüberprüfungen festzulegen und deren einheitliche Qualität zu formulieren. Der weiteren Entwicklung von zerstörungsfreien Prüfverfahren kommt dabei eine große Bedeutung zu. Dabei sind Ergebnisse von gemessenen Formänderungen mit den vorausgerechneten Werten zu vergleichen, um qualitative und quantitative Aussagen über den Bauwerkszustand geben zu können.

Auch wenn der Herausgeber dieses Buches von Anfang an und während der Entstehung der einzelnen Kapitel stets bemüht war, die Inhalte aufeinander abzustimmen und diese aus seiner Sicht zum Teil zu beeinflussen, liegt die Verantwortung für die Inhalte der verschiedenen Kapitel und Abschnitte bei den jeweiligen Autorinnen und Autoren. Das Buch ist über einen Zeitraum von sieben Jahren erarbeitet worden. Deshalb entsprechen die in den verschiedenen Texten angegebenen Versionen der Regelwerke den Zeitpunkten der Fertigstellungen der einzelnen Kapitel und Abschnitte. Die Regelwerke befinden sich in laufender Fortschreibung, so dass sich manche Regelwerke bereits in einigen Details geändert haben können und auch in Zukunft laufend den neueren Erkenntnissen angepasst werden. Es ist deshalb notwendig, bei den konstruktiven Durchbildungen und Be-

rechnungen der Brücken stets die dem aktuellen Stand der Technik entsprechenden Regelwerke zu beachten.

Den Autorinnen und Autoren des Buchs, den Kollegen, die zum Abschnitt 3.8 beigetragen haben, allen, die Bilder zur Verfügung gestellt haben, den Herren Reinhold Schöberl, Peter Grumbach und Gerhard Hopfenmüller von der Fotosatz-Service Köhler GmbH und vor allem dem Springer-Verlag, hier besonders Herrn Dipl.-Ing. Thomas Lehnert und Frau Sigrid Cuneus, sei dafür gedankt, dass das Buch in der vorliegenden Fassung erscheinen kann. Möge es von den Lesern gut aufgenommen werden und Anregungen zur Gestaltung guter Brücken geben.

Abschließend danke ich ganz besonders meiner lieben Frau Ursel für ihre stets wertvolle, ideelle und aktive Unterstützung während meines gesamten Berufslebens und auch für das Verständnis, dass ich, sicher aus ihrer Sicht über viele Jahre zu viel Zeit in die Entstehung des Buchs verwendet habe.

Kassel, August 2006

Gerhard Mehlhorn

Inhaltsverzeichnis

Autorenverzeichnis	XX	1.7.2	Erfordernis für intern verbundlose Vorspannung im Brückenbau	114	
1	Brückenbau auf dem Weg vom Altertum zum modernen Brückenbau. Aktuelle Entwicklungen	1	1.7.3	Typen von intern verbundlosen Spanngliedern	116
1.1	Einführung	1	1.8	Brücken aus Textilbeton .	118
1.2	Brücken im Altertum	2	1.8.1	Der Baustoff Textilbeton .	118
1.2.1	Brücken in China	2	1.8.2	Textilbeton im Brückenbau	120
1.2.2	Brücken in Griechenland, in den persischen Großreichen und in Mesopotamien	9	1.8.3	TRC zur Brückenertüchtigung	124
1.2.3	Römische Brückenbaukunst	14	1.8.4	Fazit und zukünftige Entwicklungen	125
1.3	Brücken im Mittelalter	23	1.9	Nachrechnen und Verstärken von Straßenbrücken – Erfahrungen und Folgerungen	126
1.4	Brücken von der Renaissance bis zur Gegenwart	33	1.9.1	Einleitung	126
1.4.1	Steinbrücken	33	1.9.2	Nachrechnungsverfahren .	128
1.4.2	Holzbrücken	38	1.10	Bemerkungen zur Gestaltung von Brücken .	156
1.4.3	Eisen- und Stahlbrücken ..	43	1.11	Ausgewählte Brücken mit historischen Bezügen	163
1.4.4	Bogen-, Balken- und Rahmenbrücken aus Beton	77	2	Gestaltung von Brücken, Wettbewerbe, Brückenbaupreise	167
1.4.5	Moderne Schrägkabelbrücken	93	2.1	Vorbemerkung	167
1.5	Brücken aus Hochleistungsbeton	99	2.2	Baukultur	170
1.6	Integrale und semintegrale Bauweise	102	2.3	Initiative Baukultur und Stiftung Baukultur	170
1.7	Entwicklungen in der Bauweise mit verbundlosen Spanngliedern sowie der zugehörigen Systeme	111	2.4	Gestaltungsmöglichkeiten für Brücken	172
1.7.1	Historische Entwicklung der Bauweise mit verbundlosen Spanngliedern	111	2.5	Planungswettbewerbe im Brückenbau	174

