2010

STAHLBAU KALENDER

Verbundbau

Ernst & Sohn
A Wiley Company

DSTV

2010

STAHLBAU KALENDER

Herausgegeben von
Prof. Dr.-Ing. Ulrike Kuhlmann

12. Jahrgang

Ernst & Sohn
A Wiley Company

Hinweis des Verlages

Die Recherche zum Stahlbau-Kalender ab Jahrgang 1999 steht im Internet zur Verfügung unter www.ernst-und-sohn.de

Titelbild: Parkhaus der Neuen Messe Stuttgart
Fotograf: © Karl-Heinz Isselmann, Donges SteelTec GmbH, Darmstadt

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.

ISBN: 978-3-433-02939-8
ISSN: 1438-1192

© 2010 Wilhelm Ernst & Sohn,
Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG,
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 photoprint, microfilm, or any other means – nor transmitted or translated into a machine language without written permission from the publishers.

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 nicht eigens als solche markiert sind.

Umschlaggestaltung: Sonja Frank, Berlin
Herstellung: HillerMedien, Berlin
Satz: Hagedorn Kommunikation, Viernheim
Druck und Bindung: Scheel Print-Medien GmbH, Waiblingen

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

Vorwort

Zwei Gebiete haben dem Stahlbau in jüngerer Vergangenheit einen Entwicklungsschub gegeben: der Verbundbau aus Stahl und Stahlbeton und der Stahlbau mit besonderem architektonischen Anspruch, speziell im Bereich der Fassaden. Der neue Stahlbau-Kalender 2010 beschäftigt sich als Schwerpunkt mit dem Verbundbau und behandelt darüber hinaus in einigen Beiträgen leichte Konstruktionen, die hauptsächlich bei Fassaden vorkommen. Offensichtlich ist in beiden Bereichen, dass es heute nicht mehr nur ausreicht, die Tragfähigkeit sicherzustellen, sondern dass zusätzliche Anforderungen aus der Bauphysik, wie Wärmedämmung, Schallisolierung und nicht zuletzt Energieeffizienz, hinzukommen. Immer dann, wenn es gelingt, mehrere solcher Funktionen zu vereinen, werden Vorteile erzielt und nachhaltige, also ressourcenschonende, Konstruktionen erreicht. Dieses Anliegen ist inzwischen politisch formuliert worden und betrifft vor allem auch die Sanierung vorhandener Bauten. Die Verbundkonstruktionen und die Stahlleichtelemente, wie sie in diesem Band vorgestellt werden, bieten gerade in dieser Hinsicht viele neue Möglichkeiten.

Die Kommentierung der im November 2008 erschienenen Neufassungen der noch gültigen nationalen Bemessungsgrundnorm des Stahlbaus **DIN 18800 Teile 1 und 2** wurden von Dr.-Ing. *Sascha Hothan*, Bundesanstalt für Materialforschung, Berlin und Dr.-Ing. *Karsten Kathage*, Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin zusammen mit dessen Mitarbeiter Dipl.-Ing. *Christoph Ortmann* aktualisiert. Die Neufassungen beinhalten alle bis dahin gültigen Änderungen, Ergänzungen und Regelungen der Anpassungsrichtlinie. Die Einführung der entsprechenden europäischen Norm Eurocode 3 mit ihren wichtigsten Teilen 1-1 oder 1-8 wird zurzeit vorbereitet. Danach wird es voraussichtlich noch bis zu 3 Jahren eine Übergangszeit geben, während derer die nationalen und europäischen Normen parallel gültig sind. Zur Erleichterung der Umstellung gibt es die ebenfalls angepasste **Synopse** von DIN 18800 und Eurocode 3 auch in diesem Jahrgang. Zuverlässig durchgesehen wurden die relevanten Teile der Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen, der Liste der Zulassungen des DIBt und der Bauregellisten.

Für den Bereich des Verbundbaus wurden durch die frühe Einführung von **DIN 18800 Teil 5 Verbundtragwerke aus Stahl und Beton – Bemessung und Konstruktion** die neuen europäischen Regelungen schon sehr schnell in der Praxis nutzbar, denn inhaltlich ist diese Norm weitgehend mit DIN EN 1994-1-1 (Eurocode 4) identisch. Univ.-Prof. Dr.-Ing. *Gerhard Hanswille*, Dr.-Ing. *Markus Schäfer* und Dipl.-Ing. *Marco Bergmann* aktualisieren an dieser Stelle den Beitrag aus dem Stahlbau-Kalender 2005 und stellen die Bezüge zur neuen DIN 1045-1 her. Neben einer verständlichen Kurzfassung des Inhalts der Norm werden die Regeln und ihre Anwendung kommentiert und durch Beispiele erläutert.

Verbundstützen sind die Verbundbauteile, die die weiteste Verbreitung, sogar auch zum Teil in fast reinen Massivbauten, gefunden haben. Die ausgewiesenen Praktiker des Verbundbaus Dr.-Ing. *Norbert Sauerborn* und Dr.-Ing. *Joachim Kretz* geben Hinweise zur Bemessung und Konstruktion dieser Bauteile. Dabei gehen sie besonders auf die Nachweisführung zur Gesamtstabilität im Brandfall und auf die konstruktive Ausführung von Verbundsicherung und Krafteinleitung ein. Es gelingt ihnen, ihre Erfahrungen durch entsprechende Beispiele aus der Praxis zu illustrieren.

Ein wesentlicher Bestandteil jedes Geschossbaus sind die Tragkonstruktionen der Decken. Das Autorenteam Prof. Dr.-Ing. *Wolfgang Kurz*, Prof. Dr.-Ing. *Martin Mensinger*, Jun.-Prof. Dr.-Ing. *Christian Kohlmeyer*, Dr.-Ing. *Ingeborg Sauerborn* und Dr.-Ing. *Norbert Sauerborn* stellt in seinem Beitrag **Verbundträger und Deckensysteme** verschiedene Stahlverbundlösungen für Deckensysteme vor. Hier sind u. a. Decken mit Profilblechen zu nennen, bei denen diese Bleche im Verbund mit dem Deckenbeton wirken oder auch eine additive Tragwirkung entwickeln. Der Einsatz im Geschossbau erfordert nicht selten, dass die Unterzüge große Installationsöffnungen aufweisen; neue Erkenntnisse zur Ausführung von Verbundträgern mit großen Stegöffnungen werden hier präsentiert. Schließlich erlauben multifunktionale Deckensysteme als Flachdecken ohne Träger und Unterzüge nicht nur eine sehr geringe Bauhöhe, sondern sie erfüllen über die Tragfunktion hinaus auch bauphysikalische Funktionen wie Schalldämmung und Komfortanforderungen wie Schwingungsbegrenzung.

Häufig entscheidet die Wahl des Anschlusses über die Anwendbarkeit wirtschaftlicher Berechnungsverfahren und im Weiteren über Herstellkosten und Montagefreundlichkeit der Verbundkonstruktion und nicht zuletzt auch über den architektonischen Gesamteindruck. Die Einbeziehung der durchlaufenden bewehrten Betonplatte in den deshalb als „Verbundanschluss“ bezeichneten Knoten eröffnet neue Möglichkeiten. Der Beitrag **Verbundanschlüsse nach Eurocode** von meinem Mitarbeiter Dipl.-Ing. *Lars Rölle* und mir erläutert die Anwendung und Berechnung der unterschiedlichen Verbundanschlusstypen nach den neuen europäischen Normen DIN EN 1994-1-1 (Eurocode 4) bzw. DIN EN 1993-1-8 (Eurocode 3). Unter anderem werden anhand eines ausführlichen Beispiels das Vorgehen und die Berechnungs-

Stahlbau-Kalender 2010. Herausgegeben von Ulrike Kuhlmann
Copyright © 2010 Ernst & Sohn, Berlin
ISBN: 978-3-433-02939-8

abläufe basierend auf der Komponentenmethode veranschaulicht.

Ein Verbundbauelement besonderer Art sind **Sandwichelemente**, bei denen die Deckschalen aus dünnem Stahlblech schubsteif mit einem Stützkern aus Hartschaumstoff verbunden sind. Diese Elemente entwickeln, gepaart mit geringem Gewicht, eine große Steifigkeit und Tragfähigkeit. Neben der raumabschließenden und lastabtragenden Funktion erfüllen diese meist als Dacheindeckungen und Wandverkleidungen eingesetzten Bauteile auch bauphysikalische Aufgaben, wie z. B. Wärmedämmung. In ihrem Beitrag erläutern Prof. Dr.-Ing. *Jörg Lange* und Prof. Dr.-Ing. *Klaus Berner* das Tragverhalten hinsichtlich der verschiedenen möglichen Versagensarten und stellen detailliert aktuelle Entwicklungen und Lösungsansätze auf dem Gebiet der Bemessung, Konstruktion und bauphysikalischen Bewertung von Sandwichelementen vor. Für die Nutzung in der Praxis sind sowohl die bauaufsichtlich formalen Grundlagen als auch die Bemessung anhand von ausgeführten Beispielen ausführlich dargestellt.

Gestalt und Konstruktion einer Fassade bestimmen vielfach nicht nur den technischen Aufwand bei ihrer Erstellung, sondern tragen auch entscheidend zum ästhetischen Ausdruck des Gebäudes und zum Wohlbefinden der Nutzer bei. Es ist also kein Zufall, dass Sanierungsaufgaben gerade auch Fassadenkonstruktionen betreffen. Nach über vierzig- bis fünfzigjähriger Nutzung besteht bei der Mehrzahl von Geschäfts- und Verwaltungsbauten mit Stahl-Glas-Vorhangfassaden ein erhöhter Sanierungsbedarf, besonders hinsichtlich der Verbesserung der energetischen Eigenschaften. In ihrem Beitrag **Sanierung von Vorhangfassaden der 1950er- bis 1970er-Jahre** stellen Prof. Dr.-Ing. *Bernhard Weller* und seine Mitarbeiter Dipl.-Ing. *Sven Jakubetz*, Dipl.-Ing. Arch. *Friedrich May* und Dipl.-Ing. *Anja Meier* Probleme und Schäden an Stahl-Glas-Fassadenkonstruktionen und ihre Sanierungsmöglichkeiten vor. Anschaulich zeigen Beispiele von Geschossbauten aus Berlin, wie die energetische Sanierung unter Beachtung weiterer Kriterien wie Tragfähigkeit, sommerlicher Wärmeschutz, Behaglichkeit, Brandschutz mit ansprechender Gestaltung auch unter Berücksichtigung des Denkmalschutzes gelingen kann.

Schäden bei verzinkten Stahlkonstruktionen aus dem Zeitraum 2000 bis 2006, in dem bestimmte Zinklegierungen mit erhöhter Rissgefährdung zum Einsatz kamen, haben zu umfangreichen Forschungen geführt. Als Ergebnis ist es den Autoren Prof. Dr.-Ing. *Markus Feldmann*, Dipl.-Ing. *Dirk Schäfer* und Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. *Gerhard Sedlacek* nun möglich, qualifiziert typische Merkmale für die Bewertung von bestehenden verzinkten Konstruktionen anzugeben. In Ergänzung zum Stahlbau-Kalender 2008 stellen sie in **Feuerverzinken von tragenden Stahlbauteilen nach DASt-Richtlinie 022 und Bewertung verzinkter Stahlkonstruktionen** die neue DASt-Richtlinie vor und erläutern die Nachweisführung in Form eines Grenzzustandskonzeptes. Für die Praxis interessant, weil ohne vertiefte Kenntnisse nutzbar, ist das dargestellte vereinfachte Ingenieurmodell mit seinem Klassifizierungssystem.

