2017

STAHLBAU KALENDER

Dauerhaftigkeit
Ingenieurtragwerke

Ernst & Sohn
A Wiley Brand

bauforumstahl

2017

STAHLBAU KALENDER

Dauerhaftigkeit
Ingenieurtragwerke

Herausgegeben von

Prof. Dr.-Ing. Ulrike Kuhlmann

19. Jahrgang

Ernst & Sohn
A Wiley Brand

Hinweise des Verlages

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

Titelbild: Kranbahn, Plochingen
Foto: Tim Heiser, Stuttgart

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.

© 2017 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: Alexa Glanzner GmbH, Viernheim
Druck und Bindung: CPI Ebner & Spiegel, Ulm

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

ISSN 1438-1192
Print ISBN: 978-3-433-03164-3
ePDF ISBN: 978-3-433-60766-4
ePub ISBN: 978-3-433-60764-0
eMobi ISBN: 978-3-433-60765-7
oBook ISBN: 978-3-433-60763-3

Vorwort

Im Mittelpunkt des **Stahlbau-Kalenders 2017** stehen die Schwerpunkte **Ingenieurtragwerke** und **Dauerhaftigkeit.** Zu den behandelten Ingenieurtragwerken zählen Hallentragwerke, Kranbahnen, Türme und Maste, Freistehende Stahlschornsteine sowie Silos und Tanks sowie auch Brücken. Ingenieurtragwerke spielen im Stahlbau seit jeher eine große Rolle und in einigen Bereichen ist Stahl der dominierende Werkstoff. Umso wichtiger ist es, hier die aktuellen Entwicklungen in der Normung und sich verändernde Anforderungen in der Praxis zu verfolgen. Nicht zuletzt gehört zu den gestiegenen Anforderungen die Dauerhaftigkeit, die für zyklisch beanspruchte Tragwerke wie Kranbahnen und Brücken die Ermüdungsbeanspruchung betrifft; auch ergeben sich für Tragwerke, die entsprechenden Umwelteinflüssen ausgesetzt sind, Anforderungen an die Korrosionsbeständigkeit. Der Themenbogen der verschiedenen Beiträge spannt sich deshalb von der Werkstoffwahl über Fragen der Konstruktion und Ermüdung, Prüfung und Bewertung im Bestand bis hin zum Korrosionsschutz.

Daneben steht, nicht weniger wichtig, die erneut abgedruckte Grundnorm **DIN EN 1993-1-8: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, Bemessung von Anschlüssen** mit Nationalem Anhang sowie ergänzenden, an den jeweiligen Stellen eingearbeiteten Kommentaren und Erläuterungen von Univ.-Prof. Dr.-Ing. *Dieter Ungermann*, Technische Universität Dortmund, und Dipl.-Ing. *Stephan Schneider*, construct.ING – Büro für Bauwesen. Diese regelmäßige Aktualisierung gerade auch der Kommentare ermöglicht es, jeweils auf aktuell entstandene Fragen und Klärungsbedarf einzugehen.

Aufgrund eines Urteils des Europäischen Gerichtshofs vom 16. Oktober 2014, wodurch zusätzliche, in den Bauregellisten geregelte Anforderungen an bestimmte Bauprodukte nicht mehr rechtens sind, weil sie bereits in harmonisierten Normen erfasst sind und eine CE-Kennzeichnung haben, wurde die Musterbauordnung (MBO) durch Beschluss der Bauministerkonferenz vom 13.05.2016 entsprechend novelliert. Weitergehend werden die Regelungen der Muster-Liste der Technischen Baubestimmungen (MLTB), der Teile II und III der Liste der Technischen Baubestimmungen sowie der Bauregellisten angepasst und umstrukturiert in die Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) überführt. Dies wird von Dr.-Ing. *Karsten Kathage* und Dipl.-Ing. *Christoph Ortmann*, Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin im Beitrag **Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB), Normen und Zulassungen im Stahlbau** dargestellt. Da zum Zeitpunkt der Drucklegung die Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) jedoch nur als Entwurf vorlag und noch Einsprüche verhandelt werden, wird in dieser Ausgabe des Stahlbau-Kalenders auf eine Zusammenstellung der den Stahlbau betreffenden Regelungen verzichtet. Der Beitrag gibt aber neben einer Liste aller geltenden Normen und Richtlinien für den Stahlbau auch die für den Stahl- und Verbundbau wichtigen gültigen Zulassungen (Stand: Oktober 2016) sowohl auf nationaler wie auf europäischer Ebene wieder.

Das oben genannte Urteil des Europäischen Gerichtshofs wird ausdrücklich von Ministerialrat Dr. *Gerhard Scheuermann,* Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, und von Regierungsdirektorin Dr. *Susanna Thielecke,* Regierungspräsidium Stuttgart, in ihrem Beitrag **Europäische Regeln für Bauprodukte und Umsetzung in Deutschland – das neue bauaufsichtliche Konzept** aufgegriffen. Sie erläutern die Umsetzung dieses Konzeptes in Deutschland, was vor allem eine Anpassung des nationalen Rechts umfasst, um die Europarechtskonformität sicherzustellen, ohne dabei die Gewährleistung der Bauwerkssicherheit infrage zu stellen. Es werden im Beitrag Inhalt und Struktur der neuen Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen dargelegt und Hinweise zu Übergangsregelung und Verantwortung der am Bau Beteiligten gegeben.

Zur Vermeidung von Sprödbruch und zur Sicherstellung plastischer Umverteilungen, die bei Erreichen der Tragfähigkeit in Anspruch genommen werden, ist eine Grundanforderung an Baustähle die ausreichende Zähigkeit. „Zähigkeit“ kann dabei verschieden definiert werden; so wird sie technisch zum Beispiel als Kerbschlagarbeit AVT einer gekerbten Normprobe bei verschiedenen Temperaturen verstanden. Im Beitrag **Zähigkeitsbasierte Stahlsortenwahl in DIN EN 1993 – Stand der Normung und neue Entwicklungen** von Univ.-Prof. Dr.-Ing. *Markus Feldmann,* Dipl.-Ing. *Simon Schaffrath* und *Sandro Citarelli*, M.Sc., RWTH Aachen, Prof. Dr.-Ing. *Bertram Kühn,* Technische Hochschule Mittelhessen, und Dr.-Ing. *Björn Eichler*, Terex MHPS GmbH, Düsseldorf, werden die verschiedenen Aspekte eines normengerechten Zähigkeitsnachweises behandelt. Nach allgemeinen Erläuterungen zum Zähigkeitsverhalten ferritischer Stähle wird zunächst der Stand der europäischen Normung, insbesondere die Anwendung von DIN EN 1993-1-10 und Erfahrungen damit, erläutert. Während zur Vermeidung spröden Materialversagens DIN EN 1993 eine vereinfachte, auf bruchmechanischen Ansätzen basierte Methode zur Verfügung stellt, mit der Zähigkeitsanforderungen im Tieflagenbereich abgeleitet werden können, gibt es derzeit im Hinblick auf die plastische Bemessung noch keine zufriedenstellende Methode zur Bestimmung der Zähigkeitsanforderungen im Hochlagenbereich. Im Beitrag werden deshalb auch neue Entwicklungen insbesondere hinsichtlich der Anwendung schädigungsmechanischer Verfahren zur Quantifizierung von verbesserten Zähigkeitsanforderungen für die Hochlage vorgestellt.

Neben der Zähigkeit des Materials spielt die Ermüdung für die Gewährleistung ausreichender Dauerhaftigkeit

eine besondere Rolle. Sie ist nicht selten mit der Ausbildung von Rissen an geschweißten Details in häufig wechselnd beanspruchten Stahlkonstruktionen verknüpft. Um diese während der Nutzungsdauer erfassen zu können, kommen vor allem Methoden der zerstörungsfreien Prüfung zur Anwendung. Ein Verfahren, das sich bereits in vielen Anwendungsfällen bewährt hat, ist das Ultraschall-Verfahren. Im Beitrag **Moderne bildgebende Ultraschall-Verfahren zur zerstörungsfreien Prüfung von Schweißnähten im Stahlbau** geben die Autoren, Dr. rer. nat. *Ralf Steinhausen*, Dr. rer. nat. *Christoph Pientschke,* Forschungszentrum Ultraschall, Halle (Saale), und *Alexander Strauß*, Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt gGmbH, Halle, einen Überblick über die physikalischen Grundlagen und die Anwendung verschiedener Ultraschall-Prüfverfahren. Hierbei wird auf die Bewertung von Echoanzeigen bei klassischen Verfahren eingegangen und neuere bildgebende Verfahren der Beugungslaufzeittechnik (ToFD-Technik (Time of Flight Diffraction)) und der Phased-Array-Methode erläutert. An einem Praxisbeispiel werden diese Methoden mit herkömmlichen Prüfverfahren verglichen.

Hallentragwerke sind vielfältig in ihrer Ausführung und Konstruktionsweise und wohl die am häufigsten vorkommenden Ingenieurtragwerke. Dr.-Ing. *Ralf Egner*, Ingenieurgruppe Bauen, Karlsruhe, und Dipl.-Ing. *Ronald Kocker*, bauforumstahl e. V., Düsseldorf, geben in ihrem Beitrag **Industriehallen aus Stahl** einen Überblick über die am Markt üblichen typischen Hallenkonstruktionen. Es werden die einwirkenden Lasten u. a. aus Photovoltaik-Anlagen und die statischen Systeme insbesondere hinsichtlich der Aussteifung erläutert. Dach- und Wandverkleidungen, Brandschutz und Gründungen sind weitere Themen. Die vorgestellten Lösungen zu wesentlichen Konstruktionsdetails können gerade für die Umsetzung in der Praxis hilfreich sein.

Für die Bemessung von Kranbahnträgern sind nicht zuletzt wegen der Kraneinwirkungen die Fragen der Radlasteinleitung, der Stabilität und der Ermüdung relevant. Im Beitrag **Bemessung von Kranbahnen nach DIN EN 1993-6** von Dipl.-Ing. *Mathias Euler* und Prof. Dr.-Ing. *Ulrike Kuhlmann,* Universität Stuttgart, wird die Anwendung von Eurocode 3, insbesondere DIN EN 1993-6, in Verbindung mit praktischen Beispielen erläutert. Die Informationen umfassen den kompletten Anwendungsbereich einschließlich Kranbahnen von Brückenlaufkranen und Hängekranen sowie Einschienenkatzbahnen. Für die Tragwerksberechnung wird u. a. eine Übersicht gegeben, wann die einzelnen lokalen Beanspruchungen aus Radlasteinleitung zu berücksichtigen sind. Bei der Erläuterung zum Ermüdungsnachweis, der in der Praxis seit der Einführung von Eurocode 3 wohl zu den größten Schwierigkeiten führt, wird dargestellt, welche Änderungen, Korrekturen und Vorschläge zu einer Steigerung der Wirtschaftlichkeit führen können. Dies betrifft vor allem Vorschläge für eine Überarbeitung oder Neuaufnahme kranbahnspezifischer Details in die Kerbfalltabellen von DIN EN 1993-1-9.

Türme und Maste sind funktionale, schlanke Ingenieurtragwerke und wichtiger Teil unserer modernen Infrastruktur. Prof. Dr.-Ing. *Frank Kemper,* Dipl.-Ing. *Nicole Schillo,* Prof. Dr.-Ing. *Markus Feldmann,* RWTH Aachen, Prof. Dr.-Ing. *Dieter Ungermann* und Dipl.-Ing. *Alena Patschin,* Technische Universität Dortmund beleuchten in diesem Beitrag einige Besonderheiten, die für die Planung von Turm- und Mastbauwerken relevant sind, wie Lastansätze (vor allem Windlasten), die Bemessungsmodelle und Nachweiskriterien. Hierbei werden gezielt auch strittige Regelungen aufgegriffen und, soweit möglich, hierzu Stellung genommen, indem aktuelle Forschungsarbeiten des Institutes für Stahlbau sowie des Centers for Wind and Earthquake Engineering (CWE) der RWTH Aachen herangezogen werden. Auf die novellierten Regeln für Türme, Maste und Schornsteine (Eurocode 3-3-1 bzw. 3-3-2) wird an den passenden Stellen Bezug genommen. Für die verschiedenen Einsatzgebiete, wie zum Beispiel als Maste für Windkraftanlagen oder Maste für Freileitungen, gibt es zum Teil parallele Normungsregelungen und spezielle technische Anforderungen aus der Nutzung.