2.6	Wettbewerbe und Preise	178	3.2.5	Hinweise zur Bauwerksgründung	264
2.7	Deutscher Brückenbaupreis	179	3.2.6	Hinweise zu den Unterbauten	265
2.8	Gewinner und Nominierte für den Deutschen Brückenbaupreis 2006 bis 2014	182	3.2.7	Hinweise zu Lagerung und Beweglichkeit	266
2.9	Beschreibung der mit dem Deutschen Brückenbaupreis 2006 bis 2014 ausgezeichneten Bauwerke	213	3.2.8	Hinweise zu Brückenentwässerung und Abdichtung	266
2.9.1	Talbrücke Wilde Gera, Thüringen	214	3.2.9	Hinweise zu Bau- und Herstellungsverfahren	266
2.9.2	La-Ferté-Steg Stuttgart-Zuffenhausen	218	3.3	Genehmigungsplanung	268
2.9.3	Die Humboldthafenbrücke in Berlin	222	3.4	Ausschreibung	268
2.9.4	Dreiländerbrücke Weil am Rhein (D) – Huningue (F)	226	3.4.1	Ausschreibung mit Mengenermittlung	268
2.9.5	Elbebrücke Mühlberg	230	3.4.2	Randbedingungen für Sonderentwürfe	270
2.9.6	Seebrücke in Sassnitz	236	3.4.3	Funktionale Ausschreibung	270
2.9.7	Scherkondetalbrücke bei Weimar	240	3.4.4	Verpflichtung zur Eindeutigkeit	270
2.9.8	Blaue Welle Flöha	242	3.5	Angebotsbearbeitung	271
2.9.9	Gänsebachtalbrücke bei Weimar	246	3.6	Submission	272
2.9.10	Erbasteg in Bamberg	250	3.7	Vergabe	272
3	Ingenieuraufgaben im Brückenbau	255	3.8	Ausführungsplanung	272
3.0	Vorbemerkung	255	3.9	Prüfung	273
3.1	Genereller Entwurf	256	3.10	Bauausführung, Bauüberwachung, Abrechnung	274
3.1.1	Vorplanung	256	3.10.1	Bauausführung	274
3.1.2	Entwurfsfindung im offenen oder eingeladenen Realisierungswettbewerb	258	3.10.2	Örtliche Bauüberwachung	275
3.2	Entwurfsplanung	259	3.10.3	Bauoberleitung	275
3.2.1	Vorschriften	259	3.10.4	Bauüberwachung bei funktional ausgeschriebenem Brückenbauwerken	277
3.2.2	Randbedingungen	261	3.10.5	Abrechnung	277
3.2.3	Baubetrieb und Baustelleneinrichtung	263	3.10.6	Nachträge	278
3.2.4	Entwurfselemente, Hilfsmittel und statische Vorberechnung	263	3.11	Objektbetreuung und Dokumentation	278
			3.12	Ingenieuraufgaben im Brückenbestand	279
			3.12.1	Überwachen, Bewerten und Beurteilen von Brücken	279