Allen Autoren und Mitarbeitern möchte ich auch im Namen des Verlags Ernst & Sohn für ihre Leistung und ihren Einsatz danken. Es kostet eine große Anstrengung, nicht nur fachlich so anspruchsvolle Beiträge zu verfassen, sondern diese auch zeitgerecht dem Verlag zur Drucklegung zur Verfügung zu stellen. Leider ist das nicht mit allen geplanten Beiträgen zum Thema „Bauen im Bestand“ gelungen, die nun voraussichtlich in einem nachfolgenden Jahrgang veröffentlicht werden. Das Entgegenkommen und die Kooperation aller Beteiligten werden hier ausdrücklich hervorgehoben. Sie tragen wesentlich dazu bei, dass der Stahlbau-Kalender den jeweils aktuellen Wissensstand im Stahl- und Verbundbau wiedergibt und zu innovativem Bauen mit Stahl anregt. Hinweisen möchte ich auf den Stahlbau-Kalender-Tag, der zurzeit für den 11. Juni 2010 an der Universität Stuttgart geplant ist, und bei dem die Autoren aus ihren Beiträgen vortragen sowie für die Beantwortung von Fragen und Diskussionen zur Verfügung stehen.

Stuttgart, Januar 2010
Prof. Dr.-Ing. Ulrike Kuhlmann

Inhaltsübersicht

2 Stahlbaunormen – Verbundtragwerke aus Stahl und Beton, Bemessung und Konstruktion – Kommentar zu DIN 18800-5 Ausgabe März 2007 243
Gerhard Hanswille, Markus Schäfer, Marco Bergmann

3 Verbundstützen 423
Norbert Sauerborn, Joachim Kretz

4 Verbundträger und Deckensysteme 483
Wolfgang Kurz, Martin Mensinger, Christian Kohlmeyer, Ingeborg Sauerborn, Norbert Sauerborn

5 Verbundanschlüsse nach Eurocode 573
Ulrike Kuhlmann, Lars Rölle

6 Sandwichelemente im Hochbau 643
Jörg Lange, Klaus Berner

7 Sanierung von Vorhangfassaden der 1950er- bis 1970er-Jahre 701
Bernhard Weller, Sven Jakubetz, Friedrich May, Anja Meier

8 Feuerverzinken von tragenden Stahlbauteilen nach DASt-Richtlinie 022 und Bewertung verzinkter Stahlkonstruktionen 765
Markus Feldmann, Dirk Schäfer, Gerhard Sedlacek

Stichwortverzeichnis 807

Hinweis des Verlages
Die Recherche zum Stahlbau-Kalender ab Jahrgang 1999 steht im Internet zur Verfügung unter www.ernst-und-sohn.de

Stahlbau-Kalender 2010. Herausgegeben von Ulrike Kuhlmann
Copyright © 2010 Ernst & Sohn, Berlin
ISBN: 978-3-433-02939-8

Verzeichnis der Autoren und Herausgeber

Autoren

Dipl.-Ing. Marco Bergmann
Bergische Universität Wuppertal
Institut für Konstruktiven Ingenieurbau
Pauluskirchstr. 11
42285 Wuppertal

Prof. Dr.-Ing. Klaus Berner
iS-engineering GmbH
Otto-Hesse-Str. 19
64293 Darmstadt

Prof. Dr.-Ing. Markus Feldmann
RTWH Aachen
Lehrstuhl für Stahlbau und Leichtmetallbau
Mies-van-der-Rohe-Str. 1
52074 Aachen

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gerhard Hanswille
Bergische Universität Wuppertal
Institut für Konstruktiven Ingenieurbau
Pauluskirchstr. 11
42285 Wuppertal

Dr.-Ing. Sascha Hothan
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
Fachgruppe VII.3, Abt. Bauwerkssicherheit
Unter den Eichen 87
12205 Berlin

Dipl.-Ing. Sven Jakubetz
Technische Universität Dresden
Institut für Baukonstruktion
George-Bähr-Str. 1
01069 Dresden

Dr.-Ing. Karsten Kathage
Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt)
Referat Metallbau und Verbundbau
Kolonnenstr. 30L
10829 Berlin

Jun.-Prof. Dr.-Ing. Christian Kohlmeyer
Technische Universität Kaiserslautern
Fachgebiet Massivbau und Baukonstruktion
Erwin-Schrödinger-Straße
67663 Kaiserslautern

Dr.-Ing. Joachim Kretz
Ingenieurbüro Dr. Kretz
Fahrlücke 37
67661 Kaiserslautern

Prof. Dr.-Ing. Ulrike Kuhlmann
Universtität Stuttgart
Institut für Konstruktion und Entwurf
Pfaffenwaldring 7
70569 Stuttgart

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Kurz
Technische Universität Kaiserslautern
Fachgebiet Stahlbau
Paul-Ehrlich-Straße
67663 Kaiserslautern

Prof. Dr.-Ing. Jörg Lange
Technische Universität Darmstadt
Institut für Stahlbau und Werkstoffmechanik
Petersenstr. 12
64287 Darmstadt

Dipl.-Ing. Architekt Friedrich May
Technische Universität Dresden
Institut für Baukonstruktion
George-Bähr-Str. 1
01069 Dresden

Dipl.-Ing. Anja Meier
Technische Universität Dresden
Institut für Baukonstruktion
George-Bähr-Str. 1
01069 Dresden

Prof. Dr.-Ing. Martin Mensinger
Technische Universität München
Lehrstuhl für Stahl- und Leichtmetallbau
Arcisstr. 21
80333 München

Dipl.-Ing. Christoph Ortmann
Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt)
Kolonnenstr. 30L
10829 Berlin

Dipl.-Ing. Lars Rölle
Universität Stuttgart
Institut für Konstruktion und Entwurf
Pfaffenwaldring 7
70569 Stuttgart

Dr.-Ing. Ingeborg Sauerborn
Krebs und Kiefer
Beratende Ingenieure für das Bauwesen GmbH
Hilpertstr. 20
64295 Darmstadt

Stahlbau-Kalender 2010. Herausgegeben von Ulrike Kuhlmann
Copyright © 2010 Ernst & Sohn, Berlin
ISBN: 978-3-433-02939-8

Dr.-Ing. Norbert Sauerborn
Stahl- und Verbundbau GmbH
Im Steingrund 8
63303 Dreieich
Dipl.-Ing. Dirk Schäfer
RWTH Aachen
Lehrstuhl für Stahlbau und Leichtmetallbau
Mies-van-der-Rohe Str. 1
52074 Aachen

Dr.-Ing. Markus Schäfer
Compagnie Luxembourgeoise d'Enterprises S. A.
1/21 route d'Arlon
L-8009 Strassen

Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Gerhard Sedlacek
An der Rast 7a
52072 Aachen

Prof. Dr.-Ing. Bernhard Weller
Technische Universität Dresden
Institut für Baukonstruktion
George-Bähr-Str. 1
01062 Dresden

Herausgeberin

Prof. Dr.-Ing. Ulrike Kuhlmann
Universität Stuttgart
Institut für Konstruktion und Entwurf
Pfaffenwaldring 7
70569 Stuttgart

Verlag

Ernst & Sohn Verlag für Architektur und
technische Wissenschaften GmbH & Co. KG
Rotherstraße 21
10245 Berlin
Tel. (0 30) 47 03 12 00
Fax (0 30) 47 03 12 70
E-Mail: Info@ernst-und-sohn.de
www.ernst-und-sohn.de

Inhaltsübersicht früherer Jahrgänge

Ein Rechercheprogramm für alle erschienenen Ausgaben des Stahlbau-Kalenders steht seit Mai 2003 auf der Homepage des Verlages zur Verfügung.

Stahlbau-Kalender 1999

Stahlbaunormung – heute und in Zukunft
Horst J. Bossenmayer

Stahlbaunormen – Kommentierte Stahlbauregelwerke
Helmut Eggert

Stahlbaunormen – Erläuterungen und Beispiele zur Anwendung der Stahlbaugrundnorm
Dietmar H. Maier

Beispiele aus dem Verbundhochbau
Ulrike Kuhlmann, Jürgen Fries, Hans-Peter Günther

Konstruktion und Bemessung von Dach- und Wandflächen aus Stahl
Knut Schwarze, Friedrich A. Lohmann

Bemessungshilfen für nachgiebige Stahlknoten mit Stirnplattenanschlüssen
Ferdinand F. Tschemmernegg, Thomas Angerer, Matthias Frischhut

Glas im konstruktiven Ingenieurbau
Ömer Bucak

Deutscher Stahlbau-Verband

Stahlbau-Kalender 2000

Stahlbaunormen – Kommentierte Stahlbauregelwerke
Helmut Eggert

Stahlbaunormen – Erläuterungen und Beispiele zu DIN 18800, Teil 3
Bettina Brune

Neue Verbundbaunorm E DIN 18800-5 mit Kommentar und Beispielen
Gerhard Hanswille, Reinhard Bergmann

Bemessung von Flachdecken und Hutprofilen
Ulrike Kuhlmann, Jürgen Fries, Michael Leukart

Brandsicherheit von Stahlverbundtragwerken
Mario Fontana

Korrosionsschutz von Stahlbauten
Werner Katzung

Baubetrieb im Stahl- und Verbundbau
Jörg Lange

Bauen mit Seilen
Udo Peil

Arbeitnehmerüberlassung
Karl Heinz Güntzer

Deutscher Stahlbau-Verband

Stahlbau-Kalender 2001

Stahlbaunormen – Kommentierte Stahlbauregelwerke
Helmut Eggert

Stahlbaunormen – Neue Vornorm DIN V 18800-7 für die Ausführung von Stahlbauten mit Kommentar
Lothar Bär, Herbert Schmidt

Nationale brandschutztechnische Bemessung
Peter Schaumann

Ausgewählte Trägeranschlüsse im Verbundbau
Ulrike Kuhlmann, Kai Kürschner

Stähle für den Stahlbau – Auswahl und Anwendung in der Praxis
Ralf Hubo, Falko Schröter

Nichtrostende Stähle im Bauwesen
Helmut Saal, Gerhard Steidl

Guss im Bauwesen
Friedrich Mang, Stefan Herion

Patent- und Urheberrechte des Auftragnehmers
Karl Heinz Güntzer

Stahlbau-Kalender 2002

Stahlbaunormen – Kommentierte Stahlbauregelwerke
Helmut Eggert

Stahlbaunormen – Beulsicherheitsnachweise für Schalen nach DIN 18800 Teil 4, E-DASt-Richtlinie 017 und DIN V ENV 1993-1-6
Herbert Schmidt

Geschraubte Verbindungen
Uwe Hasselmann, Günther Valtinat

Stahl im Hochhausbau
Jörg Lange, Jörrit Kleinschmitt

Geschossdecken mit Profilblechen
Ingeborg Sauerborn, Norbert Sauerborn

Stahlbau-Kalender 2010. Herausgegeben von Ulrike Kuhlmann
Copyright © 2010 Ernst & Sohn, Berlin
ISBN: 978-3-433-02939-8

Hohlprofilkonstruktionen im Geschossbau – Ausblick auf die europäische Normung
Ram Puthli

Vergaberecht in der Bundesrepublik Deutschland
Karl Heinz Güntzer

Deutscher Stahlbau-Verband

Stahlbau-Kalender 2003

Europäische Harmonisierung für Bauprodukte – Technische Baubestimmungen
Horst J. Bossenmayer, Matthias Springborn

Stahlbaunormen – Kommentierte Stahlbauregelwerke
Helmut Eggert

Stahlbaunormen – Neue Norm DIN 18800-7 – Stahlbauten – Ausführung und Herstellerqualifikation – mit Kurzkommentaren
Lothar Bär, Herbert Schmidt

Interaktion Bauwerk – Baugrund
Norbert Vogt

Kranbahnen und Betriebsfestigkeit
Ulrike Kuhlmann, André Dürr, Hans-Peter Günther

Stahlhallen
Ingbert Mangerig, Cedrik Zapfe

Fassaden
Ömer Bucak, Franz Heger

Windlasten auf Bauwerke
Udo Peil, Hans-Jürgen Niemann

Insolvenzen vermeiden – Nachträge durchsetzen
Karl Heinz Güntzer

Stahlbau-Kalender 2004

Stahlbaunormen – Kommentierte Stahlbauregelwerke
Helmut Eggert

Stahlbaunormen – DASt-Richtlinie 019 – Brandsicherheit von Stahl- und Verbundbauteilen in Büro und Verwaltungsgebäuden
Peter Schaumann, Alexander Heise, Klaus Veenker

Schweißen im Stahlbau
Christian Ahrens, Rainer Zwätz

Schlanke Stabtragwerke
Joachim Lindner, Stefan Heyde

Träger mit profilierten Stegen
Hartmut Pasternak, Dina Hannebauer

Maste und Türme
Udo Peil

Gerüstbau
Gerald Ast, Gerhard E. Völkel

Radioteleskope
Hans Jürgen Kärcher

Membrantragwerke
Knut Göppert

Sicherheitsleistungen durch Bürgschaften und ihre Kosten
Karl Heinz Güntzer

Stahlbau-Kalender 2005

Stahlbaunormen – Kommentierte Stahlbauregelwerke
Helmut Eggert

Stahlbaunormen – Verbundtragwerke aus Stahl und Beton, Bemessung und Konstruktion – Kommentar zu DIN V 18800-5, Ausgabe November 2004
Gerhard Hanswille, Markus Schäfer

Mechanische Verbundmittel für Verbundträger aus Stahl und Beton
Kai Kürschner, Ulrike Kuhlmann

Betondübel im Verbundbau
Ingbert Mangerig, Cedrik Zapfe, Sascha Burger

Momententragfähige Anschlüsse mit und ohne Steifen
Dieter Ungermann, Klaus Weynand, Jean-Pierre Jaspart, Björn Schmidt

Setzbolzen im Stahlbau
Hermann Beck, Martin Reuter

Zugstäbe und ihre Anschlüsse
Karsten Kathage, Daniel C. Ruff, Thomas Ummenhofer

Kleben von Stahl
Hartmut Pasternak, Anja Schwarzlos

Kleben im Glasbau
Anneliese Hagl

Erdbebenschutzsysteme für den Hoch- und Brückenbau
Christian Petersen, Hans Beutler, Christian Braun, Ingbert Mangerig

Steigende Materialpreise – betriebswirtschaftliche und juristische Aspekte
Karl Heinz Güntzer

Stahlbau-Kalender 2006

Stahlbaunormen – Kommentierte Stahlbauregelwerke
Helmut Eggert, Gesche Henke

Stahlbaunormen – DIN 18800-7 Stahlbauten – Ausführung und Herstellerqualifikation – mit Kurzkommentaren
Lothar Bär, Herbert Schmidt

Stahlbaunormen – DIN 18800-7 Stahlbauten – Ausführung und Herstellerqualifikation – Entwurf A1-Änderung
Volker Hüller

Stahlbaunormen – DASt-Richtlinie 009 Stahlsortenauswahl für geschweißte Stahlbauten – Kommentar
Bertram Kühn, Gerhard Sedlacek

Grundlagen und Erläuterung der neuen Ermüdungsnachweise nach Eurocode 3
Alain Nussbaumer, Hans-Peter Günther

Bewertung bestehender Stahlbrücken
Karsten Geißler, Wolfgang Graße, Klaus Brandes

Die Zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) und deren Bewertung im Stahlbau
Karl-Heinz Fischer, Helmut Schmeink

Korrosionsschutz von Stahlbauten
Werner Katzung

Zylindrische Behälter aus Stahl – Bemessungskonzept und statische Tragwirkung
Richard Greiner, Andreas Taras

Stahlwasserbau
Wilfried Meinhold, Ulrike Gabrys, Claus Kunz, Günter Binder, Manfred Baumann

Präqualifikation von Bauunternehmen
Karl Heinz Güntzer

Stahlbau-Kalender 2007

Stahlbaunormen – Kommentierte Stahlbauregelwerke
Helmut Eggert, Gesche Henke

Stähle für den Stahlbau – Anwendung moderner Baustähle und Neuerungen im Regelwerk
Falko Schröter

Nichtrostende Stähle nach der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-30.3-6
Helmut Saal, Detlef Ulbrich, Michael Volz

Konstruieren mit Aluminium
Dimitris Kosteas, Christina Radlbeck

Guss im Bauwesen
Stefan Herion

Faserverbundwerkstoffe im Bauwesen
Jan Knippers, Markus Gabler

Konstruktiver Glasbau – Grundlagen und Bemessung
Geralt Siebert, Tobias Herrmann, Andreas Haese

Tragstrukturen für Windenergieanlagen
Peter Schaumann, Cord Böker, Tim Rutkowski, Fabian Wilke

CAD im Stahlbau – Bestandsaufnahme und Ausblick
Hans-Walter Haller, Klaus Thiele, Hans-Ulrich Batzke, Alfred Asam

Gewährleistung des Bauunternehmers
Karl Heinz Güntzer

Stahlbau-Kalender 2008

Stahlbaunormen – Kommentierte Stahlbauregelwerke, Neufassung DIN 18800
Sascha Hothan, Gesche Voith

Schweißen
Christian Ahrens, Rainer Zwätz

Baudynamik für die Praxis
Udo Peil

Dynamische Windwirkungen
Udo Peil, Mathias Clobes

Tragverhalten, Auslegung und Nachweise von Stahlhochbauten in Erdbebengebieten
Ioannis Vayas

Stahlkonstruktionen unter Explosionsbeanspruchung
Marcus P. Rutner, Norbert Gebbeken, Ingbert Mangerig, Oliver Zapfe, Rüdiger Müller, Matthias Wagner, Achim Pietzsch, Martin Mensinger

Dynamik von Eisenbahnbrücken
Lamine Bagayoko, Eckart Koch, Rüdiger Patz

Personeninduzierte Schwingungen von Fußgängerbrücken
Christiane Butz, Johann Distl

Schwingungsanfällige Zugglieder im Brückenbau
Karl G. Schütz, Michael Schmidmeier, Ralf Schubart, Jörg Frickel, Antje Schumann

Glas im konstruktiven Ingenieurbau
Ömer Bucak, Christian Schuler

Rissbildung durch Flüssigmetallversprödung beim Feuerverzinken von Stahlkonstruktionen
Markus Feldmann, Thomas Pinger, Dirk Tschickardt, Peter Langenberg, Peter Karduck, Alexander Freiherr von Richthofen

Haftung für Schäden an Stahlkonstruktionen
Karl Heinz Güntzer

Stahlbau-Kalender 2009

Stahlbaunormen – Kommentierte Stahlbauregelwerke
Sascha Hothan

Schlanke Stabtragwerke
Joachim Lindner, Stefan Heyde

Bemessung und Konstruktion von aus Blechen zusammengesetzten Bauteilen nach DIN EN 1993-1-5
Benjamin Braun, Ulrike Kuhlmann

Kaltgeformte, dünnwandige Bauteile und Bleche aus Stahl nach DIN EN 1993-1-3 – Hintergründe, Bemessung und Beispiele
Bettina Brune, Jens Kalameya

Stabilität stählerner Schalentragwerke
Herbert Schmidt

Einwirkungen auf Silos aus Metallwerkstoffen
Cornelius Ruckenbrod, Martin Kaldenhoff

Membrantragwerke
Knut Göppert, Markus Balz

Stahlprofiltafeln für Dächer und Wände
Knut Schwarze, Oliver Raabe

Gerüstbau – Stabilität und statisch-konstruktive Aspekte
Robert Hertle

Dynamisches Verhalten von Lamellen-Dehnfugen
Joachim Braun, Johan Sebastian Leendertz, Tobias Schulze, Bernd Urich, Bernard Volk

Stahlpreise (Stand: 01.01.2009)
Karl Heinz Güntzer, Peter Hammacher

2
Stahlbaunormen

Verbundtragwerke aus Stahl und Beton, Bemessung und Konstruktion – Kommentar zu DIN 18800-5 Ausgabe März 2007

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gerhard Hanswille

Dr.-Ing. Markus Schäfer

Dipl.-Ing. Marco Bergmann

Stahlbau-Kalender 2010
Herausgegeben von Ulrike Kuhlmann
Copyright © 2010 Ernst & Sohn, Berlin
ISBN: 978-3-433-02939-8

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 247

1 Einleitung 247

2 Inhalt und Gliederung der Norm 248

3 Bezeichnungen 249

4 Bautechnische Unterlagen 249

5 Sicherheitskonzept 251
5.1 Allgemeines 251
5.2 Bemessungswert des Tragwiderstandes 252
5.3 Grenzzustände der Tragfähigkeit 255
5.4 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit 255

6 Dauerhaftigkeit 256

7 Werkstoffe 258
7.1 Baustahl 258
7.2 Betonstahl 259
7.3 Beton 260
7.4 Verbundmittel 263

8 Tragwerksberechnung 263
8.1 Allgemeines 263
8.2 Einflüsse aus Tragwerksverformungen und Imperfektionen 264
8.3 Schnittgrößenermittlung 265
8.3.1 Allgemeines 265
8.3.2 Mittragende Gurtbreite bei der Schnittgrößenermittlung 266
8.3.3 Elastische Schnittgrößenermittlung 268
8.3.4 Grenzzustand der Tragfähigkeit – elastische Tragwerksberechnung mit Momentenumlagerung 282
8.3.5 Berechnung nach der Fließgelenktheorie 283
8.4 Klassifizierung der Querschnitte 285

9 Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit 287
9.1 Verbundträger 287
9.2 Querschnittstragfähigkeit von Verbundträgern 288
9.2.1 Allgemeines 288
9.2.2 Vollplastische Querschnittstragfähigkeit 289
9.2.3 Dehnungsbeschränkte Querschnittstragfähigkeit 296
9.2.4 Elastische Querschnittstragfähigkeit 296
9.3 Biegedrillknicken 298
9.4 Verbundsicherung bei Verbundträgern 302
9.4.1 Allgemeines 302
9.4.2 Verteilung von Verbundmitteln 305
9.4.3 Ermittlung der Längsschubkräfte 307
9.4.4 Beanspruchbarkeit von Verbundmitteln 309
9.4.5 Konstruktionsregeln für die Ausbildung der Verbundsicherung 315
9.5 Längsschubtragfähigkeit des Betongurtes 316
9.6 Nachweis gegen Ermüdung 320
9.6.1 Allgemeines 320
9.6.2 Ermüdungsfestigkeit 321
9.6.3 Einwirkungen, Schnittgrößen und Spannungen 322
9.6.4 Nachweisverfahren 323
9.7 Verbundstützen 324
9.7.1 Allgemeines, Bemessungsverfahren 324
9.7.2 Allgemeines, Nachweisverfahren 325
9.7.3 Nachweis der Gesamtstabilität nach dem vereinfachten Nachweisverfahren 326
9.7.4 Lasteinleitung 339