Als Ergänzung zu den Türmen und Masten behandelt *Georg W. Berger*, Geschäftsführer Industrie-Verband Stahlschornsteine e. V. Nürnberg und Obmann des DIN-Arbeitsausschusses für freistehende Schornsteine, in seinem Beitrag **Freistehende Stahlschornsteine**. Darin erläutert er nach einem kurzen Überblick über die Entwicklung von Stahlschornsteinen auch im Hinblick auf die Normung die aktuelle Situation. Während die Stahlkonstruktion wie das Tragrohr im Wesentlichen nach DIN EN 1993-3-2 „Türme, Maste und Schornsteine – Schonsteine“ bemessen wird, gilt zusätzlich die Normenreihe DIN EN 13084 und darin für das Innenrohr DIN EN 13084-6. Außerdem werden Hinweise zur Bestimmung der Art des Schornsteins und der Auslegung des Abgaswegs der freistehenden Schornsteine gegeben. Der Beitrag liefert Empfehlungen und Informationen für den Entwurf, die Bemessung und Ausführung von freistehenden Stahlschornsteinen und soll den Praktikern auch bei der Zustandsüberwachung eine Hilfestellung bieten.

Der Beitrag **Silos und Tanks** von Prof. Dr.-Ing. *Peter Knödel*, Prof. Dr.-Ing. *Thomas Ummenhofer,* Karlsruher Institut für Technologie und Dr.-Ing. *Cornelius Ruckenbrod,* SMP Ingenieure im Bauwesen GmbH, Karlsruhe, gibt einen Überblick über diese typischen Industrietragwerke und ihre Auslegung. Nach einer Einführung in die verschiedenen Bauarten, Werkstoffe und geltenden Regelwerke wird ein besonderer Fokus auf die Einwirkungen gelegt, wie zum Beispiel die Einwirkungen aus Schüttgütern. Weiterhin werden übliche Berechnungsmodelle und ihre Anwendung für die verschiedenen Bestandteile der Silos und Tanks, wie Dächer, Mantel, Stützen und Böden, behandelt. Da hier immer wieder die Regelwerke, das sind neben Eurocode 3 Teil 4-1 für Silos und Teil 4-2 für Tanks auch spezifische Produkt-

normen, in Bezug genommen werden und die Darstellung durch eine umfangreiche Literarturliste ergänzt ist, ist dieser Beitrag eine wichtige Referenz für die Praxis.

Im Beitrag **Bewertung und Instandsetzung von Altstahlkonstruktionen** behandeln Univ.-Prof. Dr.-Ing. *Richard Stroetmann,* Technische Universität Dresden, Dr.-Ing. *Lars Sieber* und Univ.-Prof. Dr. techn. *Andreas Taras,* Universität der Bundeswehr München, Dipl.-Ing. *Jürgen Anders*, Institut für Schweißtechnik und Ing.-Büro Dr.-Möll GmbH, Darmstadt, sowie Prof. Dr.-Ing. *Gerd Kuscher,* Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH, Hannover, die Grundlagen zu Altstahlkonstruktionen, die für deren Bewertung, Modernisierung und Instandsetzung von Interesse sind. Nach einer Beschreibung der zeitlichen Entwicklung der Herstellungsverfahren und der frühen Normung für Baustähle wird auf die metallurgischen Besonderheiten aus der Herstellung, die chemische Zusammensetzung und die mechanischen Eigenschaften alter Baustähle eingegangen. Eine häufig bei Altstahlkonstruktionen anzutreffende Verbindungstechnik stellen Nietverbindungen dar, die hier vorgestellt werden. Ein wichtiger Aspekt ist die Bewertung der Sprödbruchneigung genieteter Stahlkonstruktionen aus Flussstahl. Bei der Beurteilung der Sicherheit bestehender Konstruktionen und der Entscheidung über notwendige Instandsetzungs- und Verstärkungsmaßnahmen ist der Nachweis ausreichender Werkstoffzähigkeit von wesentlicher Bedeutung. Schließlich rundet ein Abschnitt zur Ermüdungsfestigkeit und Restlebensdauer genieteter Altstahlkonstruktionen den Beitrag ab.

Aufgrund fehlender Grundlagenkenntnisse zum Verhalten stückverzinkter Elemente unter zyklischer Belastung war bisher eine Anwendung der Feuerverzinkung für tragende Komponenten im Brückenbau nicht zulässig. In den letzten Jahren wurden aber vielfältige Untersuchungen zur Klärung der Wirkung einer Zinkschicht auf das Ermüdungsverhalten von Stahlbaudetails durchgeführt. Prof. Dr.-Ing. *Dieter Ungermann, Svenja Holtkamp*, M.Sc., Technische Universität Dortmund, Dipl.-Ing. *Dennis Rademacher*, Dr.-Ing. *Oliver Hechler*, ArcelorMittal Europe, Esch-sur-Alzette, Luxembourg und Dr.-Ing. *Thomas Pinger,* ZINQ Technologie GmbH, Gelsenkirchen legen in ihrem Beitrag **Anwendung der Feuerverzinkung im Brückenbau** die Grundlagen zum Stückverzinken von Brückenbauteilen dar. Sie stellen Anwendungsregeln und Empfehlungen für die Planung, Bemessung und Ausführung von feuerverzinkten Stahl- und Verbundbrücken bereit und erläutern dies näher anhand von Beispielen einzelner Detailausführungen. Zudem zeigen sie die Auswirkungen der Feuerverzinkung als Korrosionsschutz auf Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit im Brückenbau auf.

Ergänzt und komplettiert wird dies durch den Beitrag von Dipl.-Ing. *Mark Huckshold,* Industrieverband Feuerverzinken e. V., Düsseldorf, der in **Anwendung der Feuerverzinkung im Brückenbau – Praxisbeispiele** Erfahrungen mit feuerverzinkten Brückenbauwerken in Deutschland, aber vor allem auch im Ausland zusammenfasst. Interessant ist die Anwendung nicht nur für die Brücke selbst, sondern auch für Fahrbahnübergänge, die meist besonderem Korrosionsangriff ausgesetzt sind. Die Anwendung der Feuerverzinkung im Brückenbau stellt somit eine attraktive Methode dar, unter Berücksichtigung unterschiedlicher Anforderungen einen dauerhaften Korrosionsschutz zu gewährleisten.

Die Beiträge zu den verschiedenen Industrietragwerken zeigen einmal mehr, wie vielfältig die Anwendungen im Stahlbau sind. Gemeinsam ist ihnen der Anspruch, durch Maßnahmen wie Werkstoffwahl, Konstruktion und Bemessung und Korrosionsschutz dauerhaft nutzbar zu sein. Die Beiträge in diesem Stahlbau-Kalender geben interessante und wichtige Hinweise zu den beiden Schwerpunktthemen, auch in Hinblick auf die Normung. Normung ist nicht statisch, sondern kann beeinflusst werden, gerade zurzeit, wo eine grundlegende Überarbeitung der Eurocodes erfolgt. Es wird appelliert, an diesem Prozess aktiv teilzunehmen. Bei den Autoren im diesjährigen Stahlbau-Kalender ist das der Fall, viele der Beiträge enthalten Hinweise zur Fortentwicklung der Normen.

Ich darf mich auch im Namen des Verlags Ernst & Sohn bei allen Autoren ganz herzlich für ihre qualitativ hochwertige Arbeit bedanken. Den Mitarbeitern 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, 23. Juni 2017** wird wieder der Stahlbau-Kalender-Tag in Stuttgart stattfinden, zu dem ich alle Interessenten herzlich einladen möchte. Dabei werden die Autoren dieser Ausgabe zu ihren Themen vortragen und für Diskussionen zur Verfügung stehen.

Stuttgart, Februar 2017
Prof. Dr.-Ing. Ulrike Kuhlmann

Inhaltsübersicht

1 Stahlbaunormen – DIN EN 1993-1-8: Bemessung von Anschlüssen 1
Dieter Ungermann, Stephan Schneider

2 Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB), Normen und Zulassungen im Stahlbau 125
Karsten Kathage, Christoph Ortmann

3 Europäische Regeln für Bauprodukte und Umsetzung in Deutschland – das neue bauaufsichtliche Konzept 185
Gerhard Scheuermann, Susanna Thielecke

4 Zähigkeitsbasierte Stahlsortenwahl nach DIN EN 1993 – Stand der Normung und neue Entwicklungen 203
Markus Feldmann, Bertram Kühn, Björn Eichler, Simon Schaffrath, Sandro Citarelli

5 Moderne bildgebende Ultraschall-Verfahren zur zerstörungsfreien Prüfung von Schweißnähten im Stahlbau 271
Ralf Steinhausen, Christoph Pientschke, Alexander Strauß

6 Industriehallen aus Stahl 313
Ralf Egner, Ronald Kocker

7 Bemessung von Kranbahnen nach DIN EN 1993-6 343
Mathias Euler, Ulrike Kuhlmann

8 Türme und Maste 499
Frank Kemper, Nicole Schillo, Markus Feldmann, Dieter Ungermann, Alena Patschin

9 Freistehende Stahlschornsteine 567
Georg W. Berger

10 Silos und Tanks 595
Peter Knödel, Thomas Ummenhofer, Cornelius Ruckenbrod

11 Bewertung und Instandsetzung von Altstahlkonstruktionen 693
Richard Stroetmann, Lars Sieber, Andreas Taras, Jürgen Anders, Gerd Kuscher

12 Anwendung der Feuerverzinkung im Brückenbau 767
Dieter Ungermann, Svenja Holtkamp, Dennis Rademacher, Oliver Hechler, Thomas Pinger

13 Anwendung der Feuerverzinkung im Brückenbau – Praxisbeispiele 813
Mark Huckshold

Stichwortverzeichnis 829

Verzeichnis der Autoren und Herausgeber

Dipl.-Ing. Jürgen Anders, SFI, EWE
Institut für Schweißtechnik und
Ing.-Büro Dr. Möll GmbH
An der Schleifmühle 6
64289 Darmstadt

Georg W. Berger
Industrie-Verband Stahlschornsteine e. V.
Bürgweg 12 a
90482 Nürnberg

Sandro Citarelli M. Sc.
RWTH Aachen University
Institut für Stahlbau
Mies-van-der-Rohe-Straße 1
52074 Aachen

Dr.-Ing. Ralf Egner
Ingenieurgruppe Bauen
Fritz-Erler-Straße 23
76133 Karlsruhe

Dr.-Ing. Björn Eichler
Terex MHPS GmbH
Forststraße 16
40597 Düsseldorf

Dipl.-Ing. Mathias Euler
Universität Stuttgart
Institut für Konstruktion und Entwurf
Pfaffenwaldring 7
70569 Stuttgart

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Feldmann
RWTH Aachen University
Institut für Stahlbau
Mies-van-der-Rohe-Straße 1
52074 Aachen

Dr.-Ing. Oliver Hechler
ArcelorMittal Europe – Long Products
66, rue de Luxembourg
4221 Esch-sur-Alzette
Luxemburg

Svenja Holtkamp M. Sc.
Technische Universität Dortmund
Lehrstuhl für Stahlbau
August-Schmidt-Straße 6
44227 Dortmund

Dipl.-Ing. Mark Huckshold
Industrieverband Feuerverzinken e. V.
Mörsenbroicher Weg 200
40470 Düsseldorf

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

Prof. Dr.-Ing. Frank Kemper
RWTH Aachen University
Institut für Stahlbau
Mies-van-der-Rohe 1
52074 Aachen

Prof. Dr.-Ing. Peter Knödel
KIT Karlsruher Institut für Technologie
Stahl- und Leichtbau
Otto-Ammann-Platz 7
76131 Karlsruhe

Dipl.-Ing. Ronald Kocker
bauforumstahl e. V.
Büro West
Sohnstraße 65
40237 Düsseldorf

Prof. Dr.-Ing. Bertram Kühn
Technische Hochschule Mittelhessen
Campus Gießen
FG Stahl-, Verbund- und Brückenbau
Bismarckstraße 4
35390 Gießen

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

Prof. Dr.-Ing. Gerd Kuscher
GSI – Gesellschaft für Schweißtechnik
International mbH
SLV Hannover
Am Lindener Hafen 1
30453 Hannover

Dipl.-Ing. Christoph Ortmann
Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt)
Referat I 3
Kolonnenstraße 30B
10829 Berlin

Dipl.-Ing. Alena Patschin
Technische Universität Dortmund
Lehrstuhl Stahlbau
August-Schmidt-Straße 6
44227 Dortmund

Dr. rer. nat. Christoph Pientschke
Forschungszentrum Ultraschall gGmbH
Köthener Straße 33a
06118 Halle (Saale)

Dr.-Ing. Thomas Pinger
ZINQ Technologie GmbH
An den Schleusen 6
45881 Gelsenkirchen

Dipl.-Ing. Dennis Rademacher
ArcelorMittal Europe – Long Products
66, rue de Luxembourg
4221 Esch-sur-Alzette
Luxemburg

Dr.-Ing. Cornelius Ruckenbrod
SMP Ingenieure im Bauwesen GmbH
Tragwerksplanung
Stephanienstraße 102
76133 Karlsruhe

Dipl.-Ing. Simon Schaffrath
RWTH Aachen University
Institut für Stahlbau
Mies-van-der-Rohe-Straße 1
52074 Aachen

Ministerialrat Dr. Gerhard Scheuermann
Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg
Referat 45 – Bautechnik, Bauökologie
Kernerplatz 9
70182 Stuttgart

Dipl.-Ing. Nicole Schillo
RWTH Aachen University
Institut für Stahlbau
Mies-van-der-Rohe-Straße 1
52074 Aachen

Dipl.-Ing. Stephan Schneider
construct.ING – Büro für Bauwesen
Chemnitzer Straße 83/85
44139 Dortmund

Dr.-Ing. Lars Sieber
Universität der Bundeswehr München
Werner-Heisenberg-Weg 39
85577 Neubiberg

Dr. rer. nat. Ralf Steinhausen
Forschungszentrum Ultraschall gGmbH
Köthener Straße 33a
06118 Halle (Saale)

Alexander Strauß
SLV Halle GmbH
Werkstoffprüfung
Köthener Straße 33A
06118 Halle

Prof. Dr.-Ing. Richard Stroetmann
Technische Universität Dresden
Institut für Stahl- und Holzbau
George-Bähr-Straße 1
01069 Dresden

Univ.-Prof. Dr. techn. Andreas Taras
Universität der Bundeswehr München
Institut für konstruktiven Ingenieurbau
Professur für Stahlbau
Werner-Heisenberg-Weg 39
85577 Neubiberg

Regierungsdirektorin Dr. Susanna Thielecke
Regierungspräsidium Stuttgart
Ruppmann-Straße 21
70565 Stuttgart

Prof. Dr.-Ing. Thomas Ummenhofer
KIT Karlsruher Institut für Technologie
Stahl- und Leichtbau
Otto-Ammann-Platz 1
76131 Karlsruhe

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dieter Ungermann
Technische Universität Dortmund
Lehrstuhl für Stahlbau
August-Schmidt-Straße 6
44227 Dortmund

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. (030) 47031200
E-Mail: Info@ernst-und-sohn.de
www.ernst-und-sohn.de

1
Stahlbaunormen
DIN EN 1993-1-8: Bemessung von Anschlüssen

Prof. Dr.-Ing. Dieter Ungermann

Dipl.-Ing. Stephan Schneider

Stahlbau-Kalender 2017: Dauerhaftigkeit – Ingenieurtragwerke.
Herausgegeben von Ulrike Kuhlmann
© 2017 Ernst & Sohn GmbH & Co. KG. Published 2017 by Ernst & Sohn GmbH & Co. KG.

Inhaltsverzeichnis

Anmerkung zum Abdruck von DIN EN 1993-1-8 5
Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen 5
Nationales Vorwort 5
Hintergrund des Eurocode-Programms 5
Status und Gültigkeitsbereich der Eurocodes 6
Nationale Fassungen der Eurocodes 6
Verbindung zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (EN und ETAZ) 7
Nationaler Anhang zu EN 1993-1-8 7

1 Allgemeines 7
1.1 Anwendungsbereich 7
1.2 Normative Verweisungen 7
1.2.1 Bezugsnormengruppe 1: Schweißgeeignete Baustähle 7
1.2.2 Bezugsnormengruppe 2: Toleranzen, Maße und technische Lieferbedingungen 8
1.2.3 Bezugsnormengruppe 3: Hohlprofile 8
1.2.4 Bezugsnormengruppe 4: Schrauben, Muttern und Unterlegscheiben 8
1.2.5 Bezugsnormengruppe 5: Schweißzusatzmittel und Schweißen 9
1.2.6 Bezugsnormengruppe 6: Niete 9
1.2.7 Bezugsnormengruppe 7: Bauausführung von Stahlbauten 9
1.3 Unterscheidung nach Grundsätzen und Anwendungsregeln 9
1.4 Begriffe 9
1.4.1 Grundkomponente (eines Anschlusses) 9
1.4.2 Verbindung 9
1.4.3 angeschlossenes Bauteil 9
1.4.4 Anschluss 10
1.4.5 Anschlusskonfiguration 10
1.4.6 Rotationskapazität 10
1.4.7 Rotationssteifigkeit 10
1.4.8 Kennwerte (eines Anschlusses) 10
1.4.9 ebener Anschluss 10
1.5 Formelzeichen 11

2 Grundlagen der Tragwerksplanung 14
2.1 Annahmen 14
2.2 Allgemeine Anforderungen 14
2.3 Schnittgrößen 15
2.4 Beanspruchbarkeit von Verbindungen 15
2.5 Annahmen für die Berechnung 15
2.6 Schubbeanspruchte Anschlüsse mit Stoßbelastung, Belastung mit Schwingungen oder mit Lastumkehr 15
2.7 Exzentrizitäten in Knotenpunkten 15

3 Schrauben-, Niet- und Bolzenverbindungen 16
3.1 Schrauben, Muttern und Unterlegscheiben 16
3.1.1 Allgemeines 16
3.1.2 Vorgespannte Schrauben 17
3.2 Niete 17
3.3 Ankerschrauben 17
3.4 Kategorien von Schraubenverbindungen 17
3.4.1 Scherverbindungen 17
3.4.2 Zugverbindungen 19
3.5 Rand- und Lochabstände für Schrauben und Niete 19
3.6 Tragfähigkeiten einzelner Verbindungsmittel 21
3.6.1 Schrauben und Niete 21
3.6.2 Injektionsschrauben 25
3.7 Gruppen von Verbindungsmitteln 26
3.8 Lange Anschlüsse 27
3.9 Gleitfeste Verbindungen mit hochfesten 8.8 oder 10.9 Schrauben 27
3.9.1 Gleitwiderstand 27
3.9.2 Kombinierte Scher- und Zugbeanspruchung 27
3.9.3 Hybridverbindungen 28
3.10 Lochabminderungen 28
3.10.1 Allgemeines 28
3.10.2 Blockversagen von Schraubengruppen 28
3.10.3 Einseitig angeschlossene Winkel und andere unsymmetrisch angeschlossene Bauteile unter Zugbelastung 29
3.10.4 Anschlusswinkel für indirekten Anschluss 29
3.11 Abstützkräfte 30
3.12 Kräfteverteilung auf Verbindungsmittel im Grenzzustand der Tragfähigkeit 30
3.13 Bolzenverbindungen 30
3.13.1 Allgemeines 30
3.13.2 Bemessung der Bolzen 30

4 Schweißverbindungen 32
4.1 Allgemeines 32
4.2 Schweißzusätze 32
4.3 Geometrie und Abmessungen 33
4.3.1 Schweißnahtarten 33
4.3.2 Kehlnähte 33
4.3.3 Schlitznähte 34
4.3.4 Stumpfnähte 34
4.3.5 Lochschweißungen 34
4.3.6 Hohlkehlnähte 34
4.4 Schweißen mit Futterblechen 34
4.5 Beanspruchbarkeit von Kehlnähten 34
4.5.1 Schweißnahtlänge 34
4.5.2 Wirksame Nahtdicke 35
4.5.3 Tragfähigkeit von Kehlnähten 36
4.6 Tragfähigkeit von Schlitznähten 36
4.7 Tragfähigkeit von Stumpfnähten 38
4.7.1 Durchgeschweißte Stumpfnähte 38
4.7.2 Nicht durchgeschweißte Stumpfnähte 38
4.7.3 T-Stöße 38
4.8 Tragfähigkeit von Lochschweißungen 38
4.9 Verteilung der Kräfte 38
4.10 Steifenlose Anschlüsse an Flansche 39
4.11 Lange Anschlüsse 39

4.12 Exzentrisch belastete einseitige Kehlnähte oder einseitige nicht durchgeschweißte Stumpfnähte 40
4.13 Einschenkliger Anschluss von Winkelprofilen 40
4.14 Schweißen in kaltverformten Bereichen 40

5 Tragwerksberechnung, Klassifizierung und statische Modelle 41
5.1 Tragwerksberechnung 41
5.1.1 Allgemeines 41
5.1.2 Elastische Tragwerksberechnung 41
5.1.3 Starr-plastische Tragwerksberechnung 43
5.1.4 Elastisch-plastische Tragwerksberechnung 44
5.1.5 Berechnung von Fachwerkträgern 44
5.2 Klassifizierung von Anschlüssen 45
5.2.1 Allgemeines 45
5.2.2 Klassifizierung nach der Steifigkeit 45
5.2.3 Klassifizierung nach der Tragfähigkeit 47
5.3 Statisches Modell für Träger-Stützenanschlüsse 48

6 Anschlüsse mit H- oder I-Querschnitten 51
6.1 Allgemeines 51
6.1.1 Geltungsbereich 51
6.1.2 Kenngrößen 51
6.1.3 Grundkomponenten eines Anschlusses 51
6.2 Tragfähigkeit 52
6.2.1 Schnittgrößen 52
6.2.2 Querkräfte 56
6.2.3 Biegemomente 56
6.2.4 Äquivalenter T-Stummel mit Zugbeanspruchung 57
6.2.5 Äquivalenter T-Stummel mit Druckbeanspruchung 62
6.2.6 Tragfähigkeit der Grundkomponenten 63
6.2.7 Biegetragfähigkeit von Träger-Stützenanschlüssen und Stößen 74
6.2.8 Tragfähigkeit von Stützenfüßen mit Fußplatten 78
6.3 Rotationssteifigkeit 79
6.3.1 Grundmodell 79
6.3.2 Steifigkeitskoeffizienten für die Grundkomponenten eines Anschlusses 84
6.3.3 Stirnblechanschlüsse mit zwei oder mehr Schraubenreihen mit Zugbeanspruchung 84
6.3.4 Stützenfüße 85
6.4 Rotationskapazität 86
6.4.1 Allgemeines 86
6.4.2 Geschraubte Anschlüsse 86
6.4.3 Geschweißte Anschlüsse 86

7 Anschlüsse mit Hohlprofilen 86
7.1 Allgemeines 86
7.1.1 Geltungsbereich 86
7.1.2 Anwendungsbereich 87
7.2 Berechnung und Bemessung 89
7.2.1 Allgemeines 89
7.2.2 Versagensformen von Anschlüssen mit Hohlprofilen 89
7.3 Schweißnähte 90
7.3.1 Tragfähigkeit 90
7.4 Geschweißte Anschlüsse von KHP-Bauteilen 93
7.4.1 Allgemeines 93
7.4.2 Ebene Anschlüsse 93
7.4.3 Räumliche Anschlüsse 99
7.5 Geschweißte Anschlüsse von KHP- oder RHP-Streben an RHP-Gurtstäbe 99
7.5.1 Allgemeines 99
7.5.2 Ebene Anschlüsse 100
7.5.3 Räumliche Anschlüsse 108
7.6 Geschweißte Anschlüsse von KHP- oder RHP-Streben an I- oder H-Profil Gurtstäbe 108
7.7 Geschweißte Anschlüsse von KHP- oder RHP-Streben an U-Profil Gurtstäbe 112

Anhang NA.A (normativ) **117**
Ergänzende Vorspannverfahren zu DIN EN 1090-2

Anhang NA.B (normativ) **119**
Gussteile, Schmiedeteile und Bauteile aus Vergütungsstählen

Literatur zu den Kommentaren 123

Anmerkung zum Abdruck von DIN EN 1993-1-8

Auf den folgenden Seiten wird der Normentext von DIN EN 1993-1-8:2010-12 in zweispaltiger Darstellung wiedergegeben. Zusätzlich wird der Nationale Anhang DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12 und die „Zusätzlichen Regeln zur Erweiterung von DIN EN 1993 auf Stahlgüten bis S700“ nach DIN EN 1993-1-12:2010-12 mit dem zugehörigen Nationalen Anhang DIN EN 1993-1-12/NA:2010-10 an den jeweiligen Stellen im Normentext zitiert.
Um einen guten Lesefluss zu garantieren, wurde für die Darstellungsart Folgendes festgelegt. Der Normentext 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 Kasten 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 1993-1-8. Kommentare zum Normentext werden in einem grauen Kasten im unteren Bereich der rechten Spalte in serifenloser Schrift abgedruckt.

DIN EN 1993-1-8

Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen

ICS 91.010.30; 91.080.10
Eurocode 3: Design of steel structures –
Part 1-8: Design of joints
Eurocode 3: Calcul des structures en acier –
Partie 1-8: Calcul des assemblages

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 16. April 2004 angenommen.
Die Berichtigung tritt am 29. Juli 2009 in Kraft und wurde in EN 1993-1-8:2005 eingearbeitet.
Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-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 (EN 1993-1-8:2005 +AC:2009) 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 005-08-16 AA „Tragwerksbemessung (Sp CEN/TC 250/SC 3)“ begleitet.
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 Eurocodes über eine Reihe von Mandaten an CEN zu übertragen, damit diese den Status von Europäischen Normen (EN) erhielten. Grundlage war eine Vereinbarung[1)] 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 0: 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 Mitgliedsländern 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;
– 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[2)], auf die in Artikel 12 der Bauproduktenrichtlinie hingewiesen wird, wenn sie auch anderer Art sind als die harmonisierten Produktnormen[3)]. 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.

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).

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.

Der Nationale Anhang darf nur Hinweise zu den Parametern geben, die im Eurocode für nationale Entscheidungen offen gelassen wurden. Diese national festzulegenden Parameter (NDP) gelten für die Tragwerksplanung von Hochbauten und Ingenieurbauten in dem Land, in dem sie erstellt werden. Sie umfassen:

- Zahlenwerte für γ-Faktoren und/oder Klassen, wo die Eurocodes Alternativen eröffnen;
- Zahlenwerte, wo die Eurocodes nur Symbole angeben;
- landesspezifische, geographische und klimatische Daten, die nur für ein Mitgliedsland gelten, z. B. Schneekarten;
- Vorgehensweise, wenn die Eurocodes mehrere zur Wahl anbieten;
- Entscheidungen zur Anwendung informativer Anhänge;
- Verweise zur Anwendung des Eurocodes, soweit diese ergänzen und nicht widersprechen.

Verbindung zwischen den Eurocodes und den harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte (EN und ETAZ)

Die harmonisierten Technischen Spezifikationen für Bauprodukte und die technischen Regelungen für die Tragwerksplanung[4)] müssen konsistent sein. Insbesondere sollten die Hinweise, die mit den CE-Zeichen an den Bauprodukten verbunden sind und die die Eurocodes in Bezug nehmen, klar erkennen lassen, welche national festzulegenden Parameter (NDP) zugrunde liegen.

Nationaler Anhang zu EN 1993-1-8

Diese Norm enthält alternative Methoden, Zahlenangaben und Empfehlungen in Verbindung mit Anmerkungen, die darauf hinweisen, wo Nationale Festlegungen getroffen werden können. EN 1993-1-8 wird bei der nationalen Einführung einen Nationalen Anhang enthalten, der alle national festzulegenden Parameter enthält, die für die Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten im jeweiligen Land erforderlich sind.

Nationale Festlegungen sind bei folgenden Regelungen vorgesehen:

- 1.2.6 (Bezugsnormengruppe 6: Niete);
- 2.2(2);
- 3.1.1(3);
- 3.4.2(1);
- 5.2.1(2);
- 6.2.7.2(9).

4) siehe Artikel 3.3 und Art. 12 der Bauproduktenrichtlinie, ebenso wie 4.2, 4.3.1, 4.3.2 und 5.2 des Grundlagendokumentes Nr. 1

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

(1) EN 1993-1-8 enthält Regeln für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung von Anschlüssen aus Stahl mit Stahlsorten S235, S275, S355, S420, S450 und S460 unter vorwiegend ruhender Belastung.

1.2 Normative Verweisungen

(1) Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

1.2.1 Bezugsnormengruppe 1: Schweißgeeignete Baustähle

EN 10025-1:2004, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen – Teil 1: Allgemeine Lieferbedingungen*

EN 10025-2:2004, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen – Teil 2: Allgemeine Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle*

EN 10025-3:2004, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen – Teil 3: Technische Lieferbedingungen für normalgeglühte/normalisierend gewalzte schweißgeeignete Feinkornstähle*

Zu 1.1(1)

Mit der Einführung der DIN EN 1993-1-12 [K10] und der Veröffentlichung des zugehörigen Nationalen Anhangs im August 2011 [K12] wurde der Anwendungsbereich der DIN EN 1993-1-8 auf Stahlsorten bis einschließlich S700 erweitert. Sofern die zusätzlichen Regeln der DIN EN 1993-1-12 zu berücksichtigen sind, wird hierauf an entsprechender Stelle im Dokument hingewiesen. Für einzelne Anwendungen wie z. B. den Einsatz in als verformbar einzustufenden Anschlüssen oder bei einseitig angeschlossen Winkeln dürfen die Regeln von DIN EN 1993-1-8 nicht auf Stahlsorten über S460 bis S700 übertragen werden. Auch auf diese Einschränkungen wird an entsprechender Stelle hingewiesen.

Für die Anwendung der DIN EN 1993-1-8 werden Anforderungen an die Mindestblechdicken gestellt, auf die zu Beginn der jeweiligen Abschnitte im Normentext hingewiesen wird. Die wesentlichen Anforderungen sind nachfolgend zusammengestellt:

Schraubenverbindungen (Abschnitt 3):		$t \geq 3{,}0$ mm
Schweißverbindungen (Abschnitt 4):	allgemein	$t \geq 4{,}0$ mm
	Hohlprofile	$t \geq 2{,}5$ mm
Hohlprofilknoten (Abschnitt 7):		2,5 mm $\leq t \leq$ 25, mm

Werden die Mindestblechdicken unterschritten, kann z. B. für Schraub- und Schweißverbindungen auf DIN EN 1993-1-3 [K13] zurückgegriffen werden.

EN 10025-4:2004, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen – Teil 4: Technische Lieferbedingungen für thermomechanisch gewalzte schweißgeeignete Feinkornstähle*

EN 10025-5:2004, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen – Teil 5: Technische Lieferbedingungen für wetterfeste Baustähle*

EN 10025-6:2004, *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen – Teil 6: Technische Lieferbedingungen für Flacherzeugnisse aus Stählen mit höherer Streckgrenze im vergüteten Zustand*

1.2.2 Bezugsnormengruppe 2: Toleranzen, Maße und technische Lieferbedingungen

EN 10029:1991, *Warmgewalztes Stahlblech von 3 mm Dicke an – Grenzabmaße, Formtoleranzen, zulässige Gewichtsabweichungen*

EN 10034:1993, *I- und H-Profile aus Baustahl – Grenzabmaße und Formtoleranzen*

EN 10051:1991, *Kontinuierlich warmgewalztes Blech und Band ohne Überzug aus unlegierten und legierten Stählen – Grenzabmaße und Formtoleranzen (enthält Änderung A1:1997)*

EN 10055:1995, *Warmgewalzter gleichschenkliger T-Stahl mit gerundeten Kanten und Übergängen – Maße, Grenzabmaße und Formtoleranzen*

EN 10056-1:1998, *Gleichschenklige und ungleichschenklige Winkel aus Stahl – Teil 1: Maße*

EN 10056-2:1993, *Gleichschenklige und ungleichschenklige Winkel aus Stahl – Teil 2: Grenzabmaße und Formtoleranzen*

EN 10164:1993, *Stahlerzeugnisse mit verbesserten Verformungseigenschaften senkrecht zur Erzeugnisoberfläche – Technische Lieferbedingungen*

1.2.3 Bezugsnormengruppe 3: Hohlprofile

EN 10219-1:1997, *Kaltgefertigte geschweißte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen – Teil 1: Technische Lieferbedingungen*

EN 10219-2:1997, *Kaltgefertigte geschweißte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen – Teil 2: Grenzabmaße, Maße und statische Werte*

EN 10210-1:1994, *Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen – Teil 1: Technische Lieferbedingungen*

EN 10210-2:1997, *Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen – Teil 2: Grenzabmaße, Maße und statische Werte*

1.2.4 Bezugsnormengruppe 4: Schrauben, Muttern und Unterlegscheiben

EN 14399-1:2002, *Hochfeste planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen für den Stahlbau – Teil 1: Allgemeine Anforderungen.*

EN 14399-2:2002, *Hochfeste planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen für den Stahlbau – Teil 2: Prüfung der Eignung zum Vorspannen*

EN 14399-3:2002, *Hochfeste planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen für den Stahlbau – Teil 3: System HR; Garnituren aus Sechskantschrauben und -muttern*

EN 14399-4:2002, *Hochfeste planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen für den Stahlbau – Teil 4: System HV; Garnituren aus Sechskantschrauben und -muttern*

EN 14399-5:2002, *Hochfeste planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen für den Stahlbau – Teil 5: Flache Scheiben für System HR*

EN 14399-6:2002, *Hochfeste planmäßig vorgespannte Schraubenverbindungen für den Stahlbau – Teil 6: Flache Scheiben mit Fase für die Systeme HR und HV*

EN ISO 898-1:1999, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl – Teil 1: Schrauben (ISO 898-1:1999)*

EN 20898-2:1993, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen – Teil 2: Muttern mit festgelegten Prüfkräften – Regelgewinde (ISO 898-2:1992)*

EN ISO 2320:1997, *Sechskantmuttern aus Stahl mit Klemmteil – Mechanische und funktionelle Eigenschaften (ISO 2320:1997)*

EN ISO 4014:2000, *Sechskantschrauben mit Schaft – Produktklassen A und B (ISO 4014:1999)*

EN ISO 4016:2000, *Sechskantschrauben mit Schaft – Produktklasse C (ISO 4016:1999)*

EN ISO 4017:2000, *Sechskantschrauben mit Gewinde bis Kopf – Produktklassen A und B (ISO 4017:1999)*

EN ISO 4018:2000, *Sechskantschrauben mit Gewinde bis Kopf – Produktklasse C (ISO 4018:1999)*

EN ISO 4032:2000, *Sechskantmuttern, Typ 1 – Produktklassen A und B (ISO 4032:1999)*

EN ISO 4033:2000, *Sechskantmuttern, Typ 2 – Produktklassen A und B (ISO 4033:1999)*

EN ISO 4034:2000, *Sechskantmuttern – Produktklasse C (ISO 4034:1999)*

EN ISO 7040:1997, *Sechskantmuttern mit Klemmteil (mit nichtmetallischem Einsatz), Typ 1 – Festigkeitsklassen 5, 8 und 10 (ISO 7040:1997)*

EN ISO 7042:1997, *Sechskantmuttern mit Klemmteil (Ganzmetallmuttern), Typ 2 – Festigkeitsklassen 5, 8, 10 und 12 (ISO 7042:1997)*

EN ISO 7719:1997, *Sechskantmuttern mit Klemmteil (Ganzmetallmuttern), Typ 1 – Festigkeitsklassen 5, 8 und 10 (ISO 7719:1997)*

ISO 286-2:1988, *ISO-System für Grenzmaße und Passungen – Tabellen der Grundtoleranzgrade und Grenzabmaße für Bohrungen und Wellen*

ISO 1891:1979, *Mechanische Verbindungselemente; Schrauben, Muttern und Zubehör, Benennungen*

EN ISO 7089:2000, *Flache Scheiben – Normale Reihe, Produktklasse A (ISO 7089:2000)*

EN ISO 7090:2000, *Flache Scheiben mit Fase – Normale Reihe, Produktklasse A (ISO 7090:2000)*

EN ISO 7091:2000, *Flache Scheiben – Normale Reihe, Produktklasse C (ISO 7091:2000)*

EN ISO 10511:1997, *Sechskantmuttern mit Klemmteil – Niedrige Form (mit nichtmetallischem Einsatz) (ISO 10511:1997)*

EN ISO 10512:1997, *Sechskantmuttern mit Klemmteil (mit nichtmetallischem Einsatz), Typ 1, mit metrischem Feingewinde – Festigkeitsklassen 6, 8 und 10 (ISO 10512:1997)*

EN ISO 10513:1997, *Sechskantmuttern mit Klemmteil (Ganzmetallmuttern), Typ 2, mit metrischem Feingewinde – Festigkeitsklassen 8, 10 und 12 (ISO 10513:1997)*

1.2.5 Bezugsnormengruppe 5: Schweißzusatzmittel und Schweißen

EN 12345:1998, *Schweißen – Mehrsprachige Benennungen für Schweißverbindungen mit bildlichen Darstellungen*

EN ISO 14555:1998, *Schweißen – Lichtbogenbolzenschweißen von metallischen Werkstoffen (ISO 14555:1998)*

EN ISO 13918:1998, *Schweißen – Bolzen und Keramikringe zum Lichtbogenbolzenschweißen (ISO 13918:1998)*

EN 288-3:1992, *Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe – Teil 3: Schweißverfahrensprüfungen für das Lichtbogenschweißen von Stählen (enthält Änderung A1:1997)*

EN ISO 5817:2003, *Schweißen – Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) – Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO/DIS 5817:2000)*

1.2.6 Bezugsnormengruppe 6: Niete

Anmerkung: Der Nationale Anhang gibt Hinweise zu Bezugsnormen.

NDP *DIN EN 1993-1-8/NA*

zu 1.2.6 (Bezugsnormengruppe 6: Niete) Anmerkung
Bis zum Erscheinen einer entsprechenden EN-Norm gelten für die geometrischen Abmessungen DIN 124 und DIN 302. Der Werkstoff für Niete ist im Einzelfall festzulegen.

1.2.7 Bezugsnormengruppe 7: Bauausführung von Stahlbauten

EN 1090-2, *Anforderungen an die Bauausführung von Stahlbauten*

NCI *DIN EN 1993-1-8/NA*

zu 1.2 Normative Verweisungen
NA DIN 124, *Halbrundniete; Nenndurchmesser 10 bis 36 mm*
NA DIN 302, *Senkniete; Nenndurchmesser 10 bis 36 mm*
NA DIN EN 1090-2-2008-12, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 2: Technische Anforderungen an die Ausführung von Tragwerken aus Stahl*

1.3 Unterscheidung nach Grundsätzen und Anwendungsregeln

(1) Es gelten die Regeln der EN 1990, 1.4.

1.4 Begriffe

(1) Nachstehende Begriffe werden in dieser Norm mit folgender Bedeutung verwendet:

1.4.1 Grundkomponente (eines Anschlusses)

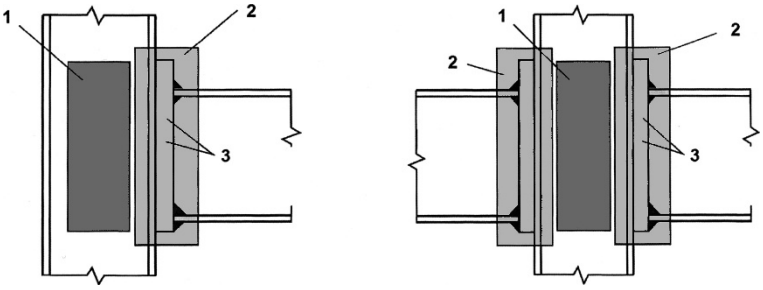
Teil eines Anschlusses, der zu einem oder mehreren Kennwerten des Anschlusses beiträgt

1.4.2 Verbindung

konstruktiver Punkt, an dem sich zwei oder mehrere Bauteile treffen; für die Berechnung und Bemessung besteht die Verbindung aus einer Anordnung von Grundkomponenten, die für die Bestimmung der Kennwerte der Verbindung für die Übertragung der Schnittgrößen notwendig sind

1.4.3 angeschlossenes Bauteil

Bauteil, das in einem Anschluss mit anderen Bauteilen verbunden ist



Legende
1 Schubbeanspruchtes Stegfeld
2 Verbindung
3 Komponenten (z. B. Schrauben, Stirnblech)

Anschluss = Schubbeanspruchtes Stegfeld + Verbindung

a) Einseitige Anschlusskonfiguration

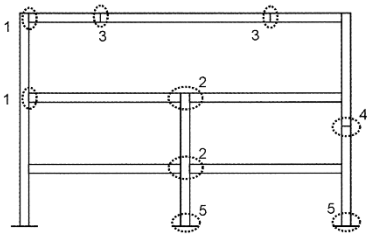
Linker Anschluss = Schubbeanspruchtes Stegfeld + linke Verbindung
Rechter Anschluss = Schubbeanspruchtes Stegfeld + rechte Verbindung

b) Zweiseitige Anschlusskonfiguration

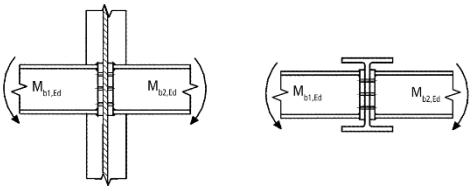
Bild 1.1. Teile einer Träger-Stützenanschlusskonfiguration

1.4.4 Anschluss

Bereich, in dem zwei oder mehrere Bauteile miteinander verbunden sind; für die Berechnung und Bemessung besteht der Anschluss aus der Anordnung aller Grundkomponenten, die für die Bestimmung der Kennwerte des Anschlusses bei der Übertragung der Schnittgrößen zwischen den angeschlossenen Bauteilen notwendig sind; ein Träger-Stützenanschluss besteht z. B. aus einem Stegfeld mit entweder einer Verbindung (einseitige Anschlusskonfiguration) oder zwei Verbindungen (zweiseitige Anschlusskonfiguration), siehe Bild 1.1



a) Anschlusskonfigurationen (starke Achse)



Zweiseitige Träger-Stützen-Anschlusskonfiguration

Zweiseitige Träger-Träger-Anschlusskonfiguration

b) Anschlusskonfigurationen (schwache Achse, nur für ausgeglichene Momente $M_{b1,Ed} = M_{b2,Ed}$)

Legende
1 Einseitige Träger-Stützenanschlusskonfiguration
2 Zweiseitige Träger-Stützenanschlusskonfiguration
3 Trägerstoß
4 Stützenstoß
5 Fußplatte

Bild 1.2. Anschlusskonfigurationen

1.4.5 Anschlusskonfiguration

Gestaltung eines Anschlusses oder mehrerer Anschlüsse an einem Knoten, an dem die Achsen von zwei oder mehreren angeschlossenen Bauteilen zusammenlaufen, siehe Bild 1.2

1.4.6 Rotationskapazität

Winkel, um den sich der Anschluss bei vorgegebenem Moment ohne Versagen verformen kann

1.4.7 Rotationssteifigkeit

Moment, um in einem Anschluss die Winkelverformung $\phi = 1$ zu erzeugen

1.4.8 Kennwerte (eines Anschlusses)

Tragfähigkeit, bezogen auf die Schnittgrößen der angeschlossenen Bauteile, die Rotationssteifigkeit und die Rotationskapazität des Anschlusses

1.4.9 ebener Anschluss

in einer Fachwerk-Konstruktion erfasst der ebene Anschluss die Bauteile, die in der gleichen Ebene liegen

Zu 1.4.6 bis 1.4.8
Mit der DIN EN 1993-1-8 ist die „Komponentenmethode" zur Berechnung von geschraubten oder geschweißten Anschlüssen eingeführt worden, die die Ermittlung der charakteristischen Anschlusskennwerte: „Beanspruchbarkeit", „Rotationssteifigkeit" und „Rotationskapazität" ermöglicht. Anhand der Anschlusskennwerte erfolgt eine Klassifizierung der Anschlüsse für die Trag- und Verformungsnachweise, auf die im Abschnitt 5 noch näher eingegangen wird.

1.5 Formelzeichen

(1) Folgende Formelzeichen werden im Sinne dieser Norm verwandt:

d Nennwert des Schraubendurchmessers, des Bolzendurchmessers oder des Durchmessers des Verbindungsmittels;

d_0 Lochdurchmesser für eine Schraube, einen Niet oder einen Bolzen;

$d_{o,t}$ Lochgröße im Zugquerschnitt, im Allgemeinen der Lochdurchmesser, außer bei senkrecht zur Zugbeanspruchung angeordneten Langlöchern, dort sollte die Längsabmessung verwendet werden;

$d_{o,v}$ Lochgröße im schubbeanspruchten Querschnitt, im Allgemeinen der Lochdurchmesser, außer bei schubparallelen Langlöchern, dort sollte die Längsabmessung verwendet werden;

d_c Höhe des Stützenstegs zwischen den Ausrundungen (Höhe des geraden Stegteils);

d_m Mittelwert aus Eckmaß und Schlüsselweite des Schraubenkopfes oder der Schraubenmutter (maßgebend ist der kleinere Wert);

$f_{H,Rd}$ Bemessungswert der Hertz'schen Pressung;

f_{ur} Zugfestigkeit des Nietwerkstoffs;

e_1 Randabstand in Kraftrichtung, gemessen von der Lochachse zum Blechrand, siehe Bild 3.1;

e_2 Randabstand quer zur Kraftrichtung, gemessen von der Lochachse zum Blechrand, siehe Bild 3.1;

e_3 Randabstand eines Langlochs zum parallelen Blechrand, gemessen von der Mittelachse des Langlochs, siehe Bild 3.1;

e_4 Randabstand eines Langlochs zum Blechrand, gemessen vom Mittelpunkt des Endradius in der Achse des Langlochs, siehe Bild 3.1;

ℓ_{eff} wirksame Länge einer Kehlnaht;

n Anzahl der Reibflächen bei reibfesten Verbindungen oder Anzahl der Löcher für Verbindungsmittel im schubbeanspruchten Querschnitt;

p_1 Lochabstand von Verbindungsmitteln in Kraftrichtung, gemessen von Achse zu Achse der Verbindungsmittel, siehe Bild 3.1;

$p_{1,0}$ Lochabstand von Verbindungsmitteln in Kraftrichtung in einer Außenreihe am Blechrand, gemessen von Achse zu Achse der Verbindungsmittel, siehe Bild 3.1;

$p_{1,i}$ Lochabstand von Verbindungsmitteln in Kraftrichtung in einer inneren Reihe, gemessen von Achse zu Achse der Verbindungsmittel, siehe Bild 3.1;

p_2 Lochabstand von Verbindungsmitteln quer zur Kraftrichtung, gemessen von Achse zu Achse der Verbindungsmittel, siehe Bild 3.1;

r Nummer einer Schraubenreihe;
Anmerkung: Bei einer biegebeanspruchten Schraubenverbindung mit mehr als einer Schraubenreihe im Zugbereich erfolgt die Nummerierung der Schraubenreihen beginnend mit der Schraubenreihe, die am weitesten von dem Druckpunkt entfernt liegt.

s_s Länge der steifen Auflagerung;

t_a Blechdicke des Flanschwinkels;

t_{fc} Blechdicke des Stützenflansches;

t_p Blechdicke der Unterlegscheibe (unter der Schraube oder der Mutter);

t_w Blechdicke des Steges;

t_{wc} Blechdicke des Stützensteges;

A Brutto-Querschnittsfläche einer Schraube (Schaft);

A_0 Querschnittsfläche des Nietlochs;

A_{vc} Schubfläche einer Stütze, siehe EN 1993-1-1;

A_s Spannungsquerschnittsfläche einer Schraube oder einer Ankerschraube;

$A_{v,eff}$ wirksame Schubfläche;

$B_{p,Rd}$ Bemessungswert des Durchstanzwiderstandes des Schraubenkopfes und der Schraubenmutter;

E Elastizitätsmodul;

$F_{p,Cd}$ Bemessungswert der Vorspannkraft;

$F_{t,Ed}$ Bemessungswert der einwirkenden Zugkraft auf eine Schraube im Grenzzustand der Tragfähigkeit;

$F_{t,Rd}$ Bemessungswert der Zugtragfähigkeit einer Schraube;

$F_{T,Rd}$ Bemessungswert der Zugtragfähigkeit des Flansches eines äquivalenten T-Stummels;

$F_{v,Rd}$ Bemessungswert der Abschertragfähigkeit einer Schraube;

$F_{b,Rd}$ Bemessungswert der Lochleibungstragfähigkeit einer Schraube;

$F_{s,Rd,ser}$ Bemessungswert des Gleitwiderstandes einer Schraube im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit;

$F_{s,Rd}$ Bemessungswert des Gleitwiderstandes einer Schraube im Grenzzustand der Tragfähigkeit;

$F_{v,Ed,ser}$ Bemessungswert der einwirkenden Abscherkraft auf eine Schraube im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit;

$F_{v,Ed}$ Bemessungswert der einwirkenden Abscherkraft auf eine Schraube im Grenzzustand der Tragfähigkeit;

$M_{j,Rd}$ Bemessungswert der Momententragfähigkeit eines Anschlusses;

S_j Rotationssteifigkeit eines Anschlusses;

$S_{j,ini}$ Anfangs-Rotationssteifigkeit eines Anschlusses;

$V_{wp,Rd}$ Plastische Schubtragfähigkeit des Stegfeldes einer Stütze;

z Hebelarm;

μ Reibbeiwert;

ϕ Rotationswinkel eines Anschlusses.

(2) In Abschnitt 7 werden die folgenden Abkürzungen für Hohlprofile verwendet:

KHP für ein rundes Hohlprofil „Kreis-Hohlprofil";

RHP für ein rechteckiges Hohlprofil „Rechteck-Hohlprofil", hier einschließlich quadratischer Hohlprofile.

(3) In Abschnitt 7 werden die folgenden Formelzeichen verwandt:

A_i Querschnittsfläche eines Bauteils i (i = 0, 1, 2 oder 3);

A_v Schubfläche des Gurtstabes;

$A_{v,eff}$ wirksame Schubfläche des Gurtstabes;

L Systemlänge eines Bauteils;

$M_{ip,i,Rd}$ Bemessungswert der Momententragfähigkeit des Anschlusses bei Biegung in der Tragwerksebene für das Bauteil i (i = 0, 1, 2 oder 3);

$M_{ip,i,Ed}$ Bemessungswert des einwirkenden Momentes in der Tragwerksebene für das Bauteil i (i = 0, 1, 2 oder 3);

$M_{op,i,Rd}$ Bemessungswert der Momententragfähigkeit des Anschlusses bei Biegung aus der Tragwerksebene für das Bauteil i (i = 0, 1, 2 oder 3);

$M_{op,i,Ed}$ Bemessungswert des einwirkenden Momentes aus der Tragwerksebene für das Bauteil i (i = 0, 1, 2 oder 3);

$N_{i,Rd}$ Bemessungswert der Normalkrafttragfähigkeit des Anschlusses für das Bauteil i (i = 0, 1, 2 oder 3);

$N_{i,Ed}$ Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft für das Bauteil i (i = 0, 1, 2 oder 3);

$W_{e\ell,i}$ elastisches Widerstandsmoment des Bauteils i (i = 0, 1, 2 oder 3);

$W_{p\ell,i}$ plastisches Widerstandsmoment des Bauteils i (i = 0, 1, 2 oder 3);

b_i Gesamtbreite eines RHP-Bauteils i (i = 0, 1, 2 oder 3), quer zur Tragwerksebene;

b_{eff} wirksame (effektive) Breite einer Strebe, die auf den Gurtstab aufgesetzt ist;

$b_{e,ov}$ wirksame (effektive) Breite einer Strebe, die in einem Überlappungsstoß auf eine andere Strebe aufgesetzt ist;

$b_{e,p}$ wirksame (effektive) Breite bei Durchstanzen;

b_p Blechbreite;

b_w wirksame (effektive) Breite des Stegblechs eines Gurtstabes;

d_i Gesamtdurchmesser bei KHP-Bauteilen i (i = 0, 1, 2 oder 3);

d_w Stegblechhöhe von Gurtstäben mit I- oder H-Querschnitt;

e Ausmittigkeit eines Anschlusses;

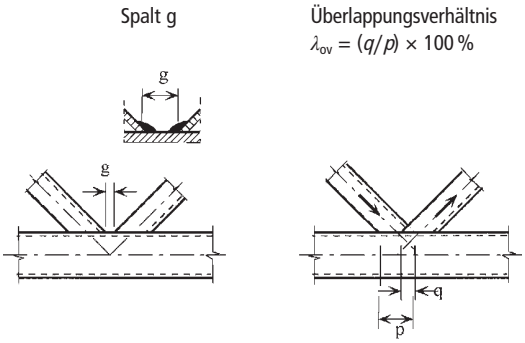
f_b Festigkeitsgrenze für das Stegblech des Gurtstabes infolge lokalen Beulens;

f_{yi} Streckgrenze des Werkstoffs von Bauteilen i (i = 0, 1, 2 oder 3);

f_{y0} Streckgrenze des Werkstoffs eines Gurtstabes;

g Spaltweite zwischen den Streben eines K- oder N-Anschlusses (negative Werte für g entsprechen einer Überlappung q); der Abstand g wird an der Oberfläche des Gurtstabes zwischen den Kanten der angeschlossenen Bauteile gemessen, siehe Bild 1.3(a);

h_i Gesamthöhe des Querschnitts eines Bauteils i (i = 0, 1, 2 oder 3) in der Tragwerksebene;



a) Bezeichnung für Spalt

b) Bezeichnungen für Überlappung

Bild 1.3. Knotenanschlüsse mit Spalt und mit Überlappung

h_z Abstand zwischen den Gleichgewichtspunkten der wirksamen (effektiven) Breite der Teile eines Trägers mit rechteckigem Querschnitt, der mit einer Stütze mit I- oder H-Querschnitt verbunden ist

k Beiwert mit Indizes g, m, n oder p, wie in Tabelle erklärt;

ℓ Knicklänge eines Bauteils;

p Projektion der Anschlusslänge einer Strebe auf die Oberfläche des Gurtstabes, ohne Berücksichtigung der Überlappung, siehe Bild 1.3(b);

q Länge der Überlappung, gemessen an der Oberfläche des Gurtstabes zwischen den Streben-Achsen eines K- oder N-Anschlusses, siehe Bild 1.3(b);

r Ausrundungsradius von I- oder H-Profilen oder Eckradius von rechteckigen Hohlprofilen;

t_f Flanschdicke von I- oder H-Profilen;

t_i Wanddicke eines Bauteils i (i = 0, 1, 2 oder 3);

t_p Blechdicke;

t_w Stegdicke von I- oder H-Profilen;

α Beiwert, wie in Tabelle erklärt;

θ_i eingeschlossener Winkel zwischen Strebe i und Gurtstab (i = 1, 2 oder 3);

κ Beiwert, wie im Text erklärt;

μ Beiwert, wie in Tabelle erklärt;

φ Winkel zwischen Tragwerksebenen bei räumlichen Anschlüssen.

(4) In Abschnitt 7 werden die folgenden Zahlenindizes verwandt:

i Zahlenindex zur Bestimmung von Bauteilen eines Anschlusses, wobei i = 0 für die Bezeichnung des Gurtstabes und i = 1, 2 oder 3 für die Bezeichnung der Streben gelten. Bei Anschlüssen mit zwei Streben bezeichnet i = 1 im Allgemeinen die Druckstrebe und i = 2 die Zugstrebe, siehe Bild 1.4(b). Bei einer einzelnen Strebe wird i = 1 verwendet, unabhängig ob druck- oder zugbelastet, siehe Bild 1.4(a);

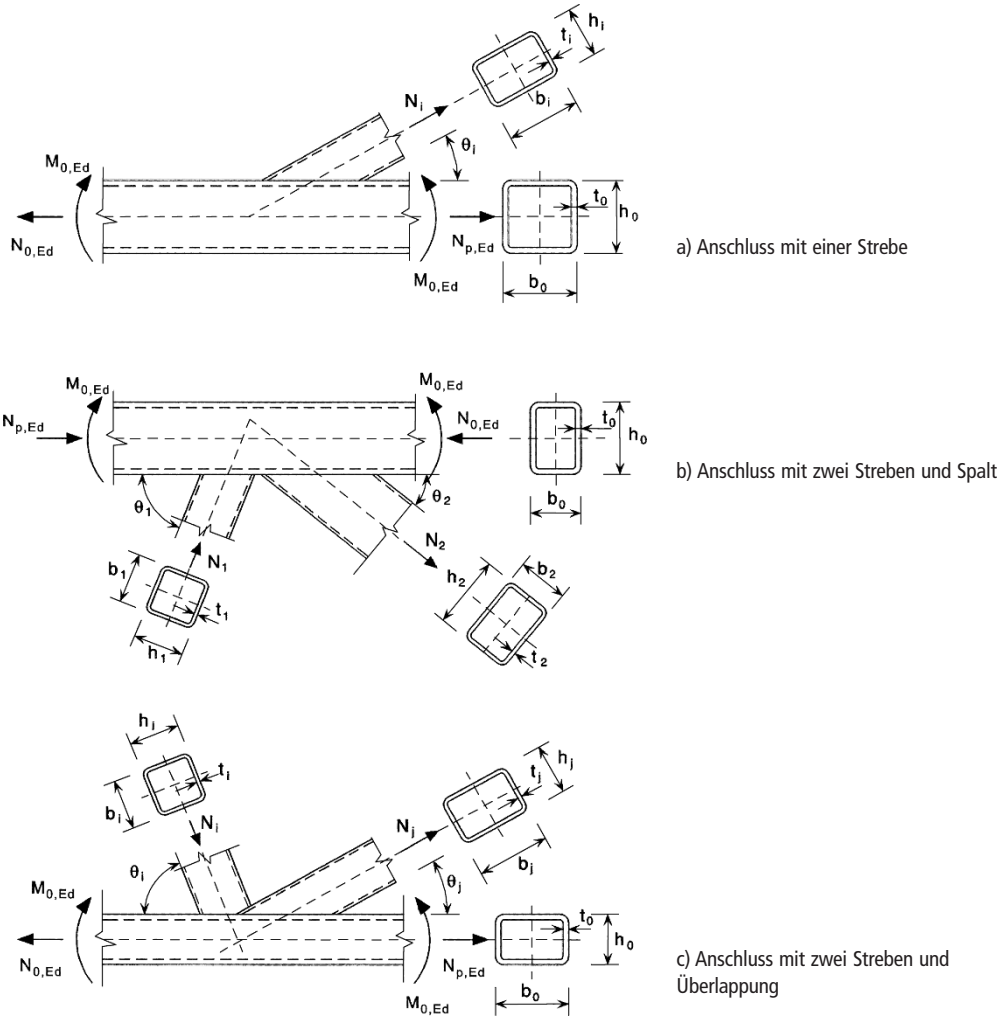


Bild 1.4. Abmessungen und weitere Parameter eines Fachwerk-Knotenanschlusses mit Hohlprofilen

i und *j* Zahlenindex bei überlappenden Anschlüssen, *i* bezeichnet die überlappende Strebe und *j* die überlappte Strebe, siehe Bild 1.4(c).

(5) Im Abschnitt 7 werden die folgenden Spannungsverhältnisse verwandt:

n Verhältnis $(\sigma_{0,Ed}/f_{y0})/\gamma_{M5}$ (für RHP-Gurtstäbe);

n_p Verhältnis $(\sigma_{p,Ed}/f_{y0})/\gamma_{M5}$ (für KHP-Gurtstäbe);

$\sigma_{0,Ed}$ maximale einwirkende Druckspannung im Gurtstab am Anschluss;

$\sigma_{p,Ed}$ ist der Wert von $\sigma_{0,Ed}$ ohne die Spannungen infolge der Komponenten der Strebenkräfte am Anschluss parallel zum Gurt, siehe Bild 1.4.

Zu 1.5(5)
Mithilfe der Gurtauslastungen n und n_p für RHP- bzw. KHP-Gurtstäbe werden die Reduktionsfaktoren für die Knotentragfähigkeit in Abschnitt 7 bestimmt. Auch wenn der empfohlene Teilsicherheitsbeiwert γ_{M5} = 1,00 im Nationalen Anhang zur DIN EN 1993-1-8 [K11] bestätigt worden ist, sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Gurtauslastung ohne Ansatz eines Teilsicherheitsbeiwertes zu bestimmen ist (vgl. auch [K50]).

(6) Im Abschnitt 7 werden die folgenden geometrischen Verhältnisse verwandt:

β Verhältnis der mittleren Durchmesser oder mittleren Breiten von Strebe und Gurtstab

– für T-, Y- und X-Anschlüsse:
$\frac{d_1}{d_0}$; $\frac{d_1}{b_0}$ oder $\frac{b_1}{b_0}$

– für K- und N-Anschlüsse:
$\frac{d_1+d_2}{2d_0}$; $\frac{d_1+d_2}{2b_0}$ oder $\frac{b_1+b_2+h_1+h_2}{4b_0}$

– für KT-Anschlüsse:
$\frac{d_1+d_2+d_3}{3d_0}$; $\frac{d_1+d_2+d_3}{3b_0}$ oder
$\frac{b_1+b_2+b_3+h_1+h_2+h_3}{6b_0}$

β_p Verhältnis b_i/b_p;

γ Verhältnis der Breite oder des Durchmessers des Gurtstabes zum zweifachen seiner Wanddicke:
$\frac{d_0}{2t_0}$; $\frac{b_0}{2t_0}$ oder $\frac{b_0}{2t_f}$

η Verhältnis der Höhe der Strebe zu Durchmesser oder Breite des Gurtstabes:
$\frac{h_i}{d_0}$ oder $\frac{h_i}{b_0}$

η_p Verhältnis h_i/b_p;

λ_{ov} Überlappungsverhältnis in Prozent ($\lambda_{ov} = (q/p) \times 100\%$), wie in Bild 1.3(b) angegeben.

$\lambda_{ov,lim}$ Überlappung, bei der der Schub zwischen den Streben und der Oberfläche eines Gurtstabes kritisch werden kann

(7) Weitere Formelzeichen werden im Text erklärt.

Anmerkung: Formelzeichen für Kreisprofile sind in Tabelle 7.2 angegeben.

2 Grundlagen der Tragwerksplanung

2.1 Annahmen

(1) Die Regelungen dieses Teils von EN 1993 setzen voraus, dass die Ausführung den in 1.2 angegebenen Herstell- und Liefernormen entspricht und die verwendeten Baustoffe und Bauprodukte den Anforderungen in EN 1993 oder den maßgebenden Baustoff- und Bauproduktspezifikationen entsprechen.

2.2 Allgemeine Anforderungen

(1)P Die Anschlüsse müssen so bemessen werden, dass das Tragwerk die grundlegenden Anforderungen dieser Norm und von EN 1993-1-1 erfüllt.

(2) Die Teilsicherheitsbeiwerte γ_M für Anschlüsse sind in Tabelle 2.1 angegeben.

Tabelle 2.1. Teilsicherheitsbeiwerte für Anschlüsse

Beanspruchbarkeit von Bauteilen und Querschnitten	**γ_{M0}, γ_{M1} und γ_{M2} siehe EN 1993-1-1**
Beanspruchbarkeit von Schrauben	γ_{M2}
Beanspruchbarkeit von Nieten	
Beanspruchbarkeit von Bolzen	
Beanspruchbarkeit von Schweißnähten	
Beanspruchbarkeit von Blechen auf Lochleibung	
Gleitfestigkeit – im Grenzzustand der Tragfähigkeit (Kategorie C) – im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (Kategorie B)	 γ_{M3} $\gamma_{M3,ser}$
Lochleibungsbeanspruchbarkeit von Injektionsschrauben	γ_{M4}
Beanspruchbarkeit von Knotenanschlüssen in Fachwerken mit Hohlprofilen	γ_{M5}
Beanspruchbarkeit von Bolzen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	$\gamma_{M6,ser}$
Vorspannung hochfester Schrauben	γ_{M7}
Beanspruchbarkeit von Beton	γ_c siehe EN 1992

Anmerkung: Der Nationale Anhang gibt Hinweise zu Zahlenwerten für γ_M. Folgende Zahlenwerte werden empfohlen: γ_{M2} = 1,25; γ_{M3} = 1,25 und $\gamma_{M3,ser}$ = 1,1; γ_{M4} = 1,0; γ_{M5} = 1,0; $\gamma_{M6,ser}$ = 1,0; γ_{M7} = 1,1.

NDP *DIN EN 1993-1-8/NA*

zu 2.2(2) Anmerkung

Es gelten die Empfehlungen unter Beachtung der folgenden Ergänzungen.

$\gamma_{M2,S420}$ = 1,25, unter Verwendung von β_w = 0,88 statt β_w = 1,0 aus DIN EN 1993-1-8:2010-12, Tabelle 4.1.

$\gamma_{M2,S460}$ = 1,25, unter Verwendung von β_w = 0,85 statt β_w = 1,0 aus DIN EN 1993-1-8:2010-12, Tabelle 4.1.

Für Injektionsschrauben ist ein bauaufsichtlicher Verwendbarkeitsnachweis erforderlich.

Anmerkung: Als bauaufsichtliche Verwendbarkeitsnachweise gelten:
– europäische technische Zulassungen,
– allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen,
– die Zustimmung im Einzelfall.

(3)P Für ermüdungsbeanspruchte Anschlüsse müssen zusätzlich die Grundsätze in EN 1993-1-9 gelten.

2.3 Schnittgrößen

(1)P Die für den Tragsicherheitsnachweis von Verbindungen erforderlichen Schnittgrößen müssen nach den Grundsätzen in EN 1993-1-1 ermittelt werden.

2.4 Beanspruchbarkeit von Verbindungen

(1) Die Beanspruchbarkeit einer Verbindung ist in der Regel anhand der Beanspruchbarkeiten ihrer Grundkomponenten zu bestimmen.
(2) Für die Bemessung von Anschlüssen können linearelastische oder elastisch-plastische Berechnungsverfahren angewendet werden.
(3) Werden zur Aufnahme von Scherbeanspruchungen verschiedene Verbindungsmittel mit unterschiedlichen Steifigkeiten verwendet, so ist in der Regel dem Verbindungsmittel mit der höchsten Steifigkeit die gesamte Belastung zuzuordnen. Eine Ausnahme von dieser Regel ist in 3.9.3 angegeben.

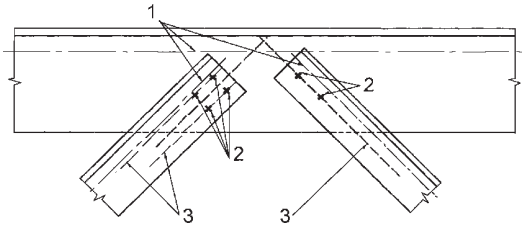
2.5 Annahmen für die Berechnung

(1)P Bei der Berechnung von Anschlüssen muss eine wirklichkeitsnahe Verteilung der Schnittgrößen angenommen werden. Für die Verteilung der Kräfte und Momente müssen die folgenden Annahmen getroffen werden:
a) die angenommene Verteilung der Kräfte und Momente steht im Gleichgewicht mit den im Anschluss angreifenden Schnittgrößen,
b) jedes Element des Anschlusses kann die ihm zugewiesenen Kräfte und Momente übertragen,
c) die Verformungen, welche durch diese Verteilung hervorgerufen werden, überschreiten nicht das Verformungsvermögen der Verbindungsmittel oder der Schweißnähte und der angeschlossenen Bauteile,
d) die angenommene Verteilung der Kräfte und Momente muss den Steifigkeitsverhältnissen im Anschluss entsprechen,
e) die Verformungen, die bei elastisch-plastischen Berechnungsmodellen aus Starrkörperverdrehungen und/oder Verformungen in der Tragwerksebene herrühren, sind physikalisch möglich,
f) das verwendete Berechnungsmodell steht nicht im Widerspruch zu Versuchsergebnissen, siehe EN 1990.

(2) Die Anwendungsregeln in dieser Norm erfüllen die Annahmen in 2.5(1).

2.6 Schubbeanspruchte Anschlüsse mit Stoßbelastung, Belastung mit Schwingungen oder mit Lastumkehr

(1) Bei schubbeanspruchten Anschlüssen, die Stoßbelastungen oder erheblichen Belastungen aus Schwingungen ausgesetzt sind, sollten nur folgende Anschlussmittel verwendet werden:



Legende
1 Schwerpunktachsen
2 Verbindungsmittel
3 Bezugsachsen

Bild 2.1. Bezugsachsen

– Schweißnähte;
– Schrauben mit Sicherung gegen unbeabsichtigtes Lösen der Muttern;
– vorgespannte Schrauben;
– Injektionsschrauben;
– andere Schrauben, die Verschiebungen der angeschlossenen Bauteile wirksam verhindern;
– Niete.

(2) Darf in einem Anschluss kein Schlupf auftreten (z. B. wegen Lastumkehr), sind in der Regel entweder gleitfeste Schraubverbindungen der Kategorie B oder C, siehe 3.4, Passschrauben, siehe 3.6.1, Niete oder Schweißnähte zu verwenden.
(3) In Windverbänden und/oder Stabilisierungsverbänden dürfen Schrauben der Kategorie A, siehe 3.4, benutzt werden.

2.7 Exzentrizitäten in Knotenpunkten

(1) Treten in Knotenpunkten Exzentrizitäten auf, so sind in der Regel die Anschlüsse und die angeschlossenen Bauteile für die daraus resultierenden Schnittgrößen zu bemessen. Davon ausgenommen sind Konstruktionen, für die nachgewiesen wurde, dass dies nicht erforderlich ist, siehe 5.1.5.
(2) Bei Anschlüssen von Winkel- oder T-Profilen mit einer oder zwei Schraubenreihen sind in der Regel die Exzentrizitäten nach 2.7(1) zu berücksichtigen. Exzentrizitäten in der Anschlussebene und aus der Anschlussebene heraus sind unter Berücksichtigung der Schwerpunktachsen der Bauteile und der Bezugsachsen der Verbindung zu ermitteln, siehe Bild 2.1. Für den einschenkligen Schraubenanschluss zugbeanspruchter Winkel kann das vereinfachte Bemessungsverfahren nach 3.10.3 angewendet werden.

Zu 2.4(3)
Die in 3.9.3 aufgeführte Ausnahme betrifft Hybridverbindungen von Schweißnähten und gleitfest vorgespannten Schrauben der Kategorie C (gleitfeste Verbindung im Grenzzustand der Tragfähigkeit), sofern das endgültige Anziehen der Schrauben nach der vollständigen Ausführung der Schweißarbeiten erfolgt.

Tabelle 3.1. Nennwerte der Streckgrenze f_{yb} und der Zugfestigkeit f_{ub} von Schrauben

Schrauben-festigkeits-klasse	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
f_{yb} (N/mm²)	240	320	300	400	480	640	900
f_{ub} (N/mm²)	400	400	500	500	600	800	1000

Anmerkung: Der Einfluss der Exzentrizität auf druckbeanspruchte Winkelprofile in Gitterstäben ist in EN 1993-1-1, Anhang BB 1.2 geregelt.

3 Schrauben-, Niet- und Bolzenverbindungen

3.1 Schrauben, Muttern und Unterlegscheiben

3.1.1 Allgemeines

(1) Alle Schrauben, Muttern und Unterlegscheiben müssen in der Regel die Anforderungen der Bezugsnormengruppe 4 in 1.2.4 erfüllen.
(2) Die Regelungen dieses Teils gelten für Schrauben der in Tabelle 3.1 angegebenen Festigkeitsklassen.
(3) Die Streckgrenzen f_{yb} und die Zugfestigkeiten f_{ub} sind für Schrauben der Festigkeitsklassen 4.6, 4.8, 5.6, 5.8, 6.8, 8.8 und 10.9 in Tabelle 3.1 angegeben. Für die Bemessung sind in der Regel diese Werte als charakteristische Werte anzusetzen.

Anmerkung: Im Nationalen Anhang darf die Anwendung bestimmter Schraubenklassen ausgeschlossen werden.

NDP *DIN EN 1993-1-8/NA*

zu 3.1.1(3) Anmerkung
Die Verwendung von Schrauben der Festigkeitsklassen 4.8, 5.8 und 6.8 sind für die Anwendung im Stahlbau nicht zulässig.

NCI *DIN EN 1993-1-8/NA*

zu 3.13.1 Schraubverbindungen
Es sind Kopf- und Gewindebolzen nach Tabelle NA.1 zu verwenden. Für Kopf- und Gewindebolzen, die nicht in Tabelle NA.1 aufgeführt sind, sind die Nachweise nach DIN EN 1090-2:2008-12, 5.6.12 zu erbringen.
Bei der Ermittlung der Beanspruchbarkeiten von Verbindungen mit Kopf- und Gewindebolzen sind für die Bolzenwerkstoffe die in Tabelle NA.1 angegebenen charakteristischen Werte zu verwenden.

Tabelle NA.1. Als charakteristische Werte für Werkstoffe von Kopf- und Gewindebolzen festgelegte Werte

Bolzen	nach	Streck-grenze $f_{y,b,k}$ N/mm²	Zug-festigkeit $f_{u,b,k}$ N/mm²
Festigkeits-klasse 4.8	DIN EN ISO 13918	340	420
S235J2+C450	DIN EN ISO 13918	350	450
S235JR, S235J0, S235J2, S355J0, S355J2	DIN EN ISO 10025-2	Werte nach DIN EN 1993-1-1-2010-12, Tabelle 3.1	

NCI *DIN EN 1993-1-8/NA*

zu Abschnitt 3.1.1 Verzinkte Schrauben
Es sind nur komplette Garnituren (Schrauben, Muttern und Scheiben) eines Herstellers zu verwenden.
Feuerverzinkte Schrauben der Festigkeitsklasse 8.8 und 10.9 sowie zugehörige Muttern und Scheiben dürfen nur verwendet werden, wenn sie vom Schraubenhersteller im Eigenbetrieb oder unter seiner Verantwortung im Fremdbetrieb verzinkt wurden.
Andere metallische Korrosionsschutzüberzüge dürfen verwendet werden, wenn
– die Verträglichkeit mit dem Stahl gesichert ist und
– eine wasserstoffinduzierte Versprödung vermieden wird und
– ein adäquates Anziehverhalten nachgewiesen wird.
Galvanisch verzinkte Schrauben der Festigkeitsklasse 8.8 und 10.9 dürfen nicht verwendet werden.

Anmerkung 1: Ein anderer metallischer Korrosionsschutzüberzug ist z. B. die galvanische Verzinkung. Die galvanische Verzinkung bei Schrauben reicht als Korrosionsschutz alleine nur in trockenen Innenräumen (Korrosionskategorie C1 nach DIN EN ISO 12944-2) aus.

Anmerkung 2: Zur Vermeidung wasserstoffinduzierter Versprödung siehe auch DIN 267-9.

Zu NCI zu 3.13.1 Schraubenverbindungen
In Tabelle NA.1 werden die Festigkeiten von Kopf- und Gewindebolzen geregelt. Da für aufgeschweißte Gewindebolzen prinzipiell die gleichen Bemessungsregeln wie für Schrauben gelten, sind die zusätzlichen Informationen aus dem Nationalen Anhang an dieser Stelle aufgenommen worden und nicht in Abschnitt 3.13.1 bei den Bolzenverbindungen angegeben. Für aufgeschweißte Kopfbolzen gilt im Übrigen DIN EN 1994-1-1: Verbundtragwerke aus Stahl und Beton.

3.1.2 Vorgespannte Schrauben

(1) Schraubengarnituren der Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9, welche den Anforderungen der Bezugsnormengruppe 4 in 1.2.4 entsprechen, dürfen als vorgespannte Schrauben eingesetzt werden, sofern eine kontrollierte Vorspannung nach Bezugsnormengruppe 7 in 1.2.7 durchgeführt wird.

3.2 Niete

(1) Die Werkstoffkenngrößen, Abmessungen und Toleranzen von Stahl-Nieten müssen in der Regel die Anforderungen der Bezugsnormengruppe 6 in 1.2.6 erfüllen.

3.3 Ankerschrauben

(1) Für Ankerschrauben dürfen die folgenden Werkstoffe verwendet werden:
- Stahlsorten, welche den Anforderungen der Bezugsnormengruppe 1 in 1.2.1 entsprechen;
- Stahlsorten, welche den Anforderungen der Bezugsnormengruppe 4 in 1.2.4 entsprechen;
- Stahlsorten von Bewehrungsstählen, welche den Anforderungen nach EN 10080 entsprechen,

vorausgesetzt, dass der Nennwert der Streckgrenze bei scherbeanspruchten Ankerschrauben den Wert 640 N/mm^2 nicht überschreitet. Ohne Scherbeanspruchung liegt die obere Grenze bei 900 N/mm^2.

3.4 Kategorien von Schraubenverbindungen

3.4.1 Scherverbindungen

(1) Schraubenverbindungen mit Scherbeanspruchung werden in der Regel für die Bemessung in folgende Kategorien unterteilt:

a) *Kategorie A: Scher-/Lochleibungsverbindung*
Zu dieser Kategorie gehören Schrauben der Festigkeitsklassen 4.6 bis 10.9. Vorspannung und besondere Oberflächenbehandlungen sind in der Regel nicht erforderlich. Der Bemessungswert der einwirkenden Scherkraft darf weder den Bemessungswert der Schertragfähigkeit nach 3.6 noch den Bemessungswert des Lochleibungswiderstandes nach 3.6 und 3.7 überschreiten.

b) *Kategorie B: Gleitfeste Verbindung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit*
Zu dieser Kategorie gehören hochfeste vorgespannte Schrauben, welche die Anforderungen nach 3.1.2(1) erfüllen. Im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit darf in der Regel kein Gleiten auftreten. Der Bemessungswert der einwirkenden Scherkraft im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit darf in der Regel den Bemessungswert des Gleitwiderstandes nach 3.9 nicht überschreiten. Der Bemessungswert der einwirkenden Abscherkraft im Grenzzustand der Tragfähigkeit darf in der Regel den Bemessungswert der Schertragfähigkeit nach 3.6 und des Lochleibungswiderstandes nach 3.6 und 3.7 nicht überschreiten.

Zu NCI zu 3.1.1 Verzinkte Schrauben
Mit den Festlegungen im Nationalen Anhang gelten für die Verwendung verzinkter Schrauben die gleichen Anforderungen und Einschränkungen wie schon nach DIN 18800-1 [K6], Element (407).
Im Wesentlichen soll mit den Festlegungen der gerade bei höherfesten Schrauben ab Festigkeitsklasse 8.8 bestehenden Gefahr einer Wasserstoffversprödung begegnet werden. In DIN EN 1090-2 [K8] wird daher auch für feuerverzinkte Verbindungsmittel eine Ausführung der Verzinkung in Übereinstimmung mit DIN EN ISO 10684 [K15] gefordert, in der auch Vorsichtsmaßnahmen zur Vermeidung einer Wasserstoffversprödung genannt werden. Insbesondere sind möglichst kurze Verweilzeiten in der Beize anzustreben, da in der Beize prozessbedingt atomarer Wasserstoff vorhanden ist und in den Schraubenwerkstoff diffundieren kann. Werden die Schrauben nach der Verzinkung einer mindestens zweistündigen Wärmebehandlung bei Temperaturen von bis zu 200 °C unterzogen, lässt sich der Wasserstoff bei Schrauben bis 1000 N/mm^2 Zugfestigkeit weitestgehend austreiben und die Gefahr der Wasserstoffversprödung minimieren. Für Schrauben mit höheren Festigkeiten – also auch für Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9 mit Überfestigkeiten – kann die Wasserstoffversprödung nicht sicher ausgeschlossen werden.
Bei der galvanischen Verzinkung entsteht zusätzlich während des Abscheideprozesses im galvanischen Bad atomarer Wasserstoff, so dass die Gefahr der Wasserstoffversprödung besonders hoch ist. Aus diesem Grund wird der Einsatz galvanisch verzinkter Schrauben der Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9 ausgeschlossen.

Zu 3.1.2(1)
Die Vorspannverfahren zur Aufbringung einer kontrollierten Vorspannung werden in Abschnitt 8.5 der DIN EN 1090-2 und im Anhang A des Nationalen Anhangs zur DIN EN 1993-1-8 geregelt und werden ausführlich im Kapitel 4 des Beitrags von Prof. Schmidt und Prof. Stranghöner im Stahlbaukalender 2011 behandelt [K35].

Zu 3.4
Die Kategorisierung von Schraubverbindungen erfolgt nach DIN EN 1993-1-8 wie auch schon in DIN 18800-1 in Abhängigkeit von der Ausführung und den Beanspruchungen. Neu ist im Vergleich zur DIN 18800-1 die Kategorie C „Gleitfeste Verbindung im Grenzzustand der Tragfähigkeit". Anders als bei Verbindungen der Kategorie B „Gleitfeste Verbindung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit" (DIN 18800: GV/GVP-Verbindung) muss bei Verbindungen der Kategorie C sichergestellt werden, dass der Gleitwiderstand $F_{s,Rd}$ auch unter Bemessungslasten nicht überwunden wird.
Die zur DIN EN 1993 gehörende Ausführungsnorm DIN EN 1090-2 bietet für die Ermittlung des Gleitwiderstandes auch Haftreibungszahlen $\mu \geq 0{,}20$ für unbehandelte, oder lediglich durch Drahtbürsten oder durch Flammstrahlen gereinigte Oberflächen an, so dass auf die nach DIN 18800-7 [K7] noch zwingend erforderliche Vorbehandlung der Kontaktflächen verzichtet werden kann, wenn die erforderlichen Nachweise für die gleitfest vorgespannten Verbindungen mit den reduzierten Haftreibungszahlen geführt werden können. Auf die Haftreibungszahlen sowie die erforderlichen Oberflächenbehandlungen wird in Abschnitt 3.9 noch eingegangen.

Tabelle 3.2. Kategorien von Schraubenverbindungen

Kategorie	Nachweiskriterium	Anmerkungen
Scherverbindungen		
A Scher-/Lochleibungsverbindung	$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	Keine Vorspannung erforderlich. Schrauben der Festigkeitsklassen 4.6 bis 10.9 dürfen verwendet werden.
B Gleitfeste Verbindung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	$F_{v,Ed.ser} \leq F_{s,Rd,ser}$ $F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$	In der Regel sind hochfeste Schrauben der Festigkeitsklassen 8.8 oder 10.9 zu verwenden. Gleitwiderstand für Gebrauchstauglichkeit siehe 3.9.
C Gleitfeste Verbindung im Grenzzustand der Tragfähigkeit	$F_{v,Ed} \leq F_{s,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$ $\Sigma F_{v,Ed} \leq N_{net,Rd}$	In der Regel sind hochfeