

2024



# STAHLBAU KALENDER



Eurocode 3 – neue Anwendungsnormen



# 2024

# STAHLBAU KALENDER

---

Eurocode 3 – neue Anwendungsnormen

---

Herausgegeben von  
Prof. Dr.-Ing. Ulrike Kuhlmann

26. Jahrgang

Hinweis des Verlages

Die Recherche zum Stahlbau-Kalender ab  
Jahrgang 1999 steht im Internet zur Verfügung  
unter [www.ernst-und-sohn.de](http://www.ernst-und-sohn.de)

Cover: A40 Rheinbrücke Duisburg-Neuenkamp  
Foto: DEGES, HTI & MCE

Bauunternehmen: ARGE A40 Rheinbrücke Duisburg-Neuenkamp  
(HOCHTIEF Infrastructure GmbH/MCE GmbH)  
Bauherr: Bundesrepublik Deutschland  
Auftragsverwaltung: Autobahn GmbH des Bundes  
Projektdurchführung: DEGES, Deutsche Einheit Fernstraßenplanungs und -bau GmbH  
Entwurf: Leonhardt, Andrä und Partner Beratende Ingenieure VBI AG  
Gestalterische Beratung: André Keipke, Rostock

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

© 2024 Ernst & Sohn GmbH, Rotherstraße 21, 10245 Berlin, Germany

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Mikrofilm oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden.

All rights reserved (including those of translation into other languages). No part of this book may be reproduced in any form – by photoprinting, microfilm, or any other means – nor transmitted or translated into a machine language without written permission from the publisher.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie als solche nicht eigens markiert sind.

Umschlaggestaltung: Sonja Frank, Berlin  
Herstellung: pp030 – Produktionsbüro Heike Praetor, Berlin  
Satz: le-tex publishing services GmbH, Leipzig  
Druck und Bindung:

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

ISSN 1438-1192  
Print ISBN 978-3-433-03415-6  
ePDF ISBN 978-3-433-61171-5  
ePub ISBN 978-3-433-61177-7  
oBook ISBN 978-3-433-61172-2

## Vorwort

Im Stahlbau-Kalender 2024 wird die Vorstellung der Normenentwürfe der zweiten Generation von Eurocode 3 fortgesetzt, die in den vergangenen Jahrgängen mit dem Schwerpunkt in den Bemessungsgrundlagen begonnen wurde. Inzwischen sind auch die **neuen Anwendungsnormen** soweit, dass konsolidierte Fassungen vorliegen, die jetzt im Zuge des CEN Enquiry der Fachwelt zur Abstimmung vorgelegt werden. Der Stahlbau-Kalender 2024 konzentriert sich dabei auf die Normen für Infrastrukturobjekte wie Brücken, zum Beispiel mit dem neuen Eurocode 3 Teil 1-11 für Zugglieder aus Stahl, Teil 2 für Stahlbrücken oder Teil 5 für Pfähle und Spundwände. Diese neuen Entwürfe sind auszugsweise in deutscher Übersetzung wiedergegeben, wobei die Änderungen gegenüber den gültigen Fassungen hervorgehoben und erläutert werden. Dazu werden die zugrunde liegenden aktuellen Forschungsergebnisse wiedergegeben und durch praxisnahe Beispiele ergänzt.

Weitere Beiträge vervollständigen den Themenbereich Brückenbau und ähnliche Tragwerke: In Ergänzung zum Beitrag über den zukünftigen Grundlagenteil zur Ermüdung prEN 1993-1-9 im Stahlbau-Kalender 2023 wird im vorliegenden Jahrgang die Anwendung der erweiterten Betriebsfestigkeitskonzepte vorgestellt, die zum ersten Mal mit dem neuen Entwurf prEN 1993-1-9 als reguläre Nachweiskonzepte für Ermüdung eingeführt werden. In direktem Zusammenhang damit wurden mit dem neuen Eurocode 3 Teil 1-14 „Bemessung mithilfe von Finite-Element-Berechnung“ die Voraussetzungen für den simulationsgestützten Nachweis der Betriebsfestigkeit auf der Grundlage des Nennspannungs-, des Strukturspannungs- (Hot-Spot-Methode) und des Kerbspannungskonzepts geschaffen. Ein Beitrag zur Ermittlung der Beanspruchungen in Stahlbrücken beim Heißeinbau des Fahrbahnbelags greift eine sehr aktuelle Diskussion im Stahlbrückenbau auf. Tragstrukturen für Windenergieanlagen unterliegen ähnlichen Bedingungen wie Brücken, sodass dieser anwendungsorientierte Beitrag den Stahlbau-Kalender 2024 abrundet.

Der Abdruck der Grundnorm **DIN EN 1993-1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau** mit Nationalem Anhang sowie ergänzenden, an den jeweiligen Stellen aktualisierten Kommentaren von Ulrike Kuhlmann und Fabian Jörg, Universität Stuttgart, ermöglicht in der täglichen Arbeitspraxis den unmittelbaren Zugriff auf die aktuellste Fassung der Norm und ihre Auslegungen, wie sie sich zum Teil durch aktuelle Anfragen und Entwicklungen u. a. bei der zurzeit laufenden Überarbeitung der Norm für die zweite Generation der Eurocodes ergeben haben.

Karsten Kathage und Christoph Ortmann, Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin erläutern in ihrem Beitrag **Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB), Normen und Bescheide im Metallbau** die zur Zeit der Beitragsbearbei-

tung noch aktuelle Version MVV TB 2023/1 im Hinblick auf den Metallbau. Die überarbeitete Version MVV TB 2024/1 der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen ist erst für Mitte 2024 vorgesehen. Zusätzlich werden die aktuellen Normen und Richtlinien für den Metallbau aufgelistet und eine Zusammenstellung der für den Stahl- und Verbundbau relevanten Bescheide des Deutschen Instituts für Bautechnik DIBt (Stand: September 2023) gegeben.

Über die **Drucktragfähigkeit von Winkelprofilen mit Erfassung baupraktischer geschraubter bzw. geschweißter Anschlüsse und zutreffendes Bemessungsmodell** berichten Harald Unterwiesing, Markus Kettler und Paul Reinhold Zauchner, Technische Universität Graz. Geschraubte Winkelprofile werden aufgrund ihrer einfachen Herstellung und schnellen Montage häufig als Verbandsdiagonalen in Freileitungsmasten, Industriebauten und Hochbauten eingesetzt. Der Anschluss der Winkelenden an nur einem Winkelschenkel führt zu einer exzentrischen Lasteinleitung, aber auch zu Anschlusssteifigkeiten, die sich wegen dieser zusätzlichen Endeinspannungen positiv auf das Biegeknicken auswirken. Durch Forschung an der Technischen Universität Graz konnten für verschiedene baupraktische Anschlussformen Formeln zur Ermittlung äquivalenter Drehfedersteifigkeiten abgeleitet und daraus ein Bemessungsmodell zur Ermittlung der Drucktragfähigkeit entwickelt werden, welches im Zusammenhang mit dem aktuellen Eurocode 3 Teil 1-1, aber auch mit der zukünftigen Norm einen optimierten und realistischen Nachweis für dieses sehr verbreitete Bauteil ermöglicht.

Der **erstmal veröffentlichte Entwurf prEN 1993-1-14: 2023** wird von Markus Knobloch, Faranak Faghihi, Mehmed Numanović und Anna-Lena Bours, Ruhr-Universität Bochum, erläutert. Darin werden wesentliche Abschnitte des neuen Eurocode 3 Teil 1-14 für die FE-gestützte Bemessung und deren Hintergründe vorgestellt und kommentiert. Ergänzende Beispiele tragen zudem zum besseren Verständnis bei. Gleichzeitig wurde auszugsweise mit dem grau hinterlegten Text auch der zurzeit vorliegende Normenentwurf prEN 1993-1-14 von den Autoren in die deutsche Sprache übertragen. Mit diesem völlig neuen Normentwurf wird der Anwendung der numerischen, FE-gestützten Berechnung und Nachweisführung ein Rahmen in der Normung gegeben, der verpflichtend ist und Anwendungsoptionen für die Zukunft eröffnet.

Der Nachweis der Ermüdung im Sinne der Betriebsfestigkeit wird in dem Beitrag **Erweiterte Konzepte der Betriebsfestigkeit** von Markus Knobloch, Stefanie Röscher, Simon Steinhoff, Ruhr-Universität Bochum, Marc Seidel, Siemens Gamesa und Marion Rauch, Hochschule Kaiserslautern, behandelt. Als Ergänzung zum Beitrag über zukünftige Entwicklungen in prEN 1993-1-9 im Stahlbau-Kalender 2023 werden

zunächst die Hintergründe und Anwendung der erweiterten Konzepte der Betriebsfestigkeit sowie die wesentlichen Grundlagen der Betriebsfestigkeit wiedergegeben, wie sie in den Anlagen B und C des Entwurfs prEN 1993-1-9 implementiert sind. Weiterhin wird ein Überblick über die spannungsbasierten Nachweiskonzepte zur Lebensdauerprognose gegeben und es wird das Kerbspannungskonzept dargestellt. Auch das Kerbdehnungs- und Rissfortschrittskonzept sowie ihre Verknüpfung im Zwei-Phasen-Modell sind Gegenstand der erweiterten Konzepte. Wichtig sind Anmerkungen zur Berücksichtigung mehraxialer Spannungszustände im Betriebsfestigkeitsnachweis, da das vielfach eine offene Frage ist. Im Rahmen dreier Beispiele wird schließlich die Anwendung der erweiterten Konzepte erläutert.

Auch die **Neuen Entwicklungen in prEN 1993-1-11:2024** werden von Heinz Friedrich, Bundesanstalt für Straßenwesen, Thomas Misiak, Breinlinger Ingenieure Hochbau GmbH, José Oliveira Pedro, Universität Lissabon und Daniel Ruff, Karlsruher Institut für Technologie, dargelegt. Der Eurocode 3 Teil 1-11 beinhaltet Regeln für die Bemessung und Konstruktion von Zuggliedern aus Stahl für die Verwendung in Bauwerken aus Stahl oder anderen Materialien wie z. B. Stahlbeton, Stahl-Beton-Verbund und Holz. Mit Einführung der zweiten Eurocode-Generation wird auch bei diesem Normenteil die bisher gültige Fassung durch eine Neuauflage ersetzt. Im Zuge der Erstellung der Neuauflage erfolgte eine grundlegende Überarbeitung der Inhalte, sodass sich nahezu durchgängig mehr oder weniger ausgeprägte Änderungen und Ergänzungen ergeben haben. In dem vorliegenden Beitrag wird der Normentext von prEN 1993-1-11:2024 mit Erläuterungen und Hintergrundinformationen wiedergegeben. Dazu wurde der zurzeit lediglich im Englischen vorliegende Normentwurf von den Autoren fast vollständig ins Deutsche übertragen. Bei der Bearbeitung wurde auch deutlich, dass es an der einen oder anderen Stelle Änderungsbedarf gibt, der im folgenden Normungsprozess als Kommentare eingereicht und in der endgültigen Fassung voraussichtlich berücksichtigt wird.

Von Lisa-Marie Gözl, Ulrike Kuhlmann, Universität Stuttgart, José Oliveira Pedro, Universität Lissabon, Wolfram Schleicher, Ingenieurbüro Dr. Schleicher, Michael Schmidmeier, Mensinger Stadler Ingenieure, Ralf Schubart, Meyer+Schubart Partnerschaft Beratender Ingenieure VBI mbB und Ulrike Spiegelhalter, Bürogemeinschaft Kuhlmann-Gerold-Eisele-Zipperlen, werden die **Neuen Entwicklungen in prEN 1993-2:2023** zu Stahlbrücken wiedergegeben. Wie alle europäischen Bemessungsnormen befindet sich zurzeit auch DIN EN 1993-2 zur Bemessung von Stahlbrücken in einer Überarbeitungsphase. Seit 2023 liegt ein englischsprachiger Norm-Entwurf prEN 1993-2 vor, über den in naher Zukunft die Eurocode-Mitgliedsländer abstimmen müssen. Dieser Beitrag stellt dem Fachpublikum im deutschsprachigen

Raum erstmals auszugsweise eine deutsche Übersetzung des englischsprachigen Norm-Entwurfs vor und kommentiert diesen an den wichtigsten Stellen. Dabei konzentriert sich der Beitrag auf die Änderungen gegenüber der jetzt gültigen Norm, womit dem interessierten Fachpublikum eine erste Auseinandersetzung mit den geplanten Änderungen ermöglicht und eine fachöffentliche Diskussion angeregt werden soll. Hinweise, Anregungen, kritische Kommentare sowie Empfehlungen zur deutschen Übersetzung des Norm-Entwurfs sind daher ausdrücklich erwünscht, um bei der Überarbeitung der Eurocodes die Bemessungsregeln noch besser den Anforderungen und Belangen der Praxis anzupassen.