10 Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit 349
10.1 Allgemeines 349
10.2 Schnittgrößen und Spannungen 349
10.3 Spannungsbegrenzungen 349
10.4 Begrenzung der Rissbreite und Nachweis der Dekompression 350
10.4.1 Allgemeines 350
10.4.2 Mindestbewehrung 351
10.4.3 Begrenzung der Rissbreite ohne direkte Berechnung 352
10.5 Begrenzung der Verformungen 352
10.6 Schwingungsverhalten 356

11 Verbunddecken 356
11.1 Grundlagen und Definitionen 356
11.2 Konstruktionsgrundsätze 358
11.3 Erforderliche Nachweise für das Profilblech im Bauzustand 358
11.4 Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit im Endzustand 359
11.4.1 Allgemeines 359
11.4.2 Ermittlung der Schnittgrößen 359
11.4.3 Querschnittstragfähigkeit 361
11.4.4 Nachweis der Längsschubtragfähigkeit 363
11.5 Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit 367

12 Literatur 368

Beispiel 1: Einfeldträger in Verbundbauweise 375
1.1 Allgemeines 375
1.2 Werkstoffe 375
1.3 Lastannahmen 376
1.3.1 Ständige Einwirkungen 376
1.3.2 Veränderliche Einwirkungen 376
1.4 Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit 376
1.4.1 Teilsicherheitsbeiwerte und Bemessungsschnittgrößen 376
1.4.2 Berechnung des vollplastischen Grenzmomentes Mpl,Rd 376
1.4.3 Berechnung der plastischen Querkrafttragfähigkeit $V_{pl,Rd}$ 377
1.4.4 Nachweis der Verbundsicherung 377
1.4.5 Schubsicherung des Betongurtes 378
1.5 Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit 379
1.5.1 Berechnung der Reduktionszahlen 380
1.5.2 Ermittlung der Querschnittswerte 380
1.5.3 Ermittlung der Verformungen aus ständigen Lasten und Verkehrslasten 381
1.5.4 Ermittlung der erforderlichen Überhöhung für die Verformungsanteile aus den ständigen Einwirkungen und dem Schwinden 382

Beispiel 2: Durchlaufträger in Verbundbauweise 385
2.1 Allgemeines 385
2.2 Werkstoffe 385
2.3 Querschnittskenngrößen und Klassifizierung 386
2.3.1 Mittragende Breite des Betongurtes 386
2.3.2 Querschnittsklassen 386
2.3.3 Elastische Querschnittswerte 388
2.4 Lastannahmen 390
2.4.1 Ständige Einwirkungen 390
2.4.2 Veränderliche Einwirkungen 390
2.4.3 Teilsicherheitsbeiwerte und Bemessungsschnittgrößen 390
2.5 Schnittgrößenermittlung 391
2.5.1 Grenzzustand der Tragfähigkeit 391
2.5.2 Schnittgrößenermittlung nach der Fließgelenktheorie 393
2.6 Nachweis der Tragsicherheit 394
2.6.1 Nachweis der vollplastischen Momententragfähigkeit 394
2.6.2 Biegedrillknicknachweis 395
2.6.3 Nachweis der Verbundsicherung 396
2.6.4 Schubsicherung des Betongurtes 398
2.7 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit 399
2.7.1 Ermittlung der Verformungen aus ständigen Lasten und Verkehrslasten 400
2.7.2 Ermittlung der erforderlichen Überhöhung 402
2.7.3 Beschränkung der Rissbreite 402
2.7.4 Überprüfung des elastischen Verhaltens im Gebrauchszustand 405

Beispiel 3: Verbundstütze 407
3.1 Einwirkungen 407
3.2 Querschnittswerte 407
3.3 Werkstoffe 408
3.4 Vollplastische Normalkraft 408
3.5 Nachweis für Versagen um die schwache Querschnittsbiegeachse 409
3.6 Nachweis für Versagen um die starke Querschnittsbiegeachse 409
3.6.1 Ermittlung der Schnittgrößen 409
3.6.2 Berechnung der polygonalen Interaktionskurve 411
3.6.3 Tragfähigkeitsnachweis 412
3.6.4 Berücksichtigung von Querkräften 413
3.7 Verbundsicherung 413
3.7.1 Nachweis der Lasteinleitung 413

Beispiel 4: Verbunddecke 415
4.1 Allgemeines 415
4.2 Werkstoffe 415
4.3 Querschnittswerte 415
4.4 Einwirkungen 416
4.5 Betonierzustand 416
4.6 Elastische Schnittgrößenermittlung im Endzustand 416
4.7 Bemessung – Grenzzustand der Tragfähigkeit 417
4.7.1 Ermittlung der Momententragfähigkeit im Feldbereich 417
4.7.2 Nachweis der Momententragfähigkeit – Feld 418
4.7.3 Ermittlung der Momententragfähigkeit im Stützbereich 420
4.7.4 Ermittlung der Querkrafttragfähigkeit 420
4.8 Nachweise im Grenzzustand der Gebraustauglichkeit 422
4.8.1 Durchbiegungsbeschränkung 422
4.8.2 Weitere Nachweise 422

Vorwort

Der nachfolgende Kommentar zu DIN 18800-5:2007 erläutert die in dieser Norm enthaltenen Bemessungsregeln und verweist gleichzeitig auf weitergehende, im Eurocode 4 enthaltene Regelungen. Um die Handhabung des Kommentars und das Auffinden der zugehörigen Regelungen in der Norm zu vereinfachen, wurde für den Kommentar eine mit DIN 18800-5 identische Gliederung gewählt.

1 Einleitung

Die Erarbeitung der EN-Fassungen der europäischen Regelwerke für Verbundkonstruktionen aus Stahl und Beton (Eurocode 4) [1, 2] sowie der zugehörigen Nationalen Anhänge sind zwischenzeitlich abgeschlossen. Im Vergleich zu den bauaufsichtlich bekannt gemachten europäischen Vornormen [3, 4] wurden eine Vielzahl von Änderungen vorgenommen, die die Anwendung in der Praxis vereinfachen werden. Gleichzeitig wurde der gesamte Normentext deutlich gekürzt und sprachlich verbessert. Die derzeitigen Planungen sehen vor, dass eine bauaufsichtliche Einführung der Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau und die gleichzeitige Zurückziehung der entsprechenden nationalen Regelwerke nicht vor 2011 erfolgen wird. In den zuständigen Normungsgremien und Fachausschüssen wurde daher der Beschluss gefasst, den im Jahre 1999 veröffentlichten Gelbdruck von E DIN 18800-5 [5] nochmals grundlegend zu überarbeiten und an die endgültige Fassung des Eurocode 4 [1] anzupassen. Mit der zwischenzeitlich veröffentlichten Fassung DIN 18800-5:2007-03 [6] wurde somit für den Verbundbau eine vorzeitige Anpassung der nationalen Regelwerke an die zukünftigen europäischen Regelwerke vollzogen. Einen Überblick über die derzeitigen europäischen und nationalen Regelwerke für Verbundkonstruktionen und die zugehörigen Bezugsnormen gibt Bild 1. DIN 18800-5 gilt für übliche Tragwerke des Hoch- und Industriebaus. Für den Bereich des Brückenbaus gelten die DIN-Fachberichte [7–10], die im Jahre 2009 nochmals in einer überarbeiteten Fassung veröffentlicht wurden. Die Bearbeitung der europäischen Regelwerke für den Brückenbau [11–13] sowie der zugehörigen Nationalen Anhänge ist ebenfalls abgeschlossen. Die bauaufsichtliche Einführung ist ebenfalls für 2011 geplant.

Mit der bauaufsichtlichen Einführung von DIN 18800-5 wurden die auf dem globalen Sicherheitskonzept basierenden alten nationalen Regelwerke für Verbundkonstruktionen zurückgezogen. DIN 18800-5 wurde weitestgehend an die EN-Fassungen des Eurocode 4 angepasst. Nachfolgend werden die in den neuen nationalen und europäischen Regelwerken enthaltenen Bemessungsregeln erläutert und auf einige spezielle Unterschiede zwischen Eurocode 4 und DIN 18800-5 hingewiesen.

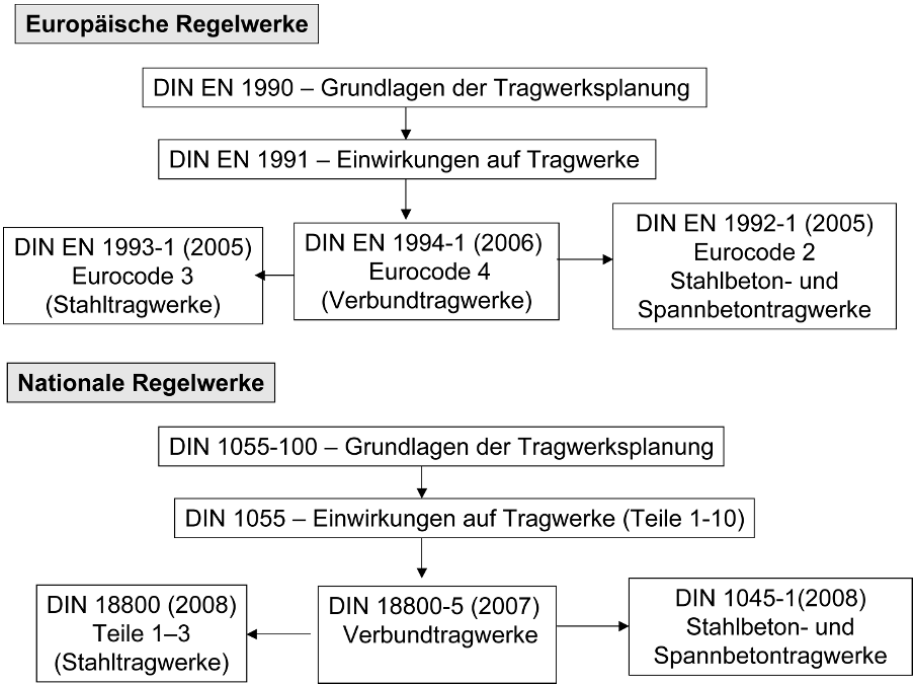


Bild 1. Übersicht über die europäischen und nationalen Regelwerke für Verbundkonstruktionen aus Stahl und Beton (Stand 2010)

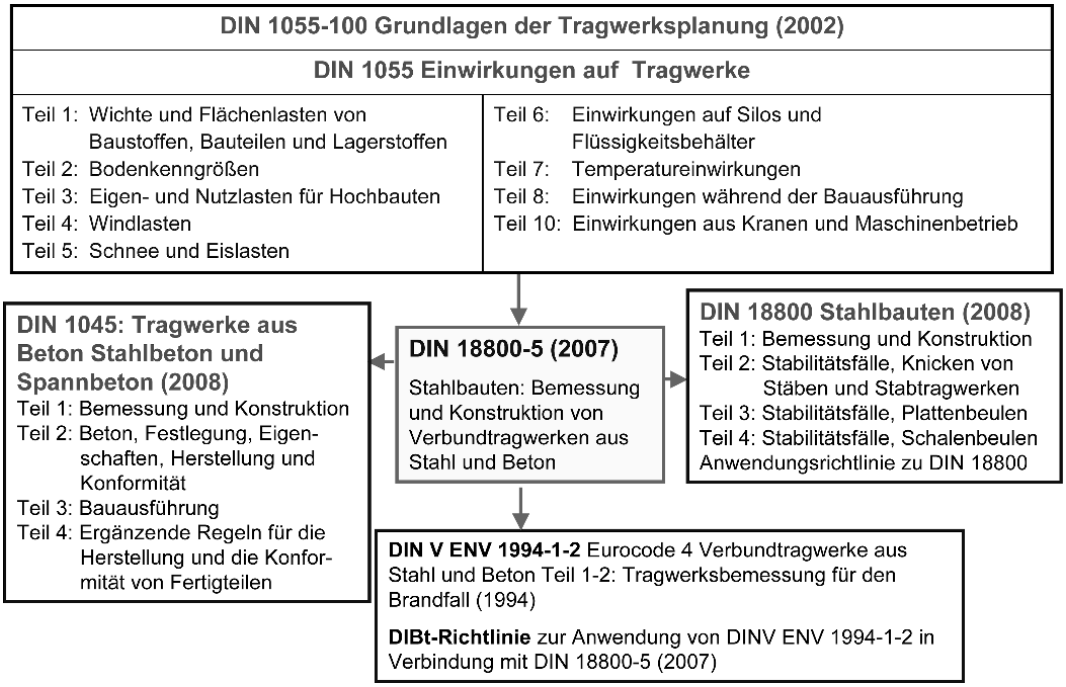


Bild 2. DIN 18800-5 und Bezugsnormen

Als Bezugsnormen verwendet DIN 18800-5 die nationalen Regelwerke DIN 18800, Teile 1–3 [14–16], DIN 18800-7 [17], DIN 1045, Teile 1–4 [18–21] sowie DIN 1055-100 [22] und die weiteren Teile der DIN 1055 (Bild 2). Hinsichtlich der brandschutztechnischen Bemessung verweist DIN 18800-5 auf DIN V ENV 1994-1-2 [2] in Kombination mit der DIBt-Richtlinie zur Anwendung von DIN V ENV 1994-1-2 in Verbindung mit DIN 18800-5 (2007) [32]. Als Bezugsnorm für den Brandschutz dürfen ferner DIN 4102-4: 1994-03 [24] sowie DIN 4102-4/A1:2004-11 [25] in Verbindung mit DIN 4102-22:2004-11[26] verwendet werden.

2 Inhalt und Gliederung der Norm

DIN 18800-5 und EN 1994-1-1 sind hinsichtlich des Inhaltes weitestgehend aufeinander abgestimmt. Da DIN 18800-5 den Regelungen der DIN 820 [27] folgt, ergibt sich zwar eine formal abweichende Nummerierung und Gliederung der einzelnen Kapitel, die einzelnen Bemessungsregeln sind jedoch in der europäischen und in der nationalen Norm bis auf wenige Ausnahmen identisch. Beide Regelwerke dienen als Grundnormen für die Bemessung von Verbundkonstruktionen aus Baustahl und Beton mit Normal- und Leichtzuschlägen. Es werden die Anforderungen an die Standsicherheit, die Gebrauchstauglichkeit und die Dauerhaftigkeit für Tragwerke des Hoch- und Industriebaus für vorwiegend ruhende und nicht vorwiegend ruhende Beanspruchungen behandelt.

Im Gegensatz zum Eurocode 4-1-1 ist die Bemessung auf der Grundlage von Versuchen in DIN 18800-5 nicht geregelt, da national die Angaben zur Ermittlung Längsschubtragfähigkeit von Verbunddecken sowie Tragfähigkeiten für spezielle Verbundmittel in bauaufsichtlichen Zulassungen geregelt sind.

Vergleicht man den Inhalt des Eurocode 4-1-1 [1] mit dem der DIN 18800-5 [6], so fällt weiter auf, dass in DIN 18800-5 keine Angaben zur Bemessung von Verbindungen in Verbundbauweise enthalten sind. Auf diese Regelungen wurde im Rahmen der Erarbeitung der Norm verzichtet, da im Gegensatz zum Eurocode 4, der hinsichtlich der rechnerischen Ermittlung der Tragfähigkeit und der Steifigkeit von Verbindungen weitestgehend auf den Eurocode 3 Teil 8 [28] verweist, in den nationalen Regelwerken für den Stahlbau [14] keine vergleichbaren Regelungen enthalten sind. Da bei Verbundtragwerken jedoch bei einer Bemessung nach der Fließgelenktheorie oft die Frage der ausreichenden Rotationskapazität im Bereich von Anschlüssen auftritt, kann diese bis zur bauaufsichtlichen Einführung von DIN EN 1994-1-1 in Anlehnung an die dort angegebenen Berechnungsmodelle beurteilt werden. Eine vergleichbare Problematik ergab sich bei den Regelungen für die Nachweise im Grenzzustand der Ermüdung. Im Eurocode 4 [1] wird hinsichtlich der Nachweise für den Baustahlquerschnitt auf den Eurocode 3 Teil 1-9 [29] und für die Nachweise des

DIN EN 1994-1-1: Eurocode 4-1-1 (2006)	DIN 18800-5 (2007)
1 Einleitung	1 Anwendungsbereich
2 Grundlagen der Tragwerksplanung	2 Normative Verweisungen
3 Werkstoffe	3 Begriffe und Formelzeichen
4 Dauerhaftigkeit	4 Bautechnische Unterlagen
5 Tragwerksberechnung	5 Sicherheitskonzept
6 Grenzzustände der Tragfähigkeit	6 Dauerhaftigkeit
7 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	7 Werkstoffe
8 Verbundanschlüsse in Tragwerken des Hochbaus	8 Tragwerksberechnung
9 Verbunddecken mit Profilblechen für Tragwerke des Hochbaus	9 Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit
Anhang A: Steifigkeit der Grundkomponenten von Verbundanschlüssen	10 Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit
Anhang B: Experimentelle Untersuchungen	11 Verbunddecken
Anhang C: Berücksichtigung des Schwindens	**Anhang A**: Kopfbolzendübel, die randnah angeordnet werden und Spaltzugkräfte in Gurtdickenrichtung erzeugen

Bild 3. Inhalt von DIN 18800-5 und DIN EN 1994-1-1 (Eurocode 4)

Betons und der Bewehrung auf den Eurocode 2 [30] verwiesen. Im Rahmen der Normenreihe DIN 18800 ist der geplante Teil 6, der die Ermüdung behandeln soll, nicht mehr erarbeitet worden. DIN 18800-5 verweist daher für den Nachweis des Baustahlquerschnittes auf den DIN-Fachbericht 103 für Stahlbrücken [9]. Für den Nachweis des Betonstahls und des Betons gelten die in DIN 1045-1 angegebenen Regelungen. Die erforderlichen Nachweise für Verbundmittel sind im Abschnitt 9.6 der DIN 18800-5 geregelt.

Im Hochbau sind in den letzten Jahren bei teilweise vorgefertigten Verbundträgern Kopfbolzendübel in horizontale Lage eingesetzt worden, bei denen in Dickenrichtung des Gurtes Spaltzugkräfte entstehen. Bei kleinen Randabständen der Dübel ergibt sich im Vergleich zu Dübeln in vertikaler Position, bei denen die Spaltzugkräfte in Gurtquerrichtung (Scheibenbeanspruchungen) wirken, eine abgeminderte Dübeltragfähigkeit. Für diesen Sonderfall der Dübeltragfähigkeit werden die Bemessungswerte der Tragfähigkeit in dem normativen Anhang A angegeben (siehe Bild 3). Die Regelungen wurden aus dem Eurocode 4-2 für Verbundbrücken [31] übernommen und werden dort ebenfalls in einem Anhang angegeben.

3 Bezeichnungen

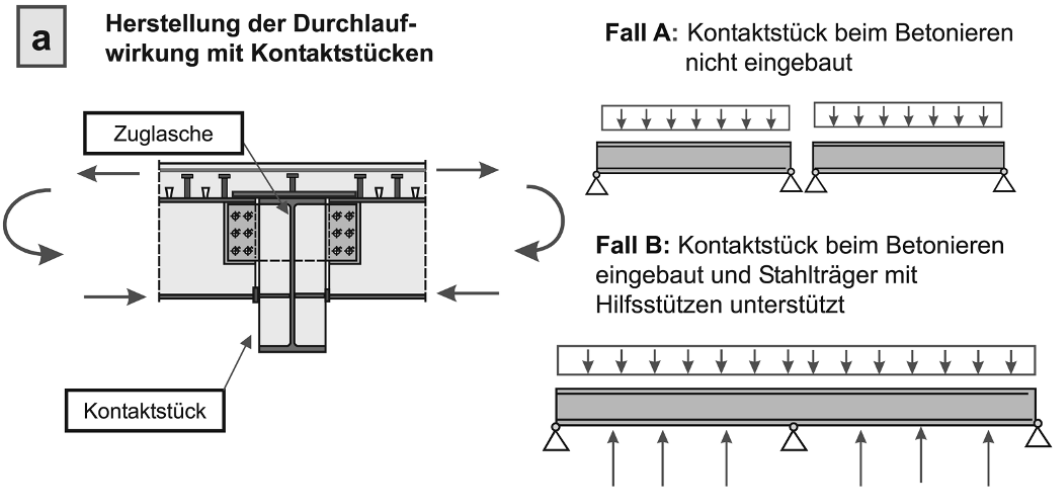
DIN 18800-5 verwendet als Bezugsnormen für den Stahlbau die Teile 1 bis 3 und Teil 7 der DIN 18800 [14–17] und für den Massivbau die Teile 1-4 der DIN 1045 [18–21]. Hinsichtlich des Sicherheitskonzeptes wird auf DIN 1055-100 [22] verwiesen. Während DIN1045-1 und DIN 1055-100 im Wesentlichen die Bezeichnungen und Formelzeichen aus den Eurocodes benutzen, werden in der Normenreihe DIN 18800 die für deutsche Normen typischen Formelzeichen, Indizes und Begriffe verwendet. Bei der Erarbeitung der Norm ergab sich dabei die Schwierigkeit, dass teilweise von den Bezugsnormen abweichende Begriffe und Formelzeichen verwendet werden mussten. Um die Kompatibilität mit der übergeordneten Norm DIN 1055-100 sicherzustellen, werden in DIN 18800-5 überwiegend die in DIN 1055-100 und in den Eurocodes benutzten Begriffe verwendet. So werden z. B. in DIN 18800-5 anstelle der in DIN 18800-1 verwendeten Begriffe der „Grenzschnittgröße“ oder der „Grenzspannung“ die entsprechenden Begriffe „Bemessungswert der Momenten- oder Normalkrafttragfähigkeit“ bzw. „Bemessungswert der Tragspannung“ verwendet. Um Verwechselungen bei Verwendung der Bezugsnormen DIN 18800 Teile 1–3 auszuschließen, sind daher im Abschnitt 3 der DIN 18800-5 die wichtigsten Bezeichnungen und Begriffe nochmals zusammengestellt.

Ferner erhalten physikalische Kenngrößen, Festigkeiten und Querschnittskenngrößen einen zusätzlichen Index, wenn sie sich auf die einzelnen Baustoffe beziehen. Es wird der Index a für Baustahl, c für Beton, s für Betonstahl und p für Spannstahl sowie yp für Profilbleche verwendet. Diese Indizes werden auch für die Bezeichnung der Teilschnittgrößen der einzelnen Querschnittsteile verwendet.

4 Bautechnische Unterlagen

Bei Verbundbauteilen kann die ausreichende Tragsicherheit und die Gebrauchstauglichkeit entscheidend durch die Montage und die Betonierreihenfolge beeinflusst werden. Wenn z. B. bei der Bauausführung

von den Vorgaben der Tragwerksplanung abgewichen wird und bei Trägern ohne Eigengewichtsverbund auf der Baustelle unplanmäßig Trägerunterstützungen vorgesehen werden, kann es im Endzustand zu erheblichen Abweichungen bei den Verformungen kommen. Ein weiteres Beispiel zeigt Bild 4a. Der dargestellte Durchlaufträger kann z. B. nach den dargestellten Varianten A und B hergestellt werden, bei denen die Durchlaufwirkung durch Anordnung eines Kontaktstückes am Trägeruntergurt zu einem beliebigen Zeitpunkt hergestellt werden kann. Im Fall A wird das Kontaktstück erst nach dem Betonieren angeordnet. Die Betonierlasten wirken somit auf einfeldrige Stahlträger. Nach Erhärten des Betons und Anordnung des Kon-



b Biegemomente unter Berücksichtigung der Belastungsgeschichte:

	Fall A Ohne Hilfsstützen und Durchlaufwirkung nach Betonieren	Fall B Mit Hilfsstützen und Durchlaufwirkung vor Betonieren
Trägereigengewicht		Durchlaufwirkung
Betonierlasten		
Freisetzen der Hilfsstützen	Durchlaufwirkung	
Ausbaulasten		
Verkehrslasten		
Gesamtmoment	- - +	- - +
Risserzeugendes Stützmoment	kleiner	größer
Verformungen Überhöhungen	größer	kleiner
Beanspruchung in Kontaktstücken / Laschen	kleiner	größer

Bild 4. Einfluss der Belastungsgeschichte und Einfluss von Systemwechseln auf die Schnittgrößen und Verformungen

taktstückes wirkt der Träger im Endzustand für die Ausbau- und Verkehrslasten sowie für die Zwangsschnittgrößen aus Schwinden als Durchlaufträger in Verbundbauweise. Im Fall B wird der Träger zusätzlich mit Hilfsstützen unterstützt und das Kontaktstück wird bereits vor dem Betonieren eingebaut. Sämtliche Lasten wirken somit auf den durchlaufenden Verbundträger. Wie Bild 4b verdeutlicht, wirken sich die unterschiedlichen Herstellungsverfahren insbesondere auf die Trägerverformungen und die Schnittgrößen an der Innenstütze (Rissbreitenbeschränkung und Bemessung des Anschlusses) aus.
Die Beispiele verdeutlichen, dass bei Verbundtragwerken stets eine Montageanweisung erforderlich ist, in der insbesondere Angaben

- zur Reihenfolge und zum Zeitablauf des Betoniervorgangs,
- zum Zeitpunkt für das Montieren bzw. Entfernen von Hilfsunterstützungen,
- zum Zeitpunkt und Einbau von Kontaktstücken bei Trägern, bei denen die Durchlaufwirkung an Trägerstößen mittels Kontaktstücken erst nach dem Betonieren der Betonplatte hergestellt wird,
- zu erforderlichen Überhöhungen bei Trägern und Decken,
- zu dem Zeitpunkt und der Größe von planmäßig eingeprägten Deformationen (z. B. Absenken von Durchlaufträgern an Mittelstützen) sowie zu den erforderlichen Kontrollmaßnahmen,
- zur Lage beim Betonieren sowie zur Betonierrichtung bei Verbundstützen

enthalten sein müssen. Bei großen Trägerüberhöhungen müssen auch die Nachunternehmer für die Ausbaugewerke über sich noch einstellende Verformungen aus Kriechen und Schwinden informiert werden, um eventuelle Schäden an Ausbauteilen und Fassaden zu verhindern.

5 Sicherheitskonzept

5.1 Allgemeines

Zur Sicherstellung eines ausreichenden Zuverlässigkeitsniveaus bezüglich der Tragfähigkeit und Dauerhaftigkeit sowie zur Sicherstellung einer ausreichenden Gebrauchstauglichkeit wird zwischen Nachweisen in den Grenzzuständen der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit unterschieden (Bild 5). Das Sicherheitskonzept von DIN 18800-5 basiert auf DIN 1055-100 [22].
In einigen Punkten mussten jedoch verbundspezifische Ergänzungen vorgenommen werden, um die speziellen Randbedingungen bei Verbundtragwerken berücksichtigen zu können und die Kompatibilität mit DIN 1045-1 sicherzustellen. Hierzu zählen insbesondere die Behandlung von primären und sekundären Beanspruchungen aus dem Kriechen und Schwinden des Betons sowie die Behandlung von Beanspruchungen aus planmäßig eingeprägten Deformationen.
Aus dem Kriechen und Schwinden des Betons resultieren bei Verbundbauteilen Eigenspannungen im Querschnitt sowie Krümmungen und Längsdehnungen in Bauteilen. Die bei statisch bestimmten Systemen auftretenden Eigenspannungszustände werden als primäre Beanspruchungen bezeichnet. In statisch unbestimmten Systemen treten aufgrund der Verträglichkeitsbedingungen zusätzliche Zwängungen auf, die als sekundäre Beanspruchungen (Zwangsbeanspruchungen) bezeichnet werden. Die zugehörigen Einwirkungen, im Allgemeinen Auflagerkräfte, werden als indirekte Einwirkungen behandelt (Bild 6).

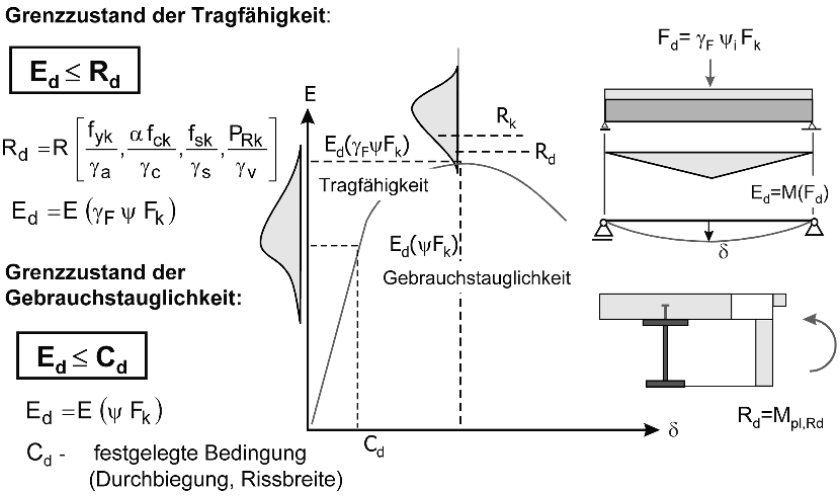


Bild 5. Sicherheitskonzept DIN 18800-5

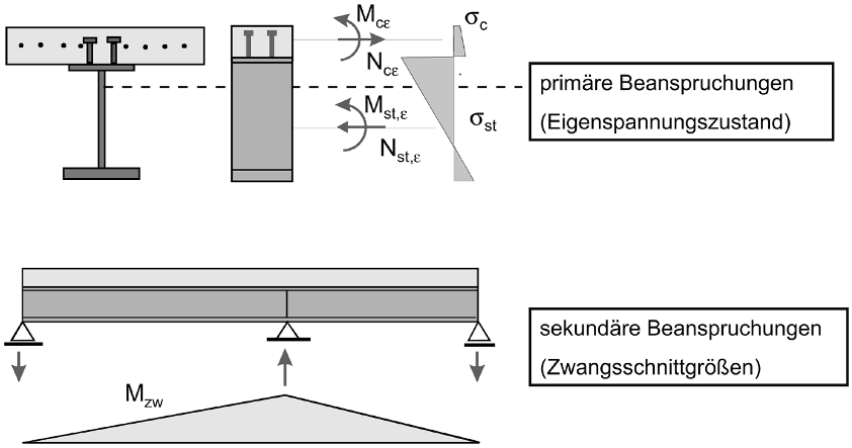
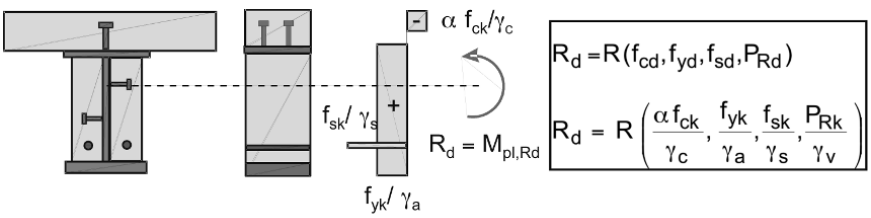


Bild 6. Primäre und sekundäre Beanspruchungen

5.2 Bemessungswert des Tragwiderstandes

Der Bemessungswert des Tragwiderstandes R_d wird bei Anwendung elastischer und plastischer Berechnungsverfahren mit den Bemessungswerten der Werkstofffestigkeiten $f_{i,d}$ ermittelt. Sie ergeben sich aus den charakteristischen Werten der Festigkeiten $f_{i,k}$ und den jeweiligen Teilsicherheitsbeiwerten γ_M nach Bild 7.
Für den Nachweis nach DIN 18800-5 sind die charakteristischen Werte der Festigkeit für Beton (f_{ck}) und Beton- und Spannstahl (f_{sk} bzw. f_{pk}) in DIN 1045-1 geregelt. Der Bemessungswert der Streckgrenze für Baustahl wird in Übereinstimmung mit DIN 18800-1 mit γ_a = 1,1 ermittelt. Wenn die Querschnittstragfähigkeit elastisch ermittelt wird und keine Stabilitätsgefahr besteht, darf in Anlehnung an DIN 18800-1, Element (747), auch der Teilsicherheitsbeiwert γ_a = 1,0 zugrunde gelegt werden. Verbundmittel sind in Abschnitt 9.4 der DIN 18800-5 geregelt.
Beim Ansatz des Bemessungswertes der Betondruckfestigkeit ist bei den nationalen und europäischen Normen ein formaler Unterschied zu beachten. Die Herleitung der Modelle zur Ermittlung der rechnerischen Tragfähigkeiten von Verbundquerschnitten nach Eurocode 4 erfolgte auf der Grundlage einer statistischen



Kombination	Baustahl, Profilbleche γ_a	Betonstahl γ_s	Beton γ_c	Verbundmittel γ_v
Ständige und vorübergehende Bemessungssituationen	1,1 (1,0)*)	1,15	1,5	1,25
außergewöhnliche Kombinationen	1,0	1,0	1,3	1,0
Nachweis gegen Ermüdung	nach Fachbericht 103	1,15	1,5	1,25
*) Bei Anwendung des Nachweisverfahrens Elastisch-Elastisch, wenn keine globale und lokale Stabilitätsgefahr besteht. Siehe DIN 18800-1, Element (747)				

Bild 7. Bemessungswert des Tragwiderstandes und Teilsicherheitsbeiwerte γ_M nach DIN 18800-5

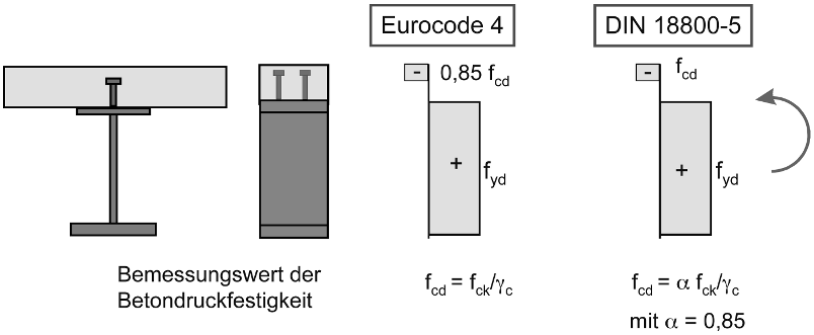


Bild 8. Zur Festlegung des Bemessungswertes der Betondruckfestigkeit nach Eurocode 4 und DIN 18800-5

Auswertung von Versuchsergebnissen nach EN 1990 [33]. Die Anpassung der Berechnungsmodelle (z. B. vollplastische Momententragfähigkeit) an die Versuchsergebnisse erfolgte durch Einführung eines Anpassungsfaktors bei der Betondruckfestigkeit. Dieser Anpassungsfaktor beträgt nach Eurocode 4 [1] bei vollplastischer Ermittlung der Querschnittstragfähigkeit unabhängig von der Beanspruchungsart 0,85. Er berücksichtigt im Wesentlichen Einflüsse aus der Lastdauer und aus dem Unterschied zwischen vollplastischer und dehnungsbeschränkter Querschnittstragfähigkeit.

Da der Einfluss der Lastdauer und der weiteren Einflüsse im Eurocode 4 durch den zuvor erläuterten Anpassungsfaktor erfasst wird, ergibt sich der Bemessungswert der Betondruckfestigkeit nach Eurocode 4 [1] und Bild 8 zu f_{cd} (EC4) = f_{ck} / γ_c.

Wie bereits zuvor erläutert, verwendet DIN 18800-5 [6] für die Bemessung der Betonquerschnittsteile als Bezugsnorm DIN 1045-1. Da in dieser Norm der Bemessungswert der Druckfestigkeit des Betons f_{cd} (DIN 1045) = $\alpha\, f_{ck}/\gamma_c$ unter Berücksichtigung des Abminderungsbeiwertes α definiert ist, wird in DIN 18800-5 abweichend von Eurocode 4 kein weiterer Abminderungsfaktor für die vollplastische Spannungsverteilung im Betongurt berücksichtigt (siehe Bild 8). Dieser Einfluss wird mit ausreichender Genauigkeit durch den abgeminderten Bemessungswert der Betondruckfestigkeit f_{cd} (DIN 1045) erfasst. Er berücksichtigt neben den Einflüssen nach DIN 1045, Abschnitt 9.1.6 auch die zuvor beschriebenen Einflüsse aus der vereinfachten Berechnung mit vollplastischen Spannungsblöcken. Eine weitere Reduktion des Bemessungswertes der Betondruckfestigkeit und der Höhe des vollplastischen Spannungsblocks gemäß DIN 1045-1, Bild 25 ist daher bei Verbundbauteilen nicht erforderlich.

In den letzten Jahren wurden vielfach Verbundstützen mit Querschnitten ausgeführt, die nicht mithilfe des vereinfachten Nachweisverfahrens in DIN 18800-5 be-

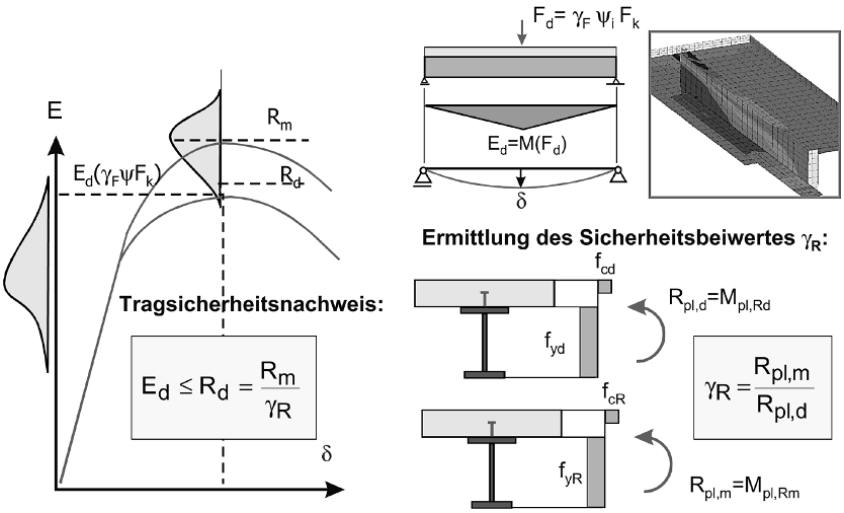


Bild 9. Ermittlung des Tragwiderstandes bei nichtlinearer Berechnung

messen werden können. Der Nachweis ausreichender Tragsicherheit muss dann mit dem in DIN 18800-5 angegebenen genauen Nachweisverfahrens geführt werden. Dies erfordert die Anwendung nichtlinearer Berechnungsverfahren unter Berücksichtigung von geometrischen und physikalischen Nichtlinearitäten. Der Nachweis ausreichender Tragsicherheit kann dann nicht mehr mithilfe von Teilsicherheitsbeiwerten für die unterschiedlichen Werkstofffestigkeiten geführt werden. Grundlage des Nachweises bilden im Allgemeinen die Spannungsdehnungslinien, die das mittlere Verhalten des jeweiligen Baustoffs beschreiben. In DIN 18800-5 [6] werden näherungsweise die Spannungsdehnungslinien mit den charakteristischen Werten der Festigkeiten zugrunde gelegt. Der Teilsicherheitsbeiwert für den Tragwerkswiderstand γ_R wird dabei für den jeweils maßgebenden kritischen Querschnitt aus dem Verhältnis der Querschnittstragfähigkeit $R_{pl,m}$ bei Ansatz der rechnerischen Mittelwerte und dem Bemessungswert der vollplastischen Querschnittstragfähigkeit nach $R_{pl,d}$ nach Bild 9 berechnet. Eine ausreichende Tragfähigkeit gilt als nachgewiesen, wenn der auf die Bemessungswerte der Einwirkungen bezogene, rechnerische Laststeigerungsfaktor größer als der Teilsicherheitsbeiwert γ_R ist. Ein Nachweis der Tragsicherheit nach Element 506 ist nur für Träger mit Querschnitten der Klasse 1 und 2 sowie für Verbundstützen zulässig.

Sicherheitskonzept für ständige und vorübergehende Bemessungssituationen mit Ausnahme des Grenzzustandes der Ermüdung

DIN 1055-100, Abschnitt 9.4:

$$E_d = E\left\{\sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P_k + \gamma_S Q_{k,S} + \gamma_{Q1} Q_{k,1} + \sum \gamma_{Qi} \psi_{0,i} Q_{k,i}\right\}$$

Vereinfachte Kombination für Hochbauten nach DIN 1055-100, Anhang A:

$$E_d = E\left\{\sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_p P_k + \gamma_S Q_{k,S} + 1{,}5\left[Q_{k,1} + \psi_{0,Q,max} \sum Q_{k,i}\right]\right\}$$

Kombinationen nach DIN 18800-1, 7.2.2:

$$E_d = E\left\{\sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P_k + \gamma_S Q_{k,S} + 1{,}5\, Q_{k,1}\right\}$$

$$E_d = E\left\{\sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P_k + \gamma_S Q_{k,S} + \psi_i\, 1{,}5 \sum Q_{k,i}\right\} \text{ mit } \psi_i = 0{,}9$$

G_k - charakteristischer Wert der ständigen Einwirkung
P_k - charakteristischer Wert der Vorspannung (planmäßig eingeprägte Deformationen)
$Q_{k,S}$ - sekundäre Beanspruchungen aus Schwinden
Q_{k1} - charakteristischer Wert der vorherrschenden veränderlichen Einwirkung
Q_{ki} - charakteristischer Wert einer nicht vorherrschenden veränderlichen Einwirkung
A_d - Bemessungswert der außergewöhnlichen Einwirkung
ψ_{0i}, ψ_i - Kombinationsbeiwerte
γ_{Gj}, γ_{Qi} γ_P, γ_S - Teilsicherheitsbeiwerte γ_F für ständige und veränderliche Einwirkungen sowie Schwinden und Vorspannung mittels planmäßig eingeprägter Deformationen

Einwirkung	Teilsicherheitsbeiwerte γ_F		
		Auswirkung	
		ungünstig	günstig
ständige Einwirkungen	γ_G	1,35	1,0
veränderliche Einwirkungen (Verkehr, Wind, Schnee, Temperatur)	γ_Q	1,5	-
sekundäre Beanspruchungen aus Schwinden	γ_S	1,0	1,0
planmäßig eingeprägte Deformationen	γ_P	1,1	1,0

Bild 10. Kombinationen im Grenzzustand der Tragfähigkeit und Teilsicherheitsbeiwerte γ_F für Einwirkungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit

5.3 Grenzzustände der Tragfähigkeit

In den Grenzzuständen der Tragsicherheit ist die Bedingung $E_d \leq R_d$ nachzuweisen, wobei E_d die mit den Bemessungswerten der Einwirkungen F_d ermittelten Beanspruchungen (z. B. Schnittgrößen) und R_d die mit den Bemessungswerten der Widerstandsgrößen ermittelten Beanspruchbarkeiten R_d sind (siehe Bild 4). Die Bemessungswerte der Einwirkungen ergeben sich in den Grenzzuständen der Tragsicherheit aus den mit dem Teilsicherheitsbeiwert γ_F und gegebenenfalls mit einem Kombinationsbeiwert ψ_i vervielfachten charakteristischen Wert der Einwirkung F_k. Die charakteristischen Werte F_k sowie die Kombinationsbeiwerte sind dabei den einzelnen Teilen der DIN 1055 zu entnehmen.

Bei der Kombination mehrerer Einwirkungen wird in Übereinstimmung mit DIN 1055-100 zwischen ständigen und vorübergehenden Bemessungssituationen (Grundkombination) und außergewöhnlichen Bemessungssituationen unterschieden. Die Teilsicherheitsbeiwerte sind für Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit gegen Versagen des Tragwerks durch Bruch oder übermäßige Verformung in Bild 10 angegeben. Die Kombinationsbeiwerte ergeben sich nach DIN 1055-100, Tabelle A.2 [22]. Alternativ darf der Nachweis ausreichender Tragsicherheit auch mit den vereinfachten Kombinationsregeln nach Anhang A der DIN 1055-100 oder mit dem in DIN 18800-1, Abschnitt 7 angegebenen Sicherheitskonzept erfolgen. Für den Nachweis der Lagesicherheit gilt DIN 1055-100.

Bei Verbundtragwerken kann der Beanspruchungszustand mittels planmäßig eingeprägter Deformationen vorteilhaft beeinflusst werden. Da planmäßig eingeprägte Deformationen in DIN 18800 Teil 1 [1] nicht behandelt werden, sind in Teil 5 zusätzliche Regelungen enthalten. Die Unsicherheiten bezüglich der Beanspruchungen resultieren bei planmäßig eingeprägten Deformationen in erster Linie aus den Streuungen der Steifigkeit (Elastizitätsmodul des Betons und Rissbildung) sowie den zeitabhängigen Einflüssen aus dem Kriechen. Für Tragwerke, die nach elastischen Berechnungsverfahren bemessen werden, wurden auf der Grundlage probabilistischer Untersuchungen [34] die in Bild 10 angegebenen Teilsicherheitsbeiwerte ermittelt. Für die primären und sekundären Beanspruchungen aus dem Schwinden darf der Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_F = 1{,}0$ zugrunde gelegt werden.

5.4 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

Die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit sind diejenigen Zustände, bei deren Überschreitung die festgelegten Bedingungen C_d für die Funktion und die äußere Erscheinung (z. B. Rissbreite oder Verformung) nicht mehr erfüllt sind, d. h. es muss die Bedingung $E_d \leq C_d$ nachgewiesen werden. Hierbei ist E_d der jeweilige Bemessungswert der Lastauswirkungen. Bei den Bemessungswerten E_d der Lastauswirkungen werden die in Bild 11 angegebenen Einwirkungskombinationen unterschieden.

Die Anforderungen in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit werden in DIN 1045-1 durch Anforderungsklassen geregelt. Verbundträger des Hoch- und Industriebaus ohne Spanngliedvorspannung sind dabei in der Regel in die Anforderungsklasse E einzustufen.

Die Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit umfassen in DIN 18800-5 die Beschränkung der Rissbreite im Beton, die Beschränkung von Spannungen und Verformungen sowie das Schwingungsverhalten. Bei der Beschränkung der Verformungen ist dabei zusätzlich bei niedrigen Verdübelungsgraden der Einfluss der Nachgiebigkeit der Verbundmittel zu berücksichtigen und der Schlupf in der Verbundfuge zu beschränken. Nach Eurocode 4 ist zusätzlich bei Trägern mit Querschnitten der Klasse 4 und beulgefährdeten Stegen ein Nachweis gegen Stegblechatmen erforderlich, wenn das Tragwerk nicht vorwiegend

Seltene Kombination: $E_d = E\left\{\Sigma\, G_{k,j} + P_k + Q_{k,1} + \Sigma\, \psi_{0,i}\, Q_{k,i}\right\}$

Häufige Kombination: $E_d = E\left\{\Sigma\, G_{k,j} + P_k + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \Sigma\, \psi_{2,i}\, Q_{k,i}\right\}$

Quasi-ständige Kombination: $E_d = E\left\{\Sigma\, G_{k,j} + P_k + \Sigma\, \psi_{2,i}\, Q_{k,i}\right\}$

Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit
$E_d \leq C_d$:

$C_d =$
- Verformung
- Rissbildung
- übermäßige Druckspannung im Beton
- übermäßiger Schlupf in der Verbundfuge
- übermäßiges Kriechen
- Stegblechatmen
- Schwingungen

Bild 11. Einwirkungskombinationen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Tabelle 1. Anforderungsklassen nach DIN 1045-1 und zugehörige Rechenwerte der Rissbreite w_k

Anforderungsklasse	Einwirkungskombinationen für den Nachweis der		w_k [mm]
	Dekompression	Rissbreitenbeschränkung	
A	selten	–	0,2
B	häufig	selten	0,2
C	quasi-ständig	häufig	0,2
D	–	häufig	0,2
E	–	quasi-ständig	0,3
F	–	quasi-ständig	0,4

Tabelle 2. Expositionsklassen nach DIN 1045-1

Kein Angriffsrisiko		X0	
Bewehrungskorrosion	Karbonisierung	XC	Carbonisation
	Chloride ohne Meerwasser	XD	Deising-Salt
	Meerwasser	XS	Sea
Betonangriff	Frost/Taumittel	XF	Frost
	Chemischer Angriff	XA	Acid
	Verschleiß	XM	Mechanical Abrasion

ruhend beansprucht wird. Dieser Nachweis wird in DIN 18800-5 nicht gefordert, da bei schlanken Stegen die überkritischen Tragreserven nicht in dem Maße ausgenutzt werden, wie es in Eurocode 3-1-5 [35] der Fall ist.

6 Dauerhaftigkeit

Die Anforderungen an die Dauerhaftigkeit sind in DIN 18800-5 für die Stahl- und Betonbauteile durch Verweis auf DIN 18800-1 und DIN 1045-1 geregelt.

Die Sicherstellung der Dauerhaftigkeit der Betonquerschnittsteile wird durch vier Maßnahmen erreicht. In Abhängigkeit von der Bauteilexposition werden die Betonfestigkeitsklasse, Grenzwerte für die Zusammensetzung des Betons (W/Z-Wert und Zementgehalt), die Mindestbetondeckung sowie die Dauer und Art der Nachbehandlung festgelegt. Durch die Festlegung der Expositionsklasse erfolgt die Klassifizierung des Bauteils hinsichtlich der chemischen und physikalischen Umgebungsbedingungen, denen der Beton und die Bewehrung ausgesetzt sind und die nicht direkt in den Nachweisen der Grenzzustände der Tragfähigkeit berücksichtigt werden. Dabei wird entsprechend Tabelle 2 zwischen Einflüssen hinsichtlich der Bewehrungskorrosion und des Betonangriffs unterschieden.

Die Expositionsklassen XC, XD und XS beschreiben das Angriffsrisiko hinsichtlich der Bewehrungskorrosion. Die zugehörigen Mindestfestigkeitsklassen sowie die Anforderungen an den Mindestwert c_{min} der Betondeckung und das Vorhaltemaß Δc zur Berücksichtigung von unplanmäßigen Abweichungen sind in den Tabellen 3 und 4 zusammengestellt.

Die Klassifizierung hinsichtlich des Betonangriffs erfolgt mithilfe der Expositionsklassen XF, XA und XM nach Tabelle 2. Die hieraus resultierenden Anforderungen an die Mindestfestigkeitsklasse sind in Tabelle 5 angegeben. Hinsichtlich der Frage der Betonkorrosion bezüglich Alkali-Kieselsäurereaktion wird auf DIN 1045-1 verwiesen. Die aus der Klassifizierung hinsichtlich der Bewehrungskorrosion und des Betonangriffs resultierende höchste Mindestfestigkeitsklasse ist für die Ausführung und Tragwerksplanung maßgebend. Ferner resultieren aus der Klassifizierung weitere Anforderungen hinsichtlich des Wasser-Zement-Wertes, des Zementgehaltes und der Nachbehandlung des Betons. Siehe hierzu DIN 1045 Teil 2 [19] und DIN EN 206 [36].

Für die Stahlbauteile von Verbundtragwerken sind im Hinblick auf die Dauerhaftigkeit, insbesondere der Korrosionsschutz, die korrosionsgerechte konstruktive Ausbildung und weitere Anforderungen an die konstruktive Ausbildung nach DIN 18800-1, Abschnitt 5 zu beachten. Die speziellen Anforderungen an die Verbundmittel sind in DIN 18800-5 im Abschnitt 9.4.5 geregelt. Hierzu zählen insbesondere Anforderungen bezüglich der minimalen Randabstände, die Betondeckung und die Anordnung der Bewehrung in der Dübelumrissfläche. Auf diese Punkte wird im Abschnitt 9 noch detailliert eingegangen. Bei Korrosionsschutzanforderungen ist auf eine entsprechende Ausbildung der Kontaktfuge zwischen Beton und Baustahl zu achten. Der Randbereich ist über eine Breite von 50 mm wegen der erhöhten Spaltkorrosionsgefahr mit einem geeigneten Beschichtungssystem (siehe DIN 18800-7, Element (1009)) zu versehen. Ferner sollten die zwischen den Randbereichen der Gurte liegenden Obergurtflächen sowie die Dübel grundsätzlich eine Fertigungsbeschichtung erhalten, um auf der Baustelle eine Verschmutzung der Konstruktion durch Rostfahnen zu vermeiden.

Tabelle 3. Mindestfestigkeitsklassen in Abhängigkeit von der Expositionsklasse zur Beurteilung der Bewehrungskorrosion

Klasse		Umgebung	Beispiel	Mindestfestigkeitsklasse
X0		Ohne Bewehrung, kein Betonangriff	Fundamente ohne Bewehrung ohne Frost	C12/15
XC	1	Trocken oder ständig nass	Innenräume, Beton unter Wasser	C16/20
	2	Nass, selten trocken	Gründungen	C16/20
	3	Mäßige Feuchte	Offene Hallen	C20/25
	4	Wechselnd nass/trocken	Gründung, beregnet	C25/30
XD	1	Mäßige Feuchte	Sprühnebelbereich – Brücken	C30/37
	2	Nass, selten trocken	Schwimmbecken	C35/45
	3	Wechselnd nass/trocken	Direkt befahrene Parkdecks	C35/45
XS	1	Salzige Luft, kein Wasser	Außenbauteile – Küstennähe	C30/37
	2	Unter Meerwasser	Hafenanlagen	C35/45
	3	Tidebereich	Kaimauern	C35/45

Tabelle 4. Mindestbetondeckung für Betonstahl zum Schutz gegen Korrosion und Vorhaltemaße Δc

Klasse		Umgebung	Beispiel	C_{min} [mm]	Δc [mm]
X0		Ohne Bewehrung, kein Betonangriff	Fundamente ohne Bewehrung ohne Frost	10	10
XC	1	Trocken oder ständig nass	Innenräume, Beton unter Wasser	10	15
	2	Nass, selten trocken	Gründungen	20	
	3	Mäßige Feuchte	Offene Hallen	20	
	4	Wechselnd nass/trocken	Gründung, beregnet	25	
XD	1	Mäßige Feuchte	Sprühnebelbereich – Brücken	40	15
	2	Nass, selten trocken	Schwimmbecken		
	3	Wechselnd nass/trocken	Direkt befahrene Parkdecks		
XS	1	Salzige Luft, kein Wasser	Außenbauteile – Küstennähe	40	15
	2	Unter Meerwasser	Hafenanlagen		
	3	Tidebereich	Kaimauern		

Tabelle 5. Expositionsklassen zur Beurteilung des Betonangriffs

Klasse		Umgebung	Beispiel	Mindestfestigkeitsklasse
XF	1	Mäßige Wassersättigung ohne Taumittel	Außenbauteile	C25/30
	2	Mäßige Wassersättigung mit Taumittel	Lotrecht, Spritz- oder Sprühnebelbereich	C25/30
	3	Hohe Wassersättigung ohne Taumittel	Wasserwechselzone	C25/30
	4	Hohe Wassersättigung mit Taumittel	Horizontal, Spritzbereich	C30/37
XA	1	Chemisch schwach	Kläranlagenbehälter	C25/30
	2	Chemisch mäßig	Betonangreifende Böden	C35/45
	3	Chemisch stark	Industrieabwässer	C35/45
XM	1	Mäßiger Verschleiß	Luftreifen	C30/37
	2	Starker Verschleiß	Stapler + Luft/-Vollgummi	C30/37
	3	Sehr starker Verschleiß	Stapler + Elastomer/Stahl	C35/45

7 Werkstoffe

7.1 Baustahl

Für die charakteristischen Werte der Festigkeit des Baustahls gelten die Regelungen nach DIN 18800-1, d. h. der Teil 5 der DIN 18800 gilt für die Baustähle nach Tabelle 6. Für die Auswahl der Stahlsorten einschließlich der Gütegruppen gilt DASt-Richtlinie 009 sowie DIN 18800-7.

Für die Bemessung darf für Baustahl eine ideal-elastisch, ideal-plastische Spannungsdehnungslinie zugrunde gelegt werden. Mit DIN 18800-5 wird auch die Verwendung von hochfesten Stählen S 420, S 450 und S 460 für Verbundbauteile erlaubt. Bei Anwendung dieser Stähle sind jedoch bei vollplastischer Ermittlung der Querschnittstragfähigkeit zusätzliche Bedingungen zu beachten. Eine Bemessung nach der Fließgelenktheorie ist bei Trägern mit hochfesten Stählen nur zulässig, wenn eine ausreichende Rotationskapazität der Querschnitte nachgewiesen wird.

Die mechanischen und geometrischen Kennwerte sowie die Verbundeigenschaften von Profilblechen für Verbunddecken sind in DIN 18800-5 nicht geregelt. Sie sind allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen zu entnehmen.

Tabelle 6. Charakteristische Werte der Streckgrenze und der Zugfestigkeit für Baustähle nach DIN 18800-1

Stahlsorte		Erzeugnisdicke t [mm]	Streckgrenze f_{yk} [N/mm^2]	Zugfestigkeit f_u [N/mm^2]
unlegierte Baustähle nach DIN EN 10025-2	S235	$t \leq 40$ mm	240	360
		$40 < t \leq 100$ mm	215	
	S275	$t \leq 40$ mm	275	410
		$40 < t \leq 80$ mm	255	
	S355	$t \leq 40$ mm	360	470
		$40 < t \leq 80$ mm	335	
	S450	$t \leq 40$ mm	440	550
		$40 < t \leq 80$ mm	410	