3.12.2	Instandsetzung und Ertüchtigung von Brücken	281	4.8.8	Donaukanalbrücke in Wien, Österreich	320
3.12.3	Verstärkung von Brückenbauwerken	281	4.8.9	Mangfallbrücke, Deutschland	322
3.12.4	Austausch oder Verbreiterung von Tragwerksteilen oder von ganzen Tragwerken ..	281	4.8.10	The Normandie Bridge, Frankreich	324
3.12.5	Abbruch von Brückenbauwerken	282	4.8.11	Rheinbrücke Bendorf, Deutschland	326
4	Entwurf	285	4.8.12	Schrägeilbrücke Dubrovnik, Kroatien	328
4.1	Entwurfgrundlagen	285	5	Querschnittsgestaltung	331
4.2	Bauwerkspezifische, verkehrstechnische Vorgaben	286	5.1	Querschnittsgestaltung in Abhängigkeit von System und Funktion	331
4.3	Ortspezifische Randbedingungen	287	5.1.1	Allgemeines	331
4.4	Funktionelle Anforderungen	287	5.1.2	Allgemeine Erläuterungen zu den Hauptquerschnittstypen ..	334
4.4.1	Tragsicherheit	287	5.1.3	Querschnitte für Straßenbrücken	336
4.4.2	Gebrauchstauglichkeit ...	288	5.1.4	Querschnitte für Bahnbrücken	337
4.4.3	Dauerhaftigkeit	290	5.1.5	Querschnitte für Fußgänger- und Radwegbrücken	338
4.5	Kulturelle Anforderungen	292	5.1.6	Sonderquerschnitte	339
4.5.1	Kosten	292	5.2	Querschnittsgestaltung in Abhängigkeit vom verwendeten Werkstoff ...	339
4.5.2	Ästhetik	295	5.2.1	Betonbrücken	339
4.6	Ziel der Entwurfsarbeit ..	299	5.2.2	Stahlbrücken	351
4.7	Überlegungen beim konzeptionellen Entwurf	300	5.2.3	Verbundbrücken	362
4.8	Ausgewählte Brücken	306	5.2.4	Holzbrücken	373
4.8.1	Sunnibergbrücke, Schweiz	306	6	Haupttragwerke der Überbauten	393
4.8.2	Fußgängerbrücke Kelheim, Deutschland	308	6.1	Plattenbrücken	393
4.8.3	Osormort Viaduct, Spanien	310	6.2	Balkenbrücken	404
4.8.4	Sacramento river trail pedestrian bridge, USA ..	312	6.2.1	Beton-Balkenbrücken	404
4.8.5	Puente de la Barqueta, Spanien	314	6.2.2	Semiintegrale Brücken ...	437
4.8.6	Falkensteinbrücke, Österreich	316	6.2.3	Stählerne Balkenbrücken .	461
4.8.7	Le Pont de Brotonne, Frankreich	318	6.2.4	Balkenbrücken als Verbundbrücken oder Mischkonstruktionen	467

6.3	Rahmenbrücken	478	6.8.4	Beanspruchungen	614
6.3.1	Rahmenbrücken aus Beton	478	6.8.5	Wirtschaftlichkeit	616
6.3.2	Rahmenbrücken aus Stahl	487	6.8.6	Ausblick	617
6.3.3	Rahmenbrücken als Verbund- und Mischkonstruktionen	488	7	Lagerung und Lager von Brücken	619
6.4	Vorspannung mit verbundlosen internen Spanngliedern	491	7.1	Überblick	619
6.4.1	Einwirkung auf intern verbundlose Spannglieder	491	7.2	Aufgaben und Beurteilung der Lagerung	621
6.4.2	Anforderungen an intern verbundlose Spannglieder	493	7.3	Wahl der Lagerung und Anordnung der Lager	626
6.4.3	Bemessung von Spannbetonbrücken mit intern verbundlosen Spanngliedern	499	7.4	Ermittlung der Kräfte und Bewegungen	632
6.4.4	Konstruktive Details	501	7.4.1	Allgemeines	632
6.4.5	Wirtschaftlichkeit	506	7.4.2	Kräfte und Bewegungen für statische Nachweise ..	634
6.4.6	Pilotprojekte	506	7.4.3	Bewegungen zur Beurteilung der Dauerhaftigkeit der Lager	635
6.4.7	Resümee und Ausblick ...	514	7.4.4	Planungsgrundlagen	635
6.5	Bogen- und Stabbogenbrücken	515	7.5	Messungen von Kräften und Bewegungen an Lagern	636
6.5.1	Steinbrücken	515	7.5.1	Überblick	636
6.5.2	Betonbogenbrücken	529	7.5.2	Messungen unter gezielten Fahrzeugüberfahrten	637
6.5.3	Stahlbrücken	539	7.5.3	Berechnungen aufaddierter Gleitwege von Innendichtungen	638
6.5.4	Verbund- und Mischkonstruktionen	548	7.6	Lager	640
6.6	Schräggabelbrücken	564	7.6.1	Allgemeines	640
6.6.1	Konstruktionsgrundsätze .	564	7.6.2	Verformungslager	640
6.6.2	Konstruktionselemente ...	568	7.6.3	Rollenlager und Kipplager	648
6.6.3	Lagerbedingungen	575	7.6.4	Topflager	650
6.6.4	Aerodynamisches Verhalten	576	7.6.5	Kalottenlager	651
6.6.5	Konstruktive Gestaltung der Konstruktions- elemente	579	7.6.6	Festhaltekonstruktionen und Führungslager	652
6.6.6	Ergänzungen zu Verbund- und Mischkonstruktionen	598	7.6.7	Gleitteile	653
6.7	Hängebrücken	605	7.6.8	Sonderlager	654
6.8	Spannbandbrücken	611	7.7	Lagerwiderstände	654
6.8.1	Einleitung	611	7.8	Nutzungsdauer von Lagern	655
6.8.2	Tragwirkung	612	7.9	Einbau und Austausch der Lager	656
6.8.3	Bauverfahren	614			

7.9.1	Einbau der Lager	656	9.1.5	Einwirkungen aus der Bauwerks Umgebung	702
7.9.2	Austausch von Lagern ...	656	9.1.6	Bauzustände	702
7.10	Inspektion und Instandhaltung der Lager und Lagerungen	657	9.2	Systeme, Tragverhalten, Schnittgrößen	703
8	Unterbauten	661	9.2.1	Grundlagen	703
8.1	Überblick	661	9.2.2	Überbauten	707
8.2	Widerlager	661	9.2.3	Unterbauten	720
8.2.1	Definition, Aufgaben und Konstruktionsprinzip	661	9.2.4	Gesamtsysteme	725
8.2.2	Anordnung von Widerlagerwand und Flügeln – Widerlagerarten	663	9.3	Berechnung von Stahlbrücken	727
8.2.3	Konstruktion der Bauteile	666	9.3.1	Grundlagen	727
8.2.4	Entwurf von Widerlagern	670	9.3.2	Ausgewählte Probleme ...	730
8.3	Stützen und Pfeiler	673	9.4	Ausgewählte Nachweise bei einer Verbundbrücke .	757
8.3.1	Definition, Aufgaben und Konstruktionsprinzip	673	9.4.1	Allgemeines	757
8.3.2	Anordnung und Querschnittsgestaltung von Pfeilern	674	9.4.2	Steifigkeit der Fahrbahnplatte	757
8.3.3	Anordnung und Querschnittsgestaltung von Stützen	676	9.4.3	Verbundtragwirkung	759
8.3.4	Pfeiler- oder Stützenkopf .	677	9.4.4	Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit	762
8.3.5	Herstellung	679	9.4.5	Ermüdungsnachweis	770
8.3.6	Pylone	679	9.4.6	Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	772
8.4	Gründungen	680	9.5	Betonbrücken	773
8.4.1	Aufgaben und Überblick .	680	9.5.1	Vorspannung von Betonbrücken	773
8.4.2	Flachgründungen	680	9.5.2	Schnittgrößen infolge Vorspannung	777
8.4.3	Pfahlgründungen	683	9.5.3	Einleitung konzentrierter Kräfte	791
8.4.4	Auswahlkriterien und Entwurf der Gründung ..	685	9.5.4	Vorspannkraftverluste infolge des Kriechens und Schwindens des Betons und der Relaxation des Spannstahls	796
9	Berechnung	687	9.5.5	Schnittgrößenum- lagerungen bei Systemänderungen und abschnittweisem Bauen .	802
9.1	Einwirkungen auf Brücken	687	9.5.6	Bemessungsgrundlagen ..	807
9.1.1	Allgemeines	687	9.5.7	Besonderheiten bei der Bemessung von semiintegralen Brücken ..	829
9.1.2	Grundlagen	691			
9.1.3	Einwirkungen aus dem Bauwerk	692			
9.1.4	Einwirkungen aus der Bauwerksnutzung	694			

9.6	Berechnung von Unterbauten	838	11	Brückenausrüstung	1131
9.6.1	Einführung	838	11.1	Fahrbahnausbildung und Dichtungen für Fahrbahntafeln aus Beton	1131
9.6.2	Berechnung von Widerlagern	841	11.2	Fahrbahnübergänge	1132
9.6.3	Berechnung von Pfeilern und Stützen	860	11.2.1	Allgemeines	1132
9.6.4	Berechnung von Gründungen	870	11.2.2	Fahrbahnübergänge für Straßenbrücken	1133
9.7	Ausgewählte Probleme ...	882	11.2.3	Schienauszugs- vorrichtungen	1142
9.7.1	Temperaturbeanspruchung	882	11.3	Die Randausbildung von Straßenbrücken in Deutschland	1143
9.7.2	Schwingungsprobleme ...	907	11.3.1	Allgemeine Anforderungen an die Randausbildung ..	1143
9.7.3	Eisenbahnbrücken	930	11.3.2	Brückenkappen	1144
9.7.4	Erdbebenbeanspruchung .	943	11.3.3	Mechanische Befestigungen	1145
10	Herstellung und Ausführungsmethoden	961	11.3.4	Fußgänger- Rückhaltesysteme, Brückengeländer	1147
10.1	Betonbrücken	961	11.3.5	Fahrzeug- Rückhaltesysteme	1148
10.1.1	Herstellung auf Lehrgerüst	961	11.3.6	Lärmschutzanlagen	1154
10.1.2	Herstellung auf Vorschubrüstung	979	11.4	Brückenentwässerungen .	1157
10.1.3	Freivorbau	992	11.5	Beleuchtung	1159
10.1.4	Taktschieben	1007	11.6	Versorgungsleitungen ...	1161
10.1.5	Segmentbauweise	1017	12	Überwachung, Prüfung, Bewertung und Beurteilung von Brücken	1165
10.1.6	Schräggabelbrücken	1046	12.1	Einleitung	1165
10.2	Stahlbrücken	1069	12.2	Ursachen für Schäden an Betonbrücken	1165
10.2.1	Werkstattfertigung	1069	12.2.1	Allgemeines	1165
10.2.2	Montage vorgefertigter Einheiten	1074	12.2.2	Schäden am Beton	1166
10.2.3	Freivorbau	1080	12.2.3	Schäden am Bewehrungsstahl	1171
10.2.4	Längseinschub (Lancierieren)	1085	12.2.4	Schäden an den Fugen und Lagern	1177
10.2.5	Spezielle Verfahren	1088	12.3	Schäden an Stahl- und Verbundbrücken ...	1180
10.3	Brücken in Verbund- und Mischbauweise	1106	12.4	Überwachung und Prüfung von Brückenbauwerken .	1191
10.3.1	Fertigung und Montage Stahlüberbau	1106			
10.3.2	Schalung und Fertigung Betonfahrbahnplatte	1110			
10.3.3	Einfluss des Bauablaufs .	1120			
10.3.4	Systemabhängige Bauabläufe	1126			

12.4.1 Grundlagen zur Überwachung von Brückenbauwerken	1191	13	Brückeninstandsetzung und -sanierung	1241
12.4.2 Prüfung von Betonbrücken	1192	13.1	Einleitung	1241
12.4.3 Prüfung von Stahl- und Verbundbrücken ...	1201	13.2	Betonbrücken	1241
12.4.4 Prüfung der Brückenausstattung	1208	13.2.1	Planung von Instandsetzungs- und Sanierungsmaßnahmen .	1241
12.4.5 Prüfung der Brückenausrüstung	1209	13.2.2	Vorbereitende Maßnahmen	1243
12.5 Zustandsbewertung und -beurteilung von Brücken	1210	13.2.3	Durchführung der Instandsetzungs- und Sanierungsmaßnahmen .	1247
12.5.1 Allgemeines	1210	13.3	Stahlbrücken	1254
12.5.2 Verfahren zur Zustandsbewertung von Brücken	1211	13.3.1	Korrosionsschutz	1254
12.6 Brückenmanagement	1215	13.3.2	Niete und Schrauben ...	1255
12.6.1 Allgemeines	1215	13.3.3	Instandsetzung von Abrostungen	1255
12.6.2 Brückenmanagement-systeme	1216	13.4	Fahrbahnbeläge	1256
12.7 Kontinuierliche rechnergestützte Dauerüberwachung	1217	14	Brückenverstärkung	1259
12.7.1 Allgemeines	1217	14.1	Einleitung	1259
12.7.2 Festlegung eines Konzepts für die Dauerüberwachung	1218	14.2	Betonbrücken	1259
12.7.3 Messgrößen und zugehörige Sensoren	1219	14.2.1	Geklebte Kohlenstofffaser-verbundwerkstoffe	1260
12.7.4 Aufzeichnung der Messdaten	1222	14.2.2	Externe Vorspannung ...	1267
12.7.5 Aufbereitung und Verarbeitung der Messdaten	1223	14.2.3	Querschnittsergänzung ..	1271
12.7.6 Dauerüberwachung mit Hilfe von Schwingungstestdaten am Beispiel der Gärtnerplatzbrücke in Kassel	1225	14.3	Stahl- und Verbundbrücken	1274
		14.3.1	Fahrbahnverstärkung ...	1277
		14.3.2	Systemverstärkung	1279
		14.3.3	Systemänderung	1281
		Literatur		1287
		Brückenverzeichnis		1357
		Personen- und Firmenverzeichnis		1375
		Stichwortverzeichnis		1379

Autorenverzeichnis

A. o. Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing.
AIGNER, FRANCESCO
Institut für Tragkonstruktionen/Stahlbau
TU Wien

Prof. em. Dr.-techn. Dr.-Ing. e.h.
BACHMANN, HUGO
Institut für Baustatik und Konstruktion
ETH Zürich

Dipl.-Ing.
BREUNIG, STEPHANIE
Institut für Konstruktion und Entwurf/
Stahlbau, Holzbau und Verbundbau
Universität Stuttgart

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h.
CURBACH, MANFRED
Institut für Massivbau
TU Dresden

Prof. Dr.-Ing.
DETZEL, ANNETTE
Fachgebiet Bauplanung und Konstruktion
Fachbereich 2 Duales Studium
Hochschule für Wirtschaft und Recht
Berlin

Dipl.-Ing.
DIETRICH, RICHARD J.
Büro für Ingenieur-Architektur,
Traunstein

Dipl.-Ing. Dr.-techn.
EICHINGER-VILL, EVA-MARIA
Bundesministerium für Verkehr,
Innovation und Technologie
Infrastruktur-Straße Abteilung II/
St2-Technik, Wien

Prof. Dr.-Ing.
FEHLING, EKKEHARD
Institut Konstruktiver Ingenieurbau/
Massivbau
Universität Kassel

Prof. Dr.-Ing.
FREUNDT, URSULA
Fachgebiet Verkehrsbau
Bauhaus-Universität Weimar

Prof. Dr.-Ing.
FRITSCHKE, THOMAS
Fritsche Ingenieure, Deggendorf

Prof. Dr.-Ing.
GIRMSCHIED, GERHARD
Institut für Bauplanung und Baubetrieb/
Bauprozess- und Bauunternehmens-
management
ETH Zürich

Dr.-Ing.
GLÄSER, CHRISTIAN
Dywidag Systems International GmbH,
Unterschleissheim

MR Dipl.-Ing.
GOJ, KARL
Oberste Baubehörde im Bayr.
Staatsministerium des Inneren, München

Dr.-Ing.
GUNTER HAUF
Institut für Konstruktion und Entwurf/
Stahlbau, Holzbau und Verbundbau
Universität Stuttgart

- Dr.-Ing.
HAVERESCH, KARLHEINZ
Landesbetrieb Straßenbau NRW,
NL Ruhr – Haus Essen, Projektgruppe
Brückenertüchtigung
- Dipl.-Ing.
HÖLZER, DIRK
Ingenieurbüro Prof. Dr. U. Freundt,
Weimar
- Prof. Dr.-Eng. Dr.-Ing., M. Eng.
HOSHINO, MASAOKI
ehemals: Dept. of Transportation Engineering and Socio-Technology, Nihon University Tokyo/Japan
- Prof. Dr.-Ing.
JAHN, THOMAS
Fachbereich Bauwesen/Industriebau
Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig
- Prof. Dr.-Ing.
KEUSER, MANFRED
Institut Konstruktiver Ingenieurbau/
Massivbau
Universität der Bundeswehr München
- Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing.
KOLLEGER, JOHANN
Institut für Tagkonstruktionen/Betonbau
TU Wien
- Dipl.-Ing.
KRONTAL, LUDOLF
Marx Krontal GmbH, Hannover
- Prof. Dr.-Ing.
KUHLMANN, ULRIKE
Institut für Konstruktion und Entwurf/
Stahlbau, Holzbau und Verbundbau
Universität Stuttgart
- Dr.-Ing.
LEENDERTZ, J. S. HAN
Rotterdam
- Dr.-Ing.
LICHTE, ULF
Ingenieurbüro Lichte, München und
Leipzig
- Prof. i. R. Dr.-Ing.
LINK, MICHAEL
Institut für Baustatik und Baudynamik
Universität Kassel
- Prof. Dr.-Ing.
MANGERIG, INGBERT
Institut Konstruktiver Ingenieurbau/
Stahlbau
Universität der Bundeswehr München
- Prof. Dr.-Ing.
MARX, STEFFEN
Institut für Massivbau,
Leibniz Universität Hannover
- Prof. i. R. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h.
MEHLHORN, GERHARD
Mehlhorn und Vier Ingenieur-
gesellschaft mbH Kassel
und
Institut Konstruktiver Ingenieurbau/
Massivbau
Universität Kassel
- Prof. em. Dr.-techn. Dr.-Ing. E. h.
MENN, CHRISTIAN
Institut für Baustatik und Konstruktion
ETH Zürich
- Dr.-Ing.
MICHLER, HARALD
Institut für Massivbau
TU Dresden

Prof. Dr.-Ing.
MORGENTHAL, GUIDO
Fachgebiet Modellierung und Simulation
– Konstruktion
Bauhaus-Universität Weimar

MR. i. R. Dipl.-Ing.
NAUMANN, JOACHIM
Bundesministerium für Verkehr, Bau und
Stadtentwicklung, Referat S 18, Bonn

Dr.-Ing.
SCHEERER, SILKE
Institut für Massivbau
TU Dresden

Prof. i. R. Dr.-Ing.
STRITZKE, JÜRGEN
Institut für Massivbau
TU Dresden

Dr.-Ing.
WEILAND, MATTHIAS
Institut für Baustatik und Baudynamik
Universität Kassel

Dipl.-Ing.
WENNER, MARC
Institut für Massivbau,
Leibniz Universität Hannover