Der Heißeinbau des Asphalts führt bei Brückentragwerken zu nichtlinearen Temperaturfeldern, die erhebliche Zwangsschnittgrößen hervorrufen können. Diesem Thema widmet sich der Beitrag **Ermittlung der Beanspruchungen in Stahlbrücken beim Heißeinbau des Fahrbahnbelags** von Gerhard Hanswille, HRA Ingenieurgesellschaft mbH und Ingbert Mangerig, Mangerig und Zapfe Beratende Ingenieure GmbH. Die Beanspruchungen werden bei einer Bemessung auf der Grundlage der harmonisierten europäischen Regelwerke derzeit nicht berücksichtigt. An einzelnen Beispielen konnte in den letzten Jahren beobachtet werden, dass mit einem zeitlichen Versatz nach dem Austausch des Fahrbahnbelags an orthotropen Fahrbahnplatten und an den Querrahmen von Verbundbrücken Ermüdungsschäden auftraten. Es kann daher vermutet werden, dass der Heißeinbau des Asphaltbelags zu Tragwerksbeanspruchungen führt, die Vorschädigungen der Konstruktion hervorrufen und somit zu einer Reduzierung der Lebensdauer führen können. Dieser Beitrag beschreibt die Grundlagen für die Ermittlung der nichtlinearen Temperaturfelder aus dem Heißeinbau des Asphalts unter Berücksichtigung der Interaktion mit den klimatischen Temperatureinwirkungen. Darauf aufbauend werden vereinfachte Berechnungsmodelle für die Praxis vorgestellt, die eine Berechnung der sekundären und primären Beanspruchungen infolge des Heißeinbaus von Asphalt für Stahlbrücken mit orthotropen Fahrbahnplatten ermöglichen. Für den Nachweis der vorübergehenden Bemessungssituation „Heißeinbau des Belags“ werden ergänzende Regelungen zu den klimatischen Temperatureinwirkungen für diese spezielle Bemessungssituation sowie Festlegungen für Einwirkungen aus dem Arbeitsbetrieb und Kombinationsregeln bei einem späteren Wechsel des Belags unter Verkehr behandelt.

Auf die **Neuen Entwicklungen in prEN 1993-5:2023**, Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 5: Pfähle und Spundwände, gehen Cécile Prüm, ArcelorMittal Global R&D, Jacobs Colin, Anker Schroeder ASDO GmbH, Dirk Jan Peters, Technische Universität Delft und Alexander Enders, Universität Stuttgart, in ihrem Beitrag ein. Stahl-Pfähle und Stahl-Spundwände werden schon seit einem Jahrhundert für Infrastrukturbauwerke wie Kaimau-

ern, Schleusen, Trockendocks, Baugruben und andere Stützbauwerke verwendet. Diese werden zurzeit nach DIN EN 1993-5:2010 bemessen. Inzwischen werden im Vergleich zum ursprünglichen Stand der Technik in geometrischer Hinsicht größere und breitere Spundwände und -bohlen sowie immer öfter kombinierte Wände (Rohrpfähle und H-Pfähle) verwendet. Zur Unterstützung dieser Entwicklungen wurden Forschungsprojekte durchgeführt, um das Verhalten der breiteren Spundwände zu analysieren, aber auch um die Bemessung der kombinierten Wände zu optimieren. Im Zuge der Entwicklung der zweiten Generation von Eurocode 3 galt es als Hauptaufgabe, national festgelegte Parameter zu überprüfen und auf notwendige Parameter zu reduzieren, die Benutzerfreundlichkeit zu verbessern und die EN 1993-5 mit den anderen Eurocode-Teilen zu harmonisieren. Auch wurden die Regeln für kombinierte Wände (Rohrpfähle und H-Pfähle) aktualisiert und die Regeln für Anker geklärt. Der Beitrag stellt anhand einer deutschen auszugswweisen Übersetzung der neuen Normentexte und ausführlichen Erläuterungen vor allem diese Änderungen des Normenentwurfs vor.

Der Beitrag **Tragstrukturen für Windenergieanlagen** von Peter Schaumann, Manuela Böhm, Leibniz Universität Hannover, Sebastian Kelma, Jörss – Blunck – Ordemann GmbH, Tim Rutkowski, TÜV NORD Systemtec GmbH & Co. KG und Christopher Schierl, Leibniz Universität Hannover, behandelt die Tragstrukturen von Windenergieanlagen (WEA) sowohl für Onshore- als auch für Offshore-Konstruktionen. Die Windenergie hat eine noch vor Jahren nicht für möglich gehaltene Entwicklung genommen. Das betrifft sowohl die Anlagengrößen als auch die Anzahl der weltweit installierten Anlagen. Für Bauingenieure und insbesondere für den Stahlbau bringt diese Technologie eine Reihe von Herausforderungen durch die Dimensionen und die extremen Ermüdungsbeanspruchungen mit sich. Bei Offshore-Windenergieanlagen kommen die widrigen Umweltbedingungen im Hinblick auf die Korrosion und die aufwendige Installation hinzu. Im bautechnischen Bereich setzen insbesondere die hohen dynamischen Lasten, die Verknüpfung der Lastermittlung mit dem gesteuerten Betrieb der Anlagen und die Tatsache, dass es sich meist um Großserienprodukte handelt, neue Maßstäbe. Infolgedessen erfordert die Erstellung von WEA eine enge Zusammenarbeit der verschiedenen Disziplinen. Der Beitrag behandelt Kernthemen wie die Tragstrukturvarianten, die besonderen Einwirkungen, die Verfahren zur Schnittgrößenermittlung für die Turmstruktur, die Besonderheiten bei der Bemessung von Rohrtürmen vor allem auch in Hinblick auf die Ermüdung sowie die Konstruktion und Montage.

Ich darf mich im Namen des Verlags Ernst & Sohn bei allen Autoren ganz herzlich für ihre qualitativ hochwertige Arbeit bedanken. Den Mitarbeiter:innen des Verlags und im Institut danke ich besonders für ihren großen Einsatz, der trotz aller Schwierigkeiten ein pünktliches Erscheinen des Kalenders möglich macht.

Am **Freitag, 05. Juli 2024** wird der diesjährige Stahlbau-Kalender-Tag in der FOLDERHALLE in Leinfelden-Echterdingen stattfinden. Dazu möchten wir alle Interessierten ganz herzlich einladen. Die Autoren dieser Ausgabe werden ihre Themen vorstellen, wobei besonderer Wert auf die Diskussionen nach den Vorträgen gelegt wird. Auch Möglichkeiten für persönliche Fachgespräche werden geschaffen. Wir freuen uns auf Ihr Kommen.

Stuttgart, Januar 2024

Ulrike Kuhlmann

**Herausgeberin**

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

**Verlag**

Ernst & Sohn GmbH  
Rotherstraße 21, 10245 Berlin  
Tel. (030) 47031-200  
E-Mail: [info@ernst-und-sohn.de](mailto:info@ernst-und-sohn.de)  
[www.ernst-und-sohn.de](http://www.ernst-und-sohn.de)



---

## Inhaltsübersicht

- 1 **Stahlbaunormen – DIN EN 1993-1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau** 1  
Ulrike Kuhlmann, Fabian Jörg
- 2 **Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB), Normen und Bescheide im Metallbau** 87  
Karsten Kathage, Christoph Ortmann
- 3 **Drucktragfähigkeit von Winkelprofilen mit Erfassung baupraktischer geschraubter bzw. geschweißter Anschlüsse und zutreffendes Bemessungsmodell** 201  
Harald Unterweger, Markus Kettler, Paul Reinhold Zauchner
- 4 **Anwendung numerischer Methoden bei der Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Die neue prEN 1993-1-14:2023** 239  
Markus Knobloch, Faranak Faghihi, Mehmed Numanović, Anna-Lena Bours
- 5 **Erweiterte Konzepte der Betriebsfestigkeit** 307  
Markus Knobloch, Stefanie Röscher, Simon Steinhoff, Marc Seidel, Marion Rauch
- 6 **Neue Entwicklungen in prEN 1993-1-11:2024** 375  
Heinz Friedrich, Thomas Misiek, José J. Oliveira Pedro, Daniel C. Ruff
- 7 **Neue Entwicklungen in prEN 1993-2:2023** 451  
Ulrike Kuhlmann, Lisa-Marie Gölz, José J. Oliveira Pedro, Wolfram Schleicher, Michael Schmidmeier, Ralf Schubart, Ulrike Spiegelhalder
- 8 **Ermittlung der Beanspruchungen in Stahlbrücken beim Heißenbau des Fahrbelags** 523  
Gerhard Hanswille, Ingbert Mangerig
- 9 **Neue Entwicklungen in prEN 1993-5:2023** 581  
Cécile Prüm, Jacobs Colin, Dirk Jan Peters, Alexander Enders
- 10 **Tragstrukturen für Windenergieanlagen** 645  
Peter Schaumann, Manuela Böhm, Sebastian Kelma, Christopher Schierl



# Inhaltsverzeichnis

Vorwort III

Autor:innenverzeichnis XIX

<b>1</b>	<b>Stahlbaunormen – DIN EN 1993-1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau</b>	<b>1</b>
	Ulrike Kuhlmann, Fabian Jörg	
1	Allgemeines	8
1.1	Anwendungsbereich	8
1.1.1	Anwendungsbereich von Eurocode 3	8
1.1.2	Anwendungsbereich von Eurocode 3 Teil 1-1	9
1.2	Normative Verweisungen	10
1.2.1	Allgemeine normative Verweisungen	10
1.2.2	Normative Verweisungen zu schweißgeeigneten Baustählen	10
1.3	Annahmen	10
1.4	Unterscheidung nach Grundsätzen und Anwendungsregeln	10
1.5	Begriffe	10
1.5.1	Tragwerk	10
1.5.2	Teiltragwerke	10
1.5.3	Art des Tragwerks	10
1.5.4	Tragwerksberechnung	11
1.5.5	Systemlänge	11
1.5.6	Knicklänge	11
1.5.7	mittragende Breite	11
1.5.8	Kapazitätsbemessung	11
1.5.9	Bauteil mit konstantem Querschnitt	11
1.6	Formelzeichen	11
1.7	Definition der Bauteilachsen	16
2	Grundlagen für die Tragwerksplanung	16
2.1	Anforderungen	16
2.1.1	Grundlegende Anforderungen	16
2.1.2	Behandlung der Zuverlässigkeit	17
2.1.3	Nutzungsdauer, Dauerhaftigkeit und Robustheit	17
2.1.3.1	Allgemeines	17
2.1.3.2	Nutzungsdauer bei Hochbauten	17
2.1.3.3	Dauerhaftigkeit von Hochbauten	17
2.2	Grundsätzliches zur Bemessung mit Grenzzuständen	17
2.3	Basisvariable	18
2.3.1	Einwirkungen und Umgebungseinflüsse	18
2.3.2	Werkstoff- und Produkteigenschaften	18
2.4	Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten	18
2.4.1	Bemessungswerte von Werkstoffeigenschaften	18
2.4.2	Bemessungswerte der geometrischen Größen	18
2.4.3	Bemessungswerte der Beanspruchbarkeit	18
2.4.4	Nachweis der Lagesicherheit (EQU)	19
2.5	Bemessung mit Hilfe von Versuchen	19
3	Werkstoffe	19
3.1	Allgemeines	19
3.2	Baustahl	20
3.2.1	Werkstoffeigenschaften	20
3.2.2	Anforderungen an die Duktilität	22
3.2.3	Bruchzähigkeit	22
3.2.4	Eigenschaften in Dickenrichtung	22
3.2.5	Toleranzen	23
3.2.6	Bemessungswerte der Materialkonstanten	23
3.3	Verbindungsmittel	23
3.3.1	Schrauben, Bolzen, Nieten	23
3.3.2	Schweißwerkstoffe	23
3.4	Andere vorgefertigte Produkte im Hochbau	23
4	Dauerhaftigkeit	23
5	Tragwerksberechnung	24
5.1	Statische Systeme	24
5.1.1	Grundlegende Annahmen	24
5.1.2	Berechnungsmodelle für Anschlüsse	25
5.1.3	Bauwerks-Boden-Interaktion	25
5.2	Untersuchung von Gesamtragwerken	25
5.2.1	Einflüsse der Tragwerksverformung	25
5.2.2	Stabilität von Tragwerken	27
5.3	Imperfektionen	29
5.3.1	Grundlagen	29
5.3.2	Imperfektionen für die Tragwerksberechnung	29
5.3.3	Imperfektionen zur Berechnung aussteifender Systeme	33
5.3.4	Bauteilimperfektionen	34
5.4	Berechnungsmethoden	35
5.4.1	Allgemeines	35
5.4.2	Elastische Tragwerksberechnung	35
5.4.3	Plastische Tragwerksberechnung	36
5.5	Klassifizierung von Querschnitten	36
5.5.1	Grundlagen	36
5.5.2	Klassifizierung	36
5.6	Anforderungen an Querschnittsformen und Aussteifungen am Ort der Fließgelenkbildung	37
6	Grenzzustände der Tragfähigkeit	41
6.1	Allgemeines	41
6.2	Beanspruchbarkeit von Querschnitten	41

6.2.1	Allgemeines	41	6.3.2.3	Biegedrillknicklinien gewalzter Querschnitte oder gleichartiger geschweißter Querschnitte	57
6.2.2	Querschnittswerte	43	6.3.2.4	Vereinfachtes Bemessungsverfahren für Träger mit Biegedrillknickbehinderungen im Hochbau	58
6.2.2.1	Bruttoquerschnitte	43	6.3.3	Auf Biegung und Druck beanspruchte gleichförmige Bauteile	59
6.2.2.2	Nettofläche	43	6.3.4	Allgemeines Verfahren für Knick- und Biegedrillknicknachweise für Bauteile	61
6.2.2.3	Mittragende Breite	43	6.3.5	Biegedrillknicken von Bauteilen mit Fließgelenken	63
6.2.2.4	Wirksame Querschnittswerte bei Querschnitten mit Klasse-3-Stegen und Klasse-1- oder Klasse-2-Gurten bei Momentenbeanspruchung $M_y$	43	6.3.5.1	Allgemeines	63
6.2.2.5	Wirksame Querschnittswerte für Querschnitte der Klasse 4	44	6.3.5.2	Stützungen an Fließgelenken mit Rotationsanforderungen	63
6.2.3	Zugbeanspruchung	44	6.3.5.3	Stabilitätsnachweis für Tragwerksabschnitte zwischen seitlichen Stützungen	64
6.2.4	Druckbeanspruchung	45	6.4	Mehrteilige Bauteile	64
6.2.5	Biegebeanspruchung	45	6.4.1	Allgemeines	64
6.2.6	Querkraftbeanspruchung	45	6.4.2	Gitterstützen	67
6.2.7	Torsionsbeanspruchung	47	6.4.2.1	Tragfähigkeit von Elementen von Gitterstützen	67
6.2.8	Beanspruchung aus Biegung und Querkraft	48	6.4.2.2	Konstruktive Durchbildung	67
6.2.9	Beanspruchung aus Biegung und Normalkraft	48	6.4.3	Stützen mit Bindeblechen (Rahmenstützen)	67
6.2.9.1	Querschnitte der Klasse 1 und 2	48	6.4.3.1	Tragfähigkeit von Komponenten von Stützen mit Bindeblechen	67
6.2.9.2	Querschnitte der Klasse 3	49	6.4.3.2	Konstruktive Durchbildung	68
6.2.9.3	Querschnitte der Klasse 4	49	6.4.4	Mehrteilige Bauteile mit geringer Spreizung	68
6.2.10	Beanspruchung aus Biegung, Querkraft und Normalkraft	50	7	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	69
6.3	Stabilitätsnachweise für Bauteile	51	7.1	Allgemeines	69
6.3.1	Gleichförmige Bauteile mit planmäßig zentrischem Druck	51	7.2	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit für den Hochbau	69
6.3.1.1	Biegeknicken	51	7.2.1	Vertikale Durchbiegung	69
6.3.1.2	Knicklinien	51	7.2.2	Horizontale Verformungen	69
6.3.1.3	Schlankheitsgrad für Biegeknicken	51	7.2.3	Dynamische Einflüsse	69
6.3.1.4	Schlankheitsgrad für Drillknicken oder Biegedrillknicken	54		Literatur zu den Kommentaren	85
6.3.2	Gleichförmige Bauteile mit Biegung um die Hauptachse	54			
6.3.2.1	Biegedrillknicken	54			
6.3.2.2	Knicklinien für das Biegedrillknicken – Allgemeiner Fall	56			

**2 Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB), Normen und Bescheide im Metallbau 87**  
 Karsten Kathage, Christoph Ortman

1	Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB)	89	3.1	Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen/ allgemeine Bauartgenehmigungen	146
2	Normen und Richtlinien für den Metallbau	141	3.1.1	Sachgebiet Verbundbau	146
3	Bescheide des Deutschen Instituts für Bautechnik DIBt (Stand: Juli 2023)	146	3.1.2	Sachgebiet Metallbau – Werkstoffe	148
			3.1.3	Sachgebiet Metallbau – Metallbauarten	150
			3.1.4	Sachgebiet Gerüste	178
			3.2	Europäische Technische Bewertungen	190

<b>3</b>	<b>Drucktragfähigkeit von Winkelprofilen mit Erfassung baupraktischer geschraubter bzw. geschweißter Anschlüsse und zutreffendes Bemessungsmodell</b>	<b>201</b>	
	Harald Unterweger, Markus Kettler, Paul Reinhold Zauchner		
1	Einleitung und Inhaltsübersicht des Beitrags	205	5.2 Voraussetzungen für die Anwendung des Berechnungsmodells
2	Drucktragfähigkeit – allgemein	205	5.3 Modifikation des Berechnungs- bzw. Bemessungsmodells bei geschweißtem Winkelanschluss
2.1	Drucktragfähigkeit für Grenzfälle der Anschlusssteifigkeit	205	5.3.1 Modifizierte Exzentrizitäten
2.2	Zusammenhang zwischen Tragfähigkeit und Anschlusssteifigkeit	207	5.3.2 Modifizierte Kalibrierungsfaktoren $f_{D_{i,w}}$
3	Darstellung des Bemessungsmodells für geschraubte Anschlüsse sowie Voraussetzungen und Anwendungsgrenzen	208	5.3.3 Modifizierte Federsteifigkeiten $c_{\phi, in}$ und $c_{\phi, out}$
3.1	Bemessungsmodell für geschraubte Anschlüsse im Detail	208	5.3.4 Sonderfälle von geschweißten Anschlüssen
3.2	Geschraubte Anschlüsse mit starrem Verhalten in der Anschlussebene	213	5.4 Treffsicherheit der Federsteifigkeit $c_{\phi 1, out}$ für geschweißte Winkelanschlüsse
3.3	Sonderfälle von geschraubten Anschlüssen	213	5.5 Treffsicherheit des Bemessungsmodells gegenüber Versuchsergebnissen – Detail 1a geschweißt
3.4	Ermittlung der zusätzlichen Schraubenbeanspruchung aus der Einspannung am Anschluss	214	5.6 Umfangreiche numerische Parameterstudie zur Validierung der Treffsicherheit des Bemessungsmodells – Anschlüsse geschweißt
3.5	Modellbildung in der globalen Systemberechnung	214	6 Anwendungsbeispiele für das neue Bemessungsmodell anhand von Detail 2a und 3a mit beidseitig geschraubten Anschlüssen
3.6	Voraussetzungen für die Anwendung des Bemessungsmodells	214	6.1 Allgemeines
4	Hintergründe zum Bemessungsmodell und Validierung	215	6.2 Anwendungsbeispiel 1 – Trägersteganschluss (Detail 3a)
4.1	Schritt 1 – Nachrechnung der Laborversuche	215	6.2.1 Abmessungen und erforderliche Parameter
4.2	Schritt 2 – Ermittlung von zutreffenden Anschlusssteifigkeiten für die untersuchten Anschlussstypen	216	6.2.2 Drehfedersteifigkeit $c_{\phi, 3, in}$ in der Anschlussebene
4.3	Schritt 3 – Kalibrierung und Validierung des 1D-Bemessungsmodells durch FEM-Berechnungen	216	6.2.3 Drehfedersteifigkeit $c_{\phi, 3, out}$ aus der Anschlussebene
4.4	Hintergrund zum Bemessungsmodell – allgemein	217	6.2.4 Basisdaten und Ergebnis der 1D-Traglastberechnung nach Theorie II. Ordnung
4.5	Treffsicherheit und Anpassung für Anschlussdetail 1a und 1b	218	6.2.5 Traglastvergleich mit EN 1993-1-1
4.6	Treffsicherheit und Anpassung für Detail 2a	220	6.3 Anwendungsbeispiel 2 – Trägergurtanschluss (Detail 2a)
4.7	Treffsicherheit und Anpassung für Detail 2*a	221	6.3.1 Abmessungen und erforderliche Parameter
4.8	Treffsicherheit und Anpassung für Detail 3a	222	6.3.2 Drehfedersteifigkeit $c_{\phi, 2, in}$ in der Anschlussebene
4.9	Erweiterung auf Anschlüsse mit zusätzlichem Zugstabanschluss	222	6.3.3 Drehfedersteifigkeit $c_{\phi, 2, out}$ aus der Anschlussebene
4.10	Zusammenfassung der notwendigen Anpassungsfaktoren $f_{D_i}$ für das Bemessungsmodell	224	6.3.4 Basisdaten und Ergebnis der 1D-Traglastberechnung nach Theorie II. Ordnung
5	Erweiterung des Bemessungsmodells auf beidseitig geschweißte Anschlüsse von Winkelprofilen	224	6.3.5 Traglastvergleich mit EN 1993-1-1, Anhang BB mit modifizierter Schlankheit
5.1	Abgedeckte Ausführungsformen	224	6.3.6 Drucktragfähigkeit bei Anschluss des Winkels im Viertelpunkt des I-Trägers
			7 Auswirkung des neuen Bemessungsmodells auf die Ingenieurpraxis
			Literatur

<b>4</b>	<b>Anwendung numerischer Methoden bei der Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Die neue prEN 1993-1-14:2023</b>	<b>239</b>
	Markus Knobloch, Faranak Faghihi, Mehmed Numanović, Anna-Lena Bours	
1	Einleitung	243
2	Grundlagen für die Tragwerksplanung und Modellierung	244
2.1	Allgemeines	244
2.2	Normentext aus prEN 1993-1-14, 4(5)–(13)	244
2.3	Bemessungsverfahren	245
3	Modellierung	247
3.1	Allgemeines	247
3.2	Geometrische Modelle	247
3.2.1	Geometrische Modellierung und Diskretisierung	247
3.2.1.1	Normentext aus prEN 1993-1-14, 5.1.1(1)–(4)	247
3.2.1.2	Allgemeine Regeln	247
3.2.1.3	Normentext aus prEN 1993-1-14, 5.1.1(7)–(9)	248
3.2.1.4	Weitere Überlegungen	248
3.2.2	Modellierung der Elemente	249
3.2.2.1	Normentext aus prEN 1993-1-14, 5.1.2(3)–(4), 5.1.3(3), 5.1.4(1)–(2), 5.1.5(3)	249
3.2.2.2	Modelle mit Balken-, Platten-, Schalen- und Volumenelementen	249
3.3	Auflager- und Lastmodelle	251
3.3.1	Normentext aus prEN 1993-1-14, 5.2.1(1), (2), (4), (7), 5.2.2(1), (2)	251
3.3.2	Modellierung der Auflager und Lasten	252
3.4	Werkstoffmodelle	253
3.4.1	Normentext aus prEN 1993-1-14, 5.3.1(1), (2), (8), (9), (13)	253
3.4.2	Allgemeines	253
3.4.3	Normentext aus prEN 1993-1-14, 5.3.2(1-2)	254
3.4.4	Werkstoffmodelle für warmgewalzte Stähle	255
3.4.5	Normentext aus prEN 1993-1-14, 5.3.3(1), (2), 5.3.4(1), (2)	256
3.4.6	Werkstoffmodelle für kaltgeformten Stahl, hochfesten Stahl und nichtrostende Stähle	257
3.5	Imperfektionen	258
3.5.1	Normentext aus prEN 1993-1-14, 5.4.1(1)–(3), (8)	258
3.5.2	Allgemeines	258
3.5.3	Normentext aus prEN 1993-1-14, 5.4.2(1)	258
3.5.4	Geometrische Imperfektionen	259
3.5.5	Normentext aus prEN 1993-1-14, 5.4.3(3)–(5), (7)	260
3.5.6	Eigenspannungen	261
3.5.7	Normentext aus prEN 1993-1-14, 5.4.4(1), (5)–(7)	262
3.5.8	Geometrische Ersatzimperfektionen	263
3.5.9	Normentext aus prEN 1993-1-14, 5.5(1)–(3), (6)	264
3.5.10	Imperfektionskombinationen	264
4	Berechnung	265
4.1	Allgemeines	265
4.2	Lösungseinstellungen	265
4.3	Normentext aus prEN 1993-1-14, 6.1.1(1), (3)–(5), (7)	266
4.4	Tragwerksberechnung	267
4.5	Normentext aus prEN 1993-1-14, 6.1.2(1)	268
4.6	Berechnungsverfahren	268
5	Validierung und Verifizierung	269
5.1	Allgemeines	269
5.2	Normentext aus prEN 1993-1-14, 7.1(1)–(7)	270
5.3	Weitere Überlegungen	271
5.4	Normentext aus prEN 1993-1-14, 7.2(1)–(4)	272
5.5	Verifizierung	272
5.6	Normentext aus prEN 1993-1-14, 7.3(1), (2), (9), (10)	273
5.7	Validierung	274
6	Bemessungsmethodik	275
6.1	Allgemeines	275
6.2	Grenzzustand der Tragfähigkeit	275
6.2.1	Normentext aus prEN 1993-1-14, 8.1.1(1), (2)	275
6.2.2	Allgemeines	275
6.2.3	Normentext aus prEN 1993-1-14, 8.1.2(1), (2)	276
6.2.4	Elastischer Grenzzustand – Spannungsnachweis	276
6.2.5	Normentext aus prEN 1993-1-14, 8.1.3(1)–(5), (8)	276
6.2.6	Nachweis der Beanspruchbarkeit nach Plastizitätstheorie	276
6.2.7	Stabilitätsnachweis	277
6.2.7.1	Normentext aus prEN 1993-1-14, 8.1.4.1(1), (2)	277
6.2.7.2	Bemessungsverfahren	277
6.2.7.3	Normentext aus prEN 1993-1-14, 8.1.4.2(1)–(7), (9)	277
6.2.7.4	Bemessung durch LA- oder MNA- und LBA-Berechnung	278
6.2.7.5	Normentext aus prEN 1993-1-14, 8.1.4.3(1)–(5)	279
6.2.7.6	Bemessung durch GNIA-Berechnung in Kombination mit LBA-Berechnung	279

6.2.7.7	Normentext aus prEN 1993-1-14, 8.1.4.4(1), (2) 280	8.5	Normentext aus prEN 1993-1-14, B4(1)–(6) 289
6.2.7.8	Bemessung durch GNIA-Berechnung in Kombination mit Querschnittsnachweis 280	8.6	Berücksichtigung von Spannungskonzentrationen bei der Bemessung 290
6.2.7.9	Normentext aus prEN 1993-1-14, 8.1.4.5(1)–(10), (12), (14) 280	9	Grenzwerte für maximale Dehnungen für Balkenelemente 291
6.2.7.10	Bemessung durch GMNIA-Berechnung 281	9.1	Allgemeines 291
6.2.8	Normentext aus prEN 1993-1-14, 8.1.5 (1)–(4) 281	9.2	Hintergrund 291
6.2.9	Verfahren zur Auswertung der materiell nichtlinearen Berechnung 282	9.3	Motivation 291
6.3	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit 282	9.4	Anwendung 291
6.3.1	Normentext aus prEN 1993-1-14, 8.3 (1)–(7) 282	9.5	Normentext aus prEN 1993-1-14, C3(1)–(4) 292
6.3.2	Weitere Informationen 283	10	Dokumentation 294
7	Modellfaktor $\gamma_{FE}$ 283	10.1	Normentext aus prEN 1993-1-14, 9(1), (2) 294
7.1	Hintergrund und Anwendung 283	11	Berechnungsbeispiele 294
7.2	Berechnung 283	11.1	Einleitung 294
7.3	Normentext aus prEN 1993-1-14, A.3(1)–(5), (7) 284	11.2	Schubbeulen von Blechträgern 294
7.4	Normentext aus prEN 1993-1-14, 7.3 (3)–(8) 285	11.2.1	Allgemeines 294
7.5	Nachweise der Beanspruchbarkeit mit dem Modellfaktor 285	11.2.2	Experimentelle Versuche 294
7.6	Normentext aus prEN 1993-1-14, 8.1.3(7), 8.1.4.5(13), 8.1.5(5) 286	11.2.3	Entwicklung des numerischen Modells 295
8	Spannungskonzentrationen 286	11.2.4	Last- und Auflagerbedingungen 296
8.1	Hintergrund und Anwendung 286	11.2.5	Werkstoffmodell 297
8.2	Ursachen von Spannungskonzentrationen Hinweise zur Modellierung 286	11.2.6	Imperfektionen 297
8.3	Normentext aus prEN 1993-1-14, B3(1)–(3), 8.1.2(3)–(6) 287	11.2.7	Berechnungsverfahren 297
8.4	Trennung von Spannungskonzentration und numerischen Singularitäten 288	11.2.8	Validierung des numerischen Modells anhand von experimentellen Versuchen 297
5	<b>Erweiterte Konzepte der Betriebsfestigkeit 307</b> Markus Knobloch, Stefanie Röscher, Simon Steinhoff, Marc Seidel, Marion Rauch	11.3	Zweifeldträger unter Biegung, Drucknormalkraft und Torsion 299
1	Einleitung 311	11.3.1	Experimentelle Untersuchungen 299
2	Betriebsfestigkeit 311	11.3.2	Numerisches Modell 301
2.1	Ermüdung metallischer Werkstoffe 311	11.3.3	Validierung 302
2.2	Struktur- und bruchmechanische Werkstoffkennwerte 313	12	Zusammenfassung und Ausblick 303 Literatur 304
2.3	Kerbwirkung 314	2.6	Wöhlerlinie zur Beschreibung des Ermüdungswiderstands 317
2.4	Betriebsbeanspruchung 314	2.7	Konzepte der Betriebsfestigkeitsberechnung 319
2.5	Einflüsse auf die Betriebsfestigkeit 315	3	Spannungsbasierte Nachweiskonzepte zur Lebensdauerprognose 320
2.5.1	Werkstoff 316	3.1	Überblick 320
2.5.2	Mittelspannung und Eigen- spannungen 316	3.2	Kerbspannungskonzept 322
2.5.3	Bauteileinfluss und Größeneffekt 317	3.2.1	Grundgedanke des Kerbspannungskonzepts 322
2.5.4	Weitere Einflüsse auf die Betriebsfestigkeit 317	3.2.2	Nachweisformat und Berechnungsablauf 322
		3.2.3	Anwendungsgrenzen und Hinweise 325

4	Erweiterte Konzepte für die Lebensdauerprognose geschweißter und ungeschweißter Bauteile 326	5.1	Zusammengesetzte Beanspruchungen 351
4.1	Allgemeines 326	5.2	Schädigungsbewertung über Interaktionsbedingungen 353
4.2	Kerbdehnungskonzept 328	5.3	Schädigungsbewertung über kritische Ebenen für nichtproportionale Beanspruchungen 354
4.2.1	Grundgedanke des Kerbdehnungskonzepts 328	6	Anwendungsbeispiele 355
4.2.2	Nachweisformat und Berechnungsablauf 328	6.1	Lebensdauerberechnung mit dem Kerbspannungskonzept für einen Kreuzstoß 355
4.2.3	Anwendungsmöglichkeiten und Erweiterungen 333	6.1.1	Einleitung 355
4.2.3.1	Abschätzmethoden für zyklisches Werkstoffverhalten 333	6.1.2	Geometrie 356
4.2.3.2	Größeneinfluss 336	6.1.3	FE-Modell 356
4.2.3.3	Rauheit 336	6.1.4	Kerbformzahlen 357
4.2.3.4	Schädigungsparameter 337	6.1.5	Beanspruchung 357
4.2.3.5	Eigenspannungen 339	6.1.6	Ermüdungsnachweis 357
4.2.4	Anwendung für geschweißte Bauteile bzw. Strukturen 339	6.2	Berechnung der Anrisslebensdauer mit dem Kerbdehnungskonzept für einen ausgeklinkten Träger 358
4.2.5	Versagenskriterium 339	6.2.1	Einleitung 358
4.2.6	Einführungsbeispiel 340	6.2.2	Eingangswerte, Geometrie und Überblick über die Ermüdungsversuche 358
4.3	Rissfortschrittskonzept 341	6.2.3	Berechnung der Anrisslebensdauer 359
4.3.1	Grundgedanke des Rissfortschrittskonzepts 341	6.3	Lebensdauerberechnung mit dem Zwei-Phasen-Modell für eine Anschweißbuchse 361
4.3.2	Nachweisformat und Berechnungsablauf 342	6.3.1	Einleitung 361
4.3.3	Anwendungsmöglichkeiten und Erweiterungen 345	6.3.2	Eingangswerte und Geometrie 362
4.3.3.1	Rissfortschrittsgesetze 345	6.3.3	FE-Modell und Idealisierung der Schweißnahtgeometrie 363
4.3.3.2	Risschließeffekt und Bauteilgröße 346	6.3.4	Bestimmung der Anrisslebensdauer 364
4.3.3.3	Eigenspannungen 346	6.3.5	Berechnung der Rissfortschrittsdauer 366
4.3.3.4	Numerische Ermittlung der Spannungsintensität 346	6.3.6	Vergleich der Berechnung mit Versuchsergebnissen 368
4.3.3.5	Numerische Rissfortschrittsberechnungen mittels X-FEM 347	6.3.7	Ableitung einer charakteristischen Ermüdungswiderstandskurve (Bemessungswöhlerlinie) 368
4.3.4	Versagenskriterium 348	7	Zusammenfassung und Ausblick 369
4.3.5	Einführungsbeispiel 348		Literatur 370
4.4	Gesamtlebensdauerprognose mit dem Zwei-Phasen-Modell 350		
5	Mehraxiale Spannungszustände 351		
6	<b>Neue Entwicklungen in prEN 1993-1-11:2024</b> 375		
	Heinz Friedrich, Thomas Misiek, José J. Oliveira Pedro, Daniel C. Ruff		
1	Einleitung 377	2.6	Dauerhaftigkeit 397
1.1	Zu diesem Beitrag 377	2.7	Tragwerksberechnung 398
1.2	Neue Normengeneration 377	2.8	Grenzzustände der Tragfähigkeit 400
1.3	Zusammenfassung der Änderungen 378	2.9	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit 414
1.4	Anmerkungen zum Abdruck von prEN 1993-1-11 378	2.10	Ermüdung 415
2	Vorstellung und Kommentierung von prEN 1993-1-11:2024 379	2.11	Versuche 420
2.1	Anwendungsbereich 381	3	Vorstellung und Kommentierung der Anhänge von prEN 1993-1-11:2024 421
2.2	Normative Verweise 382	3.1	Anhang A 421
2.3	Begriffe, Definitionen und Formelzeichen 382	3.2	Anhang B 436
2.4	Grundlagen der Tragwerksplanung 387	3.3	Anhang C 442
2.5	Werkstoffe 393		Literatur 447



<b>7</b>	<b>Neue Entwicklungen in prEN 1993-2:2023</b>	<b>451</b>		
	Ulrike Kuhlmann, Lisa-Marie Gözl, José J. Oliveira Pedro, Wolfram Schleicher, Michael Schmidmeier, Ralf Schubart, Ulrike Spiegelhalter			
1	Einleitung	453	7.2	Neuer informativer Anhang F
1.1	Bemessungsregeln bei Stahlbrücken	453	7.3	Ermüdungswiderstand
1.2	Überblick zu der Entwicklung und den Änderungen in prEN 1993-2	453	7.4	Schweißnahtnachbehandlung
1.2.1	Entwicklungsprozess	453	8	Anhang A – Bemessung von Hängern bei Stabbogenbrücken
1.2.2	Übersicht über die Änderungen	454	8.1	Anwendungsbereich
1.3	Gegenstand und Verständnis des Beitrags	456	8.2	Material und Querschnitte für Zuglieder
2	Grundlagen für die Tragwerksplanung	456	8.3	Bemessungsempfehlungen für Hängeranschlüsse
2.1	Grundlegende Anforderungen	456	8.4	Bemessungsregeln für Rundstahlhänger
2.2	Tragwerkszuverlässigkeit und Robustheit	456	8.5	Bemessungsregeln für Flachstahlhänger
2.3	Nutzungsdauer bei Brücken	457	8.6	Bemessungsregeln für Seilhänger
2.4	Dauerhaftigkeit, Basisvariablen und Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten	457	8.7	Weitergehende Empfehlungen zur Bewertung schwingungsanfälliger Konstruktionen
2.5	Teilsicherheitsbeiwerte für die Ermüdungsnachweise und Versuchsgestützte Bemessung	458	9	Anhang B – Ergänzende Regeln für die Bemessung von im Grundriss gekrümmten Hauptträgern mit steifer Lagerung des Druckflansches
3	Tragwerksberechnung	458	10	Anhang C – Empfehlungen für die bauliche Durchbildung von Stahlfahrbahnen
4	Teilsicherheitsbeiwerte und Querschnittsbeanspruchbarkeit	460	10.1	Allgemeines
4.1	Teilsicherheitsbeiwerte und Allgemeines	460	10.2	Straßenbrücken – Allgemeines
4.2	Zug-, Druck- und Biegebeanspruchung	461	10.3	Straßenbrücken – Fahrbahnblech
4.3	Querkraftbeanspruchung, Torsion und weitere Beanspruchungen	462	10.4	Straßenbrücken – Fahrbahnlängssteifen
5	Stabilitätsnachweise für Bauteile	464	10.5	Straßenbrücken – Querträger
5.1	Biegedrillknicknachweise nach EN 1993-1-1:2022, Abs. 8.3.2	464	10.6	Eisenbahnbrücken – Allgemeines
5.2	Vereinfachtes Verfahren für seitliches Ausknicken und Biegedrillknicken von Bauteilen nach Abs. 8.3.5	466	10.7	Eisenbahnbrücken – Blechdicke und Maße
6	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	468	10.8	Eisenbahnbrücken – Ausbildung der Durchdringung Längssteife/ Querträger
6.1	Allgemeine Regeln und Spannungsbegrenzung	468	10.9	Eisenbahnbrücken – Schweißnahtvorbereitung und Prüfungen
6.2	Weitere Anforderungen	470	10.10	Eisenbahnbrücken – Berechnungen
7	Ermüdung	471	10.11	Toleranzen für Halbzeuge und für die Fertigung
7.1	Ermüdungsnachweis	471	11	Zusammenfassung und Ausblick
				Literatur

<b>8</b>	<b>Ermittlung der Beanspruchungen in Stahlbrücken beim Heißeinbau des Fahrbahnbelags</b>	<b>523</b>		
	Gerhard Hanswille, Ingbert Mangerig			
1	Einleitung	525	5.2	System 1 – Deckblech der Stahlfahrbahn
2	Systeme für Fahrbahndecken und Einbaubreiten der Fertiger	525	5.3	System 2 – Längsrippen
3	Messungen an Bauwerken und Schlussfolgerungen für eine rechnerische Erfassung der Beanspruchungen aus dem Aus- und Einbau des Belags	527	5.4	System 3 – Querträger
4	Numerische Simulation der Temperaturfelder aus klimatischen Temperatureinwirkungen in Kombination mit den Temperaturfeldern aus dem Heißeinbau des Belags	530	5.5	System 4 – Haupttragwerk
4.1	Allgemeines	530	6	Besondere Aspekte bei der Ermittlung der Beanspruchungen aus klimatischen Temperatureinwirkungen in Kombination mit dem Ausbau des Asphaltbelags
4.2	Grundlagen der Temperaturfeldberechnung bei klimatischen Temperatureinwirkungen und beim Heißeinbau des Belags	532	6.1	Allgemeines
4.3	Parameteruntersuchungen zu den klimatischen Temperatureinwirkungen	536	6.2	Haupttragwerkswirkung
4.3.1	Allgemeines	536	6.3	Querrahmen
4.3.2	Temperaturverläufe in den Längsrippen von orthotropen Fahrbahnplatten infolge klimatischer Einwirkungen	536	7	Einwirkungen aus Arbeitsbetrieb beim Ein- und Ausbau des Asphalts
4.3.3	Parameteruntersuchungen für die Deckbleche von Stahlbrücken	539	8	Einwirkungskombinationen in der vorübergehenden Bemessungssituation des Ein- und Ausbaus des Belags
4.4	Temperatureinwirkungen aus dem Heißeinbau des Belags	541	9	Teilsicherheitsbeiwerte für die Auswirkungen aus dem Heißeinbau des Belags
4.4.1	Allgemeines	541	10	Berechnungsbeispiel
4.4.2	Trapezsteifen von orthotropen Fahrbahnplatten	543	10.1	Allgemeines
4.4.3	Temperaturfelder aus dem Asphaltieren und aus klimatischen Temperatureinwirkungen in den Deckblechen	545	10.2	Globale Beanspruchungen aus dem Heißeinbau des Asphalts
4.4.4	Baupraktische Berechnung der Deckblechtemperaturen aus dem Heißeinbau des Belags	548	10.3	Lokale Beanspruchungen in der orthotropen Fahrbahnplatte aus dem Heißeinbau des Asphalts
5	Vereinfachte Temperaturfelder und Modelle zur Berechnung der Beanspruchungen beim Heißeinbau des Asphaltbelags bei Stahlbrücken	549	10.4	Spannungen im Deckblech aus dem Heißeinbau des Belags infolge lokaler und globaler Beanspruchungen
5.1	Allgemeines	549	10.5	Klimatische Temperatureinwirkungen
			10.6	Bewertung der Berechnungsergebnisse für das Beispiel Stahlbrücke
			11	Erfahrungen mit dem Heißeinbau des Belags bei ausgeführten Bauwerken
			12	Zusammenfassung, Danksagung und Ausblick
				Literatur
<b>9</b>	<b>Neue Entwicklungen in prEN 1993-5:2023</b>	<b>581</b>		
	Cécile Prüm, Jacobs Colin, Dirk Jan Peters, Alexander Enders			
1	Einführung	585	1.4.3	Harmonisierung der Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit
1.1	Aktueller Stand	585	1.4.4	Schiefstellungen
1.2	Nächste Generation	585	1.4.5	Querschnittsklassifizierung
1.3	Überarbeitungsprozess	585	1.4.6	Beanspruchbarkeit von Z- und U-Bohlen auf Biegung
1.4	Zusammenfassung der wesentlichen Änderungen	585	1.4.7	Schubverbindungen von U-Bohlen
1.4.1	Neuer Aufbau	585	1.4.8	Nachweis der Füllelemente
1.4.2	Bruchzähigkeit der Spundwände	585		

- 1.4.9 Beanspruchbarkeit von H-förmigen Tragbohlen auf Biegung und Normalkraft 587
- 1.4.10 Anhang D (normativ): Referenz-Gleichungen für die Bemessung von dünnwandigen Rohrpfählen mit Klasse-3- und -4-Querschnitt unter Biegebeanspruchung 587
- 1.4.11 Eigenschaften von semi-kompakten Rohrpfählen nach Anhang E (normativ) 587
- 1.4.12 Werkstoffeigenschaften für Stahlelemente von Ankern und Zugpfählen 587
- 1.4.13 Anforderungen an die Dauerhaftigkeit von Ankern und Zugpfählen 587
- 1.4.14 Beanspruchbarkeit von Ankern und Zugpfählen 587
- 2 Bruchzähigkeit der Spundwände 587
- 2.1 Neuer Normtext aus prEN 1993-5:2023 587
- 2.2 Vereinfachter Bruchzähigkeitsnachweis 588
- 2.3 Erläuterungen 589
- 3 Tragwerksmodellierung 590
- 3.1 Neuer Normtext aus prEN 1993-5:2023 590
- 3.2 Hintergrund zu den Änderungen 594
- 3.2.1 Tragwerksberechnung zur Bemessung von Stahlspundwänden im Grenzzustand der Tragfähigkeit 594
- 3.2.2 Imperfektionen 594
- 4 Festigkeitsnachweise nach prEN 1993-5:2023 599
- 4.1 Querschnittsklassifizierung 599
- 4.1.1 Neuer Normtext aus prEN 1993-5:2023 599
- 4.1.2 Kommentar zur Querschnittsklassifizierung 600
- 4.2 Beanspruchbarkeit von Z- und U-Bohlen auf Biegung nach prEN 1993-5:2023 Abs. 8.3.1 und Anhang E 601
- 4.2.1 Neuer Normtext aus prEN 1993-5:2023 601
- 4.2.2 Normtext zur Beanspruchbarkeit von Z- und U-Bohlen auf Biegung nach prEN 1993-5 Anhang E 603
- 4.2.3 Kommentar zur Beanspruchbarkeit von Spundwandbohlen auf Biegung 603
- 4.3 Schubverbindungen von U-Bohlen 605
- 4.3.1 Neuer Normtext aus prEN 1993-5:2023 605
- 4.3.2 Empfohlene Werte für Abminderungsfaktoren  $\beta_B$  und  $\beta_D$  zur Berücksichtigung des Grades der Schubkraftübertragung 606
- 4.3.3 Verschweißte Schubverbindungen 606
- 4.3.4 Nachweis von verpressten Schubverbindungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit und im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit 607
- 4.4 Bemessung von H-förmigen Bohlen als Tragelement 607
- 4.4.1 Neuer Normtext aus prEN 1993-5:2023 607
- 4.4.2 Kommentar zur Bemessung von H-förmigen Bohlen als Tragelement 614
- 4.4.2.1 Allgemeines 614
- 4.4.2.2 Beanspruchbarkeit auf Biegung und Normalkraft 614
- 4.4.2.3 Biegeknicke und Biegedrillknicken von H-förmigen Tragbohlen 616
- 4.4.3 Kombinierte Wirkung aus globaler Beanspruchung in Längsrichtung und lokaler Querbeanspruchung im Flansch von H-förmigen Tragbohlen 620
- 4.5 Bemessung von Füllbohlen mit FEM 620
- 4.5.1 Neuer Normtext aus DIN EN 1993-5:2023 620
- 4.5.2 Allgemeines zu Füllelementen 621
- 4.5.3 Allgemeines zur Sicherheit der Nachweise mit numerischer Simulation 622
- 4.5.4 Nachweis der Füllelemente laut prEN 1993-5:2023 623
- 4.6 Bemessung von Rohrprofilen 624
- 5 Verankerungen und Zugpfähle 634
- 5.1 Materialeigenschaften für Stahlelemente, die für Anker und Zugpfähle verwendet werden 634
- 5.1.1 Neuer Normtext aus prEN 1993-5:2023 634
- 5.1.2 Allgemeines 634
- 5.1.3 Duktilität 635
- 5.2 Anforderungen an die Dauerhaftigkeit von Ankern und Zugpfählen 635
- 5.2.1 Neuer Normtext aus prEN 1993-5:2023 635
- 5.2.2 Diskussion der Änderungen 636
- 5.3 Grenzzustand der Tragfähigkeit – Anker und Zugpfähle 636
- 5.3.1 Neuer Normtext aus prEN 1993-5:2023 636
- 5.3.2 Diskussion der Änderungen 638
- 5.3.3 Kommentar zu Abschnitt 8.11 (3) 639
- 5.3.4 Kommentar zu Abschnitt 8.11.2 – Bemessungswiderstand von Zuggliedern für Rückverankerungen 639
- 5.3.5 Unterschiede in der Definition für Streckgrenzwert und den Teilsicherheitsbeiwerten 639
- 5.3.6 Kalibrierfaktor  $k_t$  640
- 5.3.7 Kommentar zum Absatz 8.11.2 (2) –  $k_b$ -Faktor 641
- 5.3.8 Anker und Zugpfähle, die einer Nachweisprüfung unterliegen 642
- Literatur 642

<b>10</b>	<b>Tragstrukturen für Windenergieanlagen</b>	<b>645</b>		
	Peter Schaumann, Manuela Böhm, Sebastian Kelma, Christopher Schierl			
1	Einleitung	647	5.2.4	Nachweis mit dem spannungsbasierten Verfahren
1.1	Bedeutung der Windenergie	647	5.2.5	Nachweis nach dem MNA/LBA Konzept
1.2	Normenentwicklung	648	5.2.6	Nachweis mit GMNIA
1.2.1	Onshore-Windenergie	648	5.2.7	Türöffnungen
1.2.2	Offshore-Windenergie	650	5.3	Ermüdungsnachweis
2	Übersicht über Varianten der Tragstruktur	650	5.3.1	Allgemeines
3	Einwirkungen	652	5.3.2	Nennspannungskonzept
3.1	Allgemeines	652	5.3.3	Strukturspannungskonzept
3.2	Einwirkungen aus Wind	653	5.3.4	Örtliche Konzepte
3.2.1	Allgemeines	653	5.3.5	Rissfortschrittskonzept
3.2.2	Windzonen	654	5.3.6	Schadensakkumulation
3.2.3	Windbedingungen nach DIN EN IEC 61400-1	655	5.3.7	Anwendung für Türme von Windenergieanlagen
3.2.4	Wirbelerregte Querschwingungen	656	5.4	Ringflansche
3.3	Sonstige Einwirkungen	657	5.4.1	Tragfähigkeit
3.3.1	Imperfektionen	657	5.4.2	Ermüdung
3.3.2	Temperatur	657	5.4.3	Einfluss von Imperfektionen
3.3.3	Erdbeben	657	5.4.4	Einfluss von Vorspannkraft
3.3.4	Eis	657	6	Fertigung und Montage
3.4	Lastarten	658	7	Offshore-Windenergie
3.5	Lastfälle	658	7.1	Aktuelle Entwicklung
3.6	Böenreaktion	660	7.2	Tragstrukturen für Offshore-WEA
4	Schnittgrößenermittlung	662	8	Forschung
4.1	Grenzzustand der Tragfähigkeit	662	8.1	Allgemeines
4.2	Grenzzustand der Ermüdung	665	8.2	Groutverbindungen
4.3	Sicherheitskonzept	667	8.3	Schraubenverbindungen
5	Bemessung	668	8.4	Schweißnähte
5.1	Eigenfrequenzen	668	8.5	Stabilität von Suction Buckets
5.2	Schalenbeulen	669	9	Zusammenfassung und Ausblick
5.2.1	Allgemeines	669	10	Formelzeichen
5.2.2	Ideale Beullast	669		Literatur
5.2.3	Reale Beullast	671		

**Stichwortverzeichnis** 711

## Autor:innenverzeichnis

### **Böhm, Manuela, M.Sc.**

2012–2019 Bauingenieurstudium Leibniz Universität Hannover, seit 2019 wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Leibniz Universität Hannover am Institut für Stahlbau.

Institut für Stahlbau, Appelstr. 9A, 30167 Hannover

### **Bours, Anna-Lena, M.Sc.**

Seit 2019 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Stahl-, Leicht- und Verbundbau der Ruhr-Universität Bochum; 2013–2018 Studium des Bauingenieurwesens an der Ruhr-Universität Bochum, Vertiefungsrichtung: KIB Bemessung und Konstruktion.

Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Stahl-, Leicht- und Verbundbau, Universitätsstr. 150, 44801 Bochum

### **Enders, Alexander, M.Eng.**

2008–2012 Bauingenieurstudium an der Hochschule Biberach und 2012–2014 an der Hochschule München, 2014–2017 Tragwerksplaner bei der Firma Peri GmbH, seit 2017 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Stuttgart.

Universität Stuttgart, Institut für Konstruktion und Entwurf, Pfaffenwaldring 7, 70569 Stuttgart.

### **Faghihi, Faranak, Dr.-Ing.**

2022 Promotion an der Ruhr-Universität Bochum; seit 2015 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Stahl-, Leicht- und Verbundbau der Ruhr-Universität Bochum; 2012–2015 Studium des Computational Engineerings an der Ruhr-Universität Bochum (M.Sc.); 2007–2011 Studium des Bauingenieurwesens an der Isfahan University of Technology (IUT) im Iran, Isfahan (B.Sc.).

Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Stahl-, Leicht- und Verbundbau, Universitätsstr. 150, 44801 Bochum

### **Friedrich, Heinz, Dr.-Ing.**

Bauingenieurstudium TU München, seit 1999 Mitarbeiter in der Bundesanstalt für Straßenwesen, 2022 Promotion an der Fakultät für Ingenieurwissenschaften, Abteilung Bauwissenschaften der Universität Duisburg-Essen, seit 2023 Leiter des Referats Stahlbau, Korrosionsschutz, Brückenausstattung

in der Bundesanstalt für Straßenwesen, Convenor CEN/TC 250/SC 3/WG 11 „Tension Components“.

Bundesanstalt für Straßenwesen, Brüderstr. 53, 51427 Bergisch Gladbach

### **Gölz, Lisa-Marie, M.Sc.**

Bauingenieurstudium an der Universität Stuttgart und der University of Calgary, Kanada, 2017–2018 Statikerin bei Max Bögl Bauservice GmbH & Co.KG, seit 2018 wissenschaftliche Mitarbeiterin und seit 2022 stellvertretende Institutsleiterin am Institut für Konstruktion und Entwurf.

Universität Stuttgart, Institut für Konstruktion und Entwurf, Pfaffenwaldring 7, 70569 Stuttgart

### **Hanswille, Gerhard, Prof. Dr.-Ing.**

Bauingenieurstudium an der Ruhr-Universität Bochum, 1985 Promotion am Lehrstuhl für Stahlbau an der Ruhr-Universität Bochum, Tragwerksplaner im Brückenbau, 1992–2017 Professor für Stahlbau und Verbundkonstruktionen an der Bergischen Universität Wuppertal, Forschungsschwerpunkte: Stahlverbundkonstruktionen, Materialermüdung, Einwirkungen auf Tragwerke, Einsatz neuer Werkstoffe im Bauwesen, bis 2022 Prüfeningenieur für Baustatik und Gesellschafter der HRA Ingenieurgesellschaft, Tragwerksplanung und baustatische Prüfung von Großbrücken in Stahl- und Stahlverbundbauweise sowie Tragwerken des Stahlwasserbaus, derzeit wissenschaftlicher Berater der HRA-Ingenieurgesellschaft und gutachterliche Tätigkeiten.

HRA Ingenieurgesellschaft mbH, Kohlenstr. 38, 44795 Bochum

### **Jacobs, Colin, Dr.**

B.Sc. Civil & Structural Engineering, University College Cardiff, Wales, United Kingdom; Ph.D. Department of Civil & Structural Engineering, Cardiff University, Wales, United Kingdom; seit 2012 Director of technical sales der Anker Schroeder ASDO GmbH.

Anker Schroeder ASDO GmbH, Hannöversche Str. 48, 44143 Dortmund

### **Jörg, Fabian, M.Sc.**

2011–2016 Bauingenieurstudium an der Universität Stuttgart, seit 2016 wissenschaftlicher Mitarbeiter am

Institut für Konstruktion und Entwurf der Uni Stuttgart, Fachgebiet Stabilität im Stahlbau.

Universität Stuttgart, Institut für Konstruktion und Entwurf, Pfaffenwaldring 7, 70569 Stuttgart

**Kathage, Karsten, Dr.-Ing.**

Studium des Bauingenieurwesens an der Ruhr-Universität Bochum und Promotion mit einem „Beitrag zur plastischen Bemessung durchlaufender Verbundträger mit Verbundanschlüssen“, seit 1995 tätig beim DIBt, ab 2005 Leitung des Referats „Metallbau, Verbundbau, Sonderbauten, Lager und Glaskonstruktionen“, seit 2011 Vizepräsident des DIBt und zudem Leiter der Präsidialabteilung. Mitglied in nationalen und europäischen Fachgremien und im Geschäftsführenden Ausschuss (Executive Board) der Europäischen Organisation für Technische Bewertung (EOTA).

Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Kolonnenstr. 30 B, 10829 Berlin

**Kelma, Sebastian, Dr.-Ing.**

2005–2011 Studium der Luft- und Raumfahrttechnik an der Universität Stuttgart, 2012–2018 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Leibniz Universität Hannover am Institut für Stahlbau, seit 2019 Projekttingenieur im Bereich Offshore-Windenergie bei Jörss – Blunck – Ordemann GmbH.

Jörss – Blunck – Ordemann GmbH, Friedrichstr. 24, 49076 Osnabrück

**Kettler, Markus, Assoc. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn.**

Bauingenieurstudium TU Graz, 2005–2013 wissenschaftlicher Mitarbeiter und Lehrbeauftragter an der TU Graz, 2009 Promotion am Institut für Stahlbau der TU Graz, 2013–2015 Projektleiter für Stahlbau im Ingenieurbüro Daninger + Partner ZT KG, 2016–2021 Assistant Professor am Institut für Stahlbau der TU Graz, seit 2017 Mitglied der CEN/TC 250/SC 3/WG 19 für Kranbahnen, 2021 Habilitation im Fach Stahlbau an der TU Graz, seit 2021 Associate Professor für Stahlbau an der TU Graz

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

**Knobloch, Markus, Univ.-Prof. Dr. sc. techn.**

Seit 2014 Professor für Stahl-, Leicht- und Verbundbau an der Ruhr-Universität Bochum; seit 11/2022 Vorsitz von TC 250/SC 3 „Design of Steel Structures“; 2014 Habilitation an der ETH Zürich; 2010–2014 Professor für Stahl- und Verbundbau an der FH Nordwestschweiz, Muttenz; 2008–2010 Projektleiter für Stahl- und Verbundbau bei der Tuchschnid AG,

Schweiz; 2007 Promotion an der ETH Zürich; Bauingenieurstudium an der TU Darmstadt; u. a. Mitglied CEN/TC 250/SC 3/WG 9 „Evolution of EN 1993-1-9 – Fatigue“ und CEN/TC 250/SC 3/WG 22 „EN 1993-1-14 – Design assisted by finite element analysis“; Geschäftsführender Gesellschafter der F-Ingenieur GmbH, Adlikon bei Regensdorf.

Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Stahl-, Leicht- und Verbundbau, Universitätsstr. 150, 44801 Bochum

**Kuhlmann, Ulrike, Prof. Dr.-Ing.**

Seit 1995 Professorin für Stahlbau, Holzbau und Verbundbau, Leiterin des Instituts für Konstruktion und Entwurf, Universität Stuttgart; 2009–2022 Vorsitzende von CEN/TC 250/SC 3 Eurocode 3; seit 1995 Prüfingenieurin für Baustatik, Fachrichtung Metallbau u. Holzbau, Ostfildern-Nellingen; u. a. Stellvert. Vorsitzende NA 005-08-16 AA „Tragwerksbemessung“ und Vorsitzende des NA 005-08-23 AA „Stahlbrücken“.

Universität Stuttgart, Institut für Konstruktion und Entwurf, Pfaffenwaldring 7, 70569 Stuttgart

**Mangerig, Ingbert, Prof. Dr.-Ing.**

Bauingenieurstudium an der RWTH Aachen, 1986 Promotion an der Ruhr-Universität Bochum, Tragwerksplaner in der Industrie, 1986–2017 Professor für Stahlbau an der Universität der Bundeswehr in München, Forschungsschwerpunkte: Klimatische Temperatureinwirkungen und Brandeinwirkungen auf Tragwerke des Hoch- und Brückenbaus, Baudynamik, Materialermüdung, Glaskonstruktionen, Lager im Bauwesen, Gesellschafter der Mangerig und Zapfe GmbH in München, bis 2021 Prüfingenieur für Baustatik, Tragwerksplanung und baustatische Prüfung von anspruchsvollen Hochbaukonstruktionen sowie von Brückentragwerken und Konstruktionen des Stahlwasserbaus, Gutachter bei baulastdynamischen Fragestellungen, Auslegung von Tragwerken bei Erdbebeneinwirkungen.

Mangerig und Zapfe, Beratende Ingenieure GmbH, Schlierseestr. 73, 81539 München

**Misiek, Thomas, Dr.-Ing.**

Bauingenieurstudium an der Universität Karlsruhe (TH), 2002–2012 wissenschaftlicher Angestellter und Lehrbeauftragter an der Universität Karlsruhe (TH) bzw. am Karlsruher Institut für Technologie (KIT), 2008 Promotion an der Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften der Universität Karlsruhe (TH), seit 2012 bei Breinlinger Ingenieure Hochbau GmbH, zuerst in der Tragwerksplanung und Projektleitung, seit 2018 als Mitglied der erwei-

terten Geschäftsführung und seit 2023 als Mitglied der Geschäftsführung.

Breinlinger Ingenieure Hochbau GmbH,  
Kanalstr. 1–4, 78532 Tuttlingen

**Numanović, Mehmed, M.Sc.**

Seit 2020 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Stahl-, Leicht- und Verbundbau der Ruhr-Universität Bochum; 2017–2020 Studium des Computational Engineering an der Ruhr-Universität Bochum (M.Sc.); 2013–2017 Studium des Bauingenieurwesens an der Staatlichen Universität in Novi Pazar, Serbien (B.Sc.).

Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Stahl-, Leicht- und Verbundbau, Universitätsstr. 150, 44801 Bochum

**Oliveira Pedro, José J., Ph.D.**

Bauingenieurstudium IST – Universität Lissabon, Portugal, Abschluss 1991, M.Sc. 1995 und Ph.D. 2007, 1999 Wissenschaftler an der Universität Lüttich, 2015 Gastprofessor an der EPFL Lausanne, seit 1990 am IST Civil Engineering Department, seit 2007 Assistant Professor für den Bereich Brücken, Tragwerksplanung und Sonderkonstruktionen, seit 1991 im Planungsbüro GRID Consulting Engineers, beteiligt an der Planung zahlreicher Brücken und großer Tragwerke.

CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa/Portugal

**Ortmann, Christoph, Dipl.-Ing.**

1993–1995 Berufsausbildung zum Zimmerer, 1995–2003 Bauingenieurstudium an der Universität Rostock, 2003 Mitarbeiter im Bauplanungsbüro, seit 2003 Technischer Referent im DIBt.

Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt),  
Kolonnenstr. 30 B, 10829 Berlin

**Peters, Dirk Jan, Dr.ir.**

1987–1992 Bauingenieurstudium (Stahlbau) TU Delft, 2017 Promotion am Lehrstuhl für Wasserbau der TU Delft, 1993 Wissenschaftlicher Mitarbeiter TNO, ab 1994 Bauingenieur für Statik und Wasserbau und später Direktor für Innovation im Wasserbau und Hafenausbau im Ingenieurbüro Royal HaskoningDHV, seit 2017 Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Lehrbeauftragter an der TU Delft, seit 2017 Chartered Engineering, Königlicher Ingenieurverein KIVI.

Technische Universität Delft, Faculty Civil Engineering and Geosciences, Stevinweg 1, 2628 CN Delft/Niederlande

**Prüm, Cécile, ir.**

Bauingenieurstudium an der Universität Lüttich ULiège Belgien, 2004–2006 Tragwerksplanerin, RFR, Paris, Frankreich, 2006–2015 Technical Manager für Spundwände, ArcelorMittal Commercial RPS, seit 2015 Forschungsingenieur für Spundwände.

ArcelorMittal Global R&D, Construction and Infrastructure, 66 rue de Luxembourg, 4009 Esch-sur-Alzette/Luxemburg

**Rauch, Marion, Prof. Dr.-Ing.**

Seit 2018 Professorin für Stahl- und Holzbau, Hochschule Kaiserslautern; 2009–2018 Praxistätigkeit, u. a. Gruppenleiterin Bautechnik, TÜV SÜD Industrie Service GmbH; 2005–2009 Promotion und Stipendiatin des Graduiertenkollegs „Kunst und Technik“, TU Hamburg; 2001–2005 Tragwerksplanerin, Werner Sobek Ingenieure; 1997–1998 Master of Science in Civil Engineering mit Fulbright Stipendium, University of Wisconsin at Madison, USA; 1994–2000 Bauingenieurstudium, Universität Karlsruhe (KIT); u. a. Mitglied des Project Teams SC3.T8 „Steel Fatigue – Revised EN 1993-1-9“.

Hochschule Kaiserslautern, Professur für Stahl- und Holzbau, Schoenstr. 6, 67659 Kaiserslautern

**Röscher, Stefanie, Dipl.-Ing.**

Seit 2015 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Stahl-, Leicht- und Verbundbau der Ruhr-Universität Bochum; 2011 Schweißfachingenieur SLV Duisburg; 2010–2015 Projekt-Ingenieurin bei ZPP INGENIEURE AG, Bochum; Bauingenieurstudium an der Ruhr-Universität Bochum von 2005–2010.

Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Stahl-, Leicht- und Verbundbau, Universitätsstr. 150, 44801 Bochum

**Ruff, Daniel C., Dr.-Ing.**

Bauingenieurstudium (konstruktiver Ingenieurbau) an der Universität Karlsruhe (TH), 1999–2007 wissenschaftlicher Mitarbeiter und Lehrbeauftragter am Institut für Stahlbau der Technischen Universität Braunschweig, von 2007–2011 Presales-Ingenieur bei LMS International, 2009 Promotion an der Fakultät für Architektur, Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften der TU Braunschweig, seit 2011 stellv. Institutsleiter und Geschäftsführer am KIT Stahl- und Leichtbau, Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine des Karlsruher Instituts für Technologie.

KIT Stahl- und Leichtbau, Versuchsanstalt für Stahl, Holz und Steine, Otto-Ammann-Platz 1, 76131 Karlsruhe

**Schaumann, Peter**, Univ.-Prof. Dr.-Ing.

Bauingenieurstudium und 1984 Promotion an der Ruhr Universität Bochum, 1996–2022 Universitätsprofessur und Leiter des Instituts für Stahlbau der Leibniz Universität Hannover, seit 2009 Geschäftsführender Gesellschafter der SKI Ingenieurgesellschaft in Hannover.

SKI Ingenieurgesellschaft mbH, Mengendamm 12, 30177 Hannover

**Schierl, Christopher**, M.Sc.

2013–2019 Bauingenieurstudium Leibniz Universität Hannover, seit 2019 wissenschaftliche Mitarbeiter an der Leibniz Universität Hannover am Institut für Stahlbau.

Institut für Stahlbau, Appelstr. 9A, 30167 Hannover

**Schleicher, Wolfram**, Dr.-Ing.

1978–1983 Bauingenieurstudium TU Dresden, Fachrichtung konstruktiver Ingenieurbau; 1983–1985 Forschungsstudium zur Dynamik von Straßenbrücken, TU Dresden; 1986 Promotion am Lehrstuhl für Baudynamik, TU Dresden; 1983–1985 Lehrtätigkeit, TU Dresden, Sektion Maschinenbau, Fachgebiet Statik; 1986–1990 Lehrtätigkeit, Humboldt-Universität zu Berlin, Bauingenieurwesen im Fernstudium, Fachgebiet Festigkeitslehre; seit 1996 selbständig als Berater der Ingenieur.

Ingenieurbüro Dr. Schleicher, Am Wasserturm 1, 15732 Eichwalde

**Schmidmeier, Michael**, Dr.-Ing.

1991–1997 Bauingenieurstudium TU München und ENPC Paris, Promotion 2011–2015, langjährige Mitarbeit in Arbeitsgruppe „Leitfaden Hänger“ der BAST/BAW, seit 2021 Projektleiter bei Mensinger Stadler Ingenieure, München.

Mensinger Stadler Ingenieure, Metzstr. 20, 81667 München

**Schubart, Ralf**, Dipl.-Ing., SFI

Bauingenieurstudium TH Leipzig und TU Hannover, Abschluss 1993; 1993–1999 Mitarbeiter im Ingenieurbüro Meyer; seit 2000 Beratender Ingenieur und Mitglied verschiedener Normenausschüsse; seit 2007 Prüfer für bautechnische Nachweise im Eisenbahnbau, FG Stahlbau, Verbundbau und Schweißtechnik, seit 2015 Beschichtungsinspektor Stufe A.

Meyer+Schubart Partnerschaft Beratender Ingenieure VBI mbH, Hauptstr. 45, 31515 Wunstorf

**Seidel, Marc**, Dr.-Ing.

Seit 2001 Praxistätigkeit in der Windenergie-Industrie, aktuell Principal Engineer bei Siemens Gamesa; 2001 Promotion und 1991–1996 Studium des Bauingenieurwesens an der Universität Hannover.

Siemens Gamesa Renewable Energy GmbH & Co. KG, Beim Strohhause 17–31, 20097 Hamburg

**Spiegelhalter, Ulrike**, Dr.-Ing.

Bauingenieurstudium Universität Stuttgart, IFB Stuttgart, Dr. R. Braschel GmbH, wissenschaftliche Mitarbeiterin Universität Stuttgart, Institut für Konstruktion und Entwurf (davor Stahl- und Holzbau), 2000 Promotion, seit 2000 Ingenieurbüro Prof. Dr.-Ing. U. Kuhlmann.

Bürogemeinschaft Kuhlmann-Gerold-Eisele-Zipperlen Prof. Dr.-Ing. Ulrike Kuhlmann, Felix-Wankel-Str. 6, 73760 Ostfildern (Nellingen)

**Steinhoff, Simon**, M.Sc.

Seit 2022 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Stahl-, Leicht- und Verbundbau der Ruhr-Universität Bochum; Studium des Bauingenieurwesens an der Ruhr-Universität Bochum (M.Sc.) von 2019–2021; Studium des Bauingenieurwesens an der Fachhochschule Münster (B.Eng.) von 2015–2018.

Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Stahl-, Leicht- und Verbundbau, Universitätsstr. 150, 44801 Bochum

**Unterweger, Harald**, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn.

1984–1989 Bauingenieurstudium TU Graz, seit 1989 wissenschaftlicher Mitarbeiter und Lehrbeauftragter an der TU Graz, 1993 Promotion am Institut für Stahlbau der TU Graz, 2002 Habilitation im Fach Stahlbau an der TU Graz, Mitglied im TC6 (Ermüdung) und TC8 (Stabilität), Mitglied der CEN/TC 250/SC 3/WG 1 und WG 9, seit 2011 Univ. Professor für Stahlbau an der TU Graz

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

**Zauchner, Paul Reinhold**, Dipl.-Ing.

Bauingenieurstudium TU Graz 2013–2019, seit 2019 Universitätsassistent an der TU Graz, am Institut für Stahlbau.

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



# **1 Stahlbaunormen – DIN EN 1993-1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau**

Ulrike Kuhlmann und Fabian Jörg

*Stahlbau-Kalender 2024: Eurocode 3 – neue Anwendungsnormen.*

Herausgegeben von Ulrike Kuhlmann.

© 2024 Ernst & Sohn GmbH. Published 2024 by Ernst & Sohn GmbH.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Anmerkung zum Abdruck von DIN EN 1993-1-1</b>	<b>5</b>	2.2	Grundsätzliches zur Bemessung mit Grenzzuständen	17
<b>DIN EN 1993-1-1</b>		2.3	Basisvariable	18
<b>Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau</b>	<b>5</b>	2.3.1	Einwirkungen und Umgebungseinflüsse	18
Nationales Vorwort	5	2.3.2	Werkstoff- und Produkteigenschaften	18
Hintergrund des Eurocode-Programms	5	2.4	Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten	18
Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes	6	2.4.1	Bemessungswerte von Werkstoffeigenschaften	18
Nationale Fassungen der Eurocodes	6	2.4.2	Bemessungswerte der geometrischen Größen	18
Verbindung zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (EN und ETAG)	7	2.4.3	Bemessungswerte der Beanspruchbarkeit	18
Besondere Hinweise zu EN 1993-1	7	2.4.4	Nachweis der Lagesicherheit (EQU)	19
Nationaler Anhang zu EN 1993-1-1	7	2.5	Bemessung mit Hilfe von Versuchen	19
<b>1 Allgemeines</b>	<b>8</b>	<b>3 Werkstoffe</b>	<b>19</b>	
1.1 Anwendungsbereich	8	3.1 Allgemeines	19	
1.1.1 Anwendungsbereich von Eurocode 3	8	3.2 Baustahl	20	
1.1.2 Anwendungsbereich von Eurocode 3 Teil 1-1	9	3.2.1 Werkstoffeigenschaften	20	
1.2 Normative Verweisungen	10	3.2.2 Anforderungen an die Duktilität	22	
1.2.1 Allgemeine normative Verweisungen	10	3.2.3 Bruchzähigkeit	22	
1.2.2 Normative Verweisungen zu schweißgeeigneten Baustählen	10	3.2.4 Eigenschaften in Dickenrichtung	22	
1.3 Annahmen	10	3.2.5 Toleranzen	23	
1.4 Unterscheidung nach Grundsätzen und Anwendungsregeln	10	3.2.6 Bemessungswerte der Materialkonstanten	23	
1.5 Begriffe	10	3.3 Verbindungsmittel	23	
1.5.1 Tragwerk	10	3.3.1 Schrauben, Bolzen, Nieten	23	
1.5.2 Teiltragwerke	10	3.3.2 Schweißwerkstoffe	23	
1.5.3 Art des Tragwerks	10	3.4 Andere vorgefertigte Produkte im Hochbau	23	
1.5.4 Tragwerksberechnung	11	<b>4 Dauerhaftigkeit</b>	<b>23</b>	
1.5.5 Systemlänge	11	<b>5 Tragwerksberechnung</b>	<b>24</b>	
1.5.6 Knicklänge	11	5.1 Statische Systeme	24	
1.5.7 mittragende Breite	11	5.1.1 Grundlegende Annahmen	24	
1.5.8 Kapazitätsbemessung	11	5.1.2 Berechnungsmodelle für Anschlüsse	25	
1.5.9 Bauteil mit konstantem Querschnitt	11	5.1.3 Bauwerks-Boden-Interaktion	25	
1.6 Formelzeichen	11	5.2 Untersuchung von Gesamttragwerken	25	
1.7 Definition der Bauteilachsen	16	5.2.1 Einflüsse der Tragwerksverformung	25	
<b>2 Grundlagen für die Tragwerksplanung</b>	<b>16</b>	5.2.2 Stabilität von Tragwerken	27	
2.1 Anforderungen	16	5.3 Imperfektionen	29	
2.1.1 Grundlegende Anforderungen	16	5.3.1 Grundlagen	29	
2.1.2 Behandlung der Zuverlässigkeit	17	5.3.2 Imperfektionen für die Tragwerksberechnung	29	
2.1.3 Nutzungsdauer, Dauerhaftigkeit und Robustheit	17	5.3.3 Imperfektionen zur Berechnung aussteifender Systeme	33	
2.1.3.1 Allgemeines	17	5.3.4 Bauteilimperfektionen	34	
2.1.3.2 Nutzungsdauer bei Hochbauten	17			
2.1.3.3 Dauerhaftigkeit von Hochbauten	17			

- 5.4 Berechnungsmethoden 35
    - 5.4.1 Allgemeines 35
    - 5.4.2 Elastische Tragwerksberechnung 35
    - 5.4.3 Plastische Tragwerksberechnung 36
  - 5.5 Klassifizierung von Querschnitten 36
    - 5.5.1 Grundlagen 36
    - 5.5.2 Klassifizierung 36
  - 5.6 Anforderungen an Querschnittsformen und Aussteifungen am Ort der Fließgelenkbildung 37
  - 6 Grenzzustände der Tragfähigkeit 41**
    - 6.1 Allgemeines 41
    - 6.2 Beanspruchbarkeit von Querschnitten 41
      - 6.2.1 Allgemeines 41
      - 6.2.2 Querschnittswerte 43
        - 6.2.2.1 Bruttoquerschnitte 43
        - 6.2.2.2 Nettofläche 43
        - 6.2.2.3 Mittragende Breite 43
        - 6.2.2.4 Wirksame Querschnittswerte bei Querschnitten mit Klasse-3-Stegen und Klasse-1- oder Klasse-2-Gurten bei Momentenbeanspruchung  $M_y$  43
      - 6.2.2.5 Wirksame Querschnittswerte für Querschnitte der Klasse 4 44
    - 6.2.3 Zugbeanspruchung 44
    - 6.2.4 Druckbeanspruchung 45
    - 6.2.5 Biegebeanspruchung 45
    - 6.2.6 Querkraftbeanspruchung 45
    - 6.2.7 Torsionsbeanspruchung 47
    - 6.2.8 Beanspruchung aus Biegung und Querkraft 48
    - 6.2.9 Beanspruchung aus Biegung und Normalkraft 48
      - 6.2.9.1 Querschnitte der Klasse 1 und 2 48
      - 6.2.9.2 Querschnitte der Klasse 3 49
      - 6.2.9.3 Querschnitte der Klasse 4 49
    - 6.2.10 Beanspruchung aus Biegung, Querkraft und Normalkraft 50
  - 6.3 Stabilitätsnachweise für Bauteile 51
    - 6.3.1 Gleichförmige Bauteile mit planmäßig zentrischem Druck 51
      - 6.3.1.1 Biegeknicken 51
      - 6.3.1.2 Knicklinien 51
      - 6.3.1.3 Schlankheitsgrad für Biegeknicken 51
      - 6.3.1.4 Schlankheitsgrad für Drillknicken oder Biegedrillknicken 54
    - 6.3.2 Gleichförmige Bauteile mit Biegung um die Hauptachse 54
      - 6.3.2.1 Biegedrillknicken 54
      - 6.3.2.2 Knicklinien für das Biegedrillknicken – Allgemeiner Fall 56
      - 6.3.2.3 Biegedrillknicklinien gewalzter Querschnitte oder gleichartiger geschweißter Querschnitte 57
    - 6.3.2.4 Vereinfachtes Bemessungsverfahren für Träger mit Biegedrillknickbehinderungen im Hochbau 58
  - 6.3.3 Auf Biegung und Druck beanspruchte gleichförmige Bauteile 59
    - 6.3.4 Allgemeines Verfahren für Knick- und Biegedrillknicknachweise für Bauteile 61
    - 6.3.5 Biegedrillknicken von Bauteilen mit Fließgelenken 63
      - 6.3.5.1 Allgemeines 63
      - 6.3.5.2 Stützungen an Fließgelenken mit Rotationsanforderungen 63
      - 6.3.5.3 Stabilitätsnachweis für Tragwerksabschnitte zwischen seitlichen Stützungen 64
  - 6.4 Mehrteilige Bauteile 64
    - 6.4.1 Allgemeines 64
    - 6.4.2 Gitterstützen 67
      - 6.4.2.1 Tragfähigkeit von Elementen von Gitterstützen 67
      - 6.4.2.2 Konstruktive Durchbildung 67
    - 6.4.3 Stützen mit Bindeblechen (Rahmenstützen) 67
      - 6.4.3.1 Tragfähigkeit von Komponenten von Stützen mit Bindeblechen 67
      - 6.4.3.2 Konstruktive Durchbildung 68
    - 6.4.4 Mehrteilige Bauteile mit geringer Spreizung 68
- 7 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit 69**
  - 7.1 Allgemeines 69
  - 7.2 Grenz Zustand der Gebrauchstauglichkeit für den Hochbau 69
    - 7.2.1 Vertikale Durchbiegung 69
    - 7.2.2 Horizontale Verformungen 69
    - 7.2.3 Dynamische Einflüsse 69
- Anhang A (informativ) 70**  
Verfahren 1: Interaktionsbeiwerte  $k_{ij}$  für die Interaktionsformel in 6.3.3(4) 70
- Anhang B (informativ) 72**  
Verfahren 2: Interaktionsbeiwerte  $k_{ij}$  für die Interaktionsformel in 6.3.3(4) 72
- Anhang AB (informativ) 73**  
Zusätzliche Bemessungsregeln 73
- AB.1 Statische Berechnung unter Berücksichtigung von Werkstoff-Nichtlinearitäten 73
  - AB.2 Vereinfachte Belastungsanordnung für durchlaufende Decken 73

**Anhang BB (informativ) 73**

Knicken von Bauteilen in Tragwerken des Hochbaus	73
BB.1 Biegeknicken von Bauteilen von Fachwerken oder Verbänden	73
BB.1.1 Allgemeines	73
BB.1.2 Gitterstäbe aus Winkelprofilen	74
BB.1.3 Bauteile mit Hohlprofilen	75
BB.2 Kontinuierliche seitliche Abstützungen	75
BB.2.1 Kontinuierliche seitliche Stützung	75
BB.2.2 Kontinuierliche Drehbehinderung	75
BB.3 Größtabstände bei Abstützmaßnahmen für Bauteile mit Fließgelenken gegen Knicken aus der Ebene	77
BB.3.1 Gleichförmige Bauteile aus Walzprofilen oder vergleichbaren geschweißten I-Profilen	77
BB.3.1.1 Größtabstände zwischen seitlichen Stützungen	77
BB.3.1.2 Größtabstand zwischen Verdrehbehinderungen	79
BB.3.2 Voutenförmige Bauteile, die aus Walzprofilen oder vergleichbaren, geschweißten I-Profilen bestehen	79
BB.3.2.1 Größtabstand zwischen seitlichen Stützungen	79
BB.3.2.2 Größtabstand zwischen Verdrehbehinderungen	80
BB.3.3 Modifikationsfaktor für den Momentenverlauf	80
BB.3.3.1 Linearer Momentenverlauf	80
BB.3.3.2 Nichtlinearer Momentenverlauf	80
BB.3.3.3 Voutenfaktor	81

**Anhang C (normativ) 82**

Auswahl der Ausführungsklasse	82
C.1 Allgemeines	82
C.1.1 Grundanforderungen	82
C.1.2 Ausführungsklasse	82
C.2 Auswahlverfahren	82
C.2.1 Maßgebende Faktoren	82
C.2.2 Auswahl	83
Ausführungsklasse EXC1	83
Ausführungsklasse EXC2	84
Ausführungsklasse EXC3	84
Ausführungsklasse EXC4	84

**Literatur zu den Kommentaren 85**

## Anmerkung zum Abdruck von DIN EN 1993-1-1

Auf den folgenden Seiten wird der Normtext von DIN EN 1993-1-1:2010-12 in zweispaltiger Darstellung wiedergegeben. In den Normtext von DIN EN 1993-1-1:2010-12 sind die Änderungen gemäß DIN EN 1993-1-1/A1:2014-07 eingearbeitet. Zusätzlich wird der aktualisierte Nationale Anhang DIN EN 1993-1-1/NA:2018-12 an den jeweiligen Stellen im Normtext zitiert.

Um einen guten Lesefluss zu garantieren, wurde für die Darstellungsart Folgendes festgelegt. Der Normtext wird zweispaltig und durchgehend dargestellt. Auf eine besondere Kennzeichnung der Berichtigungen wird verzichtet. Textstellen aus dem Nationalen Anhang werden durch einen zur Blattmitte hin offenen, grauen Rahmen gekennzeichnet. Links oben befindet sich dabei die Bezeichnung NDP (Nationally Determined Parameters) für national festgelegte Parameter und NCI (Non-contradictory Complementary Information) für ergänzende nicht widersprechende Angaben zur Anwendung von DIN EN 1993-1-1. Kommentare zum Normtext werden in einem grauen Kasten im unteren Bereich der rechten Spalte in serifenloser Schrift abgedruckt.

## DIN EN 1993-1-1 Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau

ICS 91.010.30; 91.080.10

Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-1:  
General rules and rules for buildings

Eurocode 3: Calcul des structures en acier – Partie 1-1:  
Règles générales et règles pour les bâtiments

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 16. April 2004 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CEN-ELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern. Dieses Dokument ersetzt ENV 1993-1-1:1992.

### Nationales Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 250 „Eurocodes für den konstruktiven Ingenieurbau“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom BSI (Vereinigtes Königreich) gehalten wird.

Die Arbeiten auf nationaler Ebene wurden durch die Experten des NABau-Spiegelausschusses NA 005-0816 AA „Tragwerksbemessung (Sp CEN/TC 250/SC 3)“ begleitet.

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 16. April 2005 angenommen.

Die Norm ist Bestandteil einer Reihe von Einwirkungs- und Bemessungsnormen, deren Anwendung nur im Paket sinnvoll ist. Dieser Tatsache wird durch das Leitpapier L der Kommission der Europäischen Gemeinschaft für die Anwendung der Eurocodes Rechnung getragen, indem Übergangsfristen für die verbindliche Umsetzung der Eurocodes in den Mitgliedstaaten vorgesehen sind. Die Übergangsfristen sind im Vorwort dieser Norm angegeben.

Die Anwendung dieser Norm gilt in Deutschland in Verbindung mit dem Nationalen Anhang.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN [und/oder die DKE] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

### Hintergrund des Eurocode-Programms

1975 beschloss die Kommission der Europäischen Gemeinschaften, für das Bauwesen ein Programm auf der Grundlage des Artikels 95 der Römischen Verträge durchzuführen. Das Ziel des Programms war die Beseitigung technischer Handelshemmnisse und die Harmonisierung technischer Normen.

Im Rahmen dieses Programms leitete die Kommission die Bearbeitung von harmonisierten technischen Regelwerken für die Tragwerksplanung von Bauwerken ein, die im ersten Schritt als Alternative zu den in den Mitgliedsländern geltenden Regeln dienen und sie schließlich ersetzen sollten.

15 Jahre lang leitete die Kommission mit Hilfe eines Steuerkomitees mit Repräsentanten der Mitgliedsländer die Entwicklung des Eurocode-Programms, das zu der ersten Eurocode-Generation in den 80er Jahren führte.

Im Jahre 1989 entschieden sich die Kommission und die Mitgliedsländer der Europäischen Union und der EFTA, die Entwicklung und Veröffentlichung der Eu-

rocodes über eine Reihe von Mandaten an CEN zu übertragen, damit diese den Status von Europäischen Normen (EN) erhielten. Grundlage war eine Vereinbarung<sup>1)</sup> zwischen der Kommission und CEN. Dieser Schritt verknüpft die Eurocodes de facto mit den Regelungen der Ratsrichtlinien und Kommissionsentscheidungen, die die Europäischen Normen behandeln (z. B. die Ratsrichtlinie 89/106/EWG zu Bauprodukten, die Bauproduktenrichtlinie, die Ratsrichtlinien 93/37/EWG, 92/50/EWG und 89/440/EWG zur Vergabe öffentlicher Aufträge und Dienstleistungen und die entsprechenden EFTA-Richtlinien, die zur Einrichtung des Binnenmarktes eingeleitet wurden).

Das Eurocode-Programm umfasst die folgenden Normen, die in der Regel aus mehreren Teilen bestehen:

EN 1990, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*;

EN 1991, *Eurocode 1: Einwirkung auf Tragwerke*;

EN 1992, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbetonbauten*;

EN 1993, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*;

EN 1994, *Eurocode 4: Bemessung und Konstruktion von Stahl-Beton-Verbundbauten*;

EN 1995, *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten*;

EN 1996, *Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten*;

EN 1997, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik*;

EN 1998, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben*;

EN 1999, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumkonstruktionen*.

Die Europäischen Normen berücksichtigen die Verantwortlichkeit der Bauaufsichtsorgane in den Mitgliedsändern und haben deren Recht zur nationalen Festlegung sicherheitsbezogener Werte berücksichtigt, so dass diese Werte von Land zu Land unterschiedlich bleiben können.

### Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes

Die Mitgliedsländer der EU und von EFTA betrachten die Eurocodes als Bezugsdokumente für folgende Zwecke:

- als Mittel zum Nachweis der Übereinstimmung der Hoch- und Ingenieurbauten mit den wesentlichen Anforderungen der Richtlinie 89/106/EWG, besonders mit der wesentlichen Anforderung Nr. 1: Mechanischer Festigkeit und Standsicherheit und der wesentlichen Anforderung Nr. 2: Brandschutz;
- als Grundlage für die Spezifizierung von Verträgen für die Ausführung von Bauwerken und dazu erforderlichen Ingenieurleistungen;

1) Vereinbarung zwischen der Kommission der Europäischen Gemeinschaft und dem Europäischen Komitee für Normung (CEN) zur Bearbeitung der Eurocodes für die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauwerken (BC/CEN/03/89).

- als Rahmenbedingung für die Herstellung harmonisierter, technischer Spezifikationen für Bauprodukte (ENs und ETAs)

Die Eurocodes haben, da sie sich auf Bauwerke beziehen, eine direkte Verbindung zu den Grundlagendokumenten<sup>2)</sup>, auf die in Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hingewiesen wird, wenn sie auch anderer Art sind als die harmonisierten Produktnormen<sup>3)</sup>. Daher sind die technischen Gesichtspunkte, die sich aus den Eurocodes ergeben, von den Technischen Komitees von CEN und den Arbeitsgruppen von EOTA, die an Produktnormen arbeiten, zu beachten, damit diese Produktnormen mit den Eurocodes vollständig kompatibel sind.

Die Eurocodes liefern Regelungen für den Entwurf, die Berechnung und Bemessung von kompletten Tragwerken und Baukomponenten, die sich für die tägliche Anwendung eignen. Sie gehen auf traditionelle Bauweisen und Aspekte innovativer Anwendungen ein, liefern aber keine vollständigen Regelungen für ungewöhnliche Baulösungen und Entwurfsbedingungen, wofür Spezialistenbeiträge erforderlich sein können.

### Nationale Fassungen der Eurocodes

Die Nationale Fassung eines Eurocodes enthält den vollständigen Text des Eurocodes (einschließlich aller Anhänge), so wie von CEN veröffentlicht, mit möglicherweise einer nationalen Titelseite und einem nationalen Vorwort sowie einem Nationalen Anhang.

### Zu Hintergrund des Eurocode-Programms

Die Bauproduktenrichtlinie 89/106/EWG aus dem Jahr 1989 wurde inzwischen überarbeitet und im Jahr 2013 vollumfänglich durch die Europäische Bauproduktenverordnung BauPVO ersetzt.

Der Nationale Anhang darf nur Hinweise zu den Parametern geben, die im Eurocode für nationale Entscheidungen

- 2) Entsprechend Artikel 3.3 der Bauproduktenrichtlinie sind die wesentlichen Angaben in Grundlagendokumenten zu konkretisieren, um damit die notwendigen Verbindungen zwischen den wesentlichen Anforderungen und den Mandaten für die Erstellung harmonisierter Europäischer Normen und Richtlinien für die Europäische Zulassungen selbst zu schaffen.
- 3) Nach Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hat das Grundlagendokument
  - a) die wesentliche Anforderung zu konkretisieren, in dem die Begriffe und, soweit erforderlich, die technische Grundlage für Klassen und Anforderungshöhen vereinheitlicht werden,
  - b) die Methode zur Verbindung dieser Klasse oder Anforderungshöhen mit technischen Spezifikationen anzugeben, z. B. rechnerische oder Testverfahren, Entwurfsregeln,
  - c) als Bezugsdokument für die Erstellung harmonisierter Normen oder Richtlinien für Europäische Technische Zulassungen zu dienen.

Die Eurocodes spielen de facto eine ähnliche Rolle für die wesentliche Anforderung Nr. 1 und einen Teil der wesentlichen Anforderung Nr. 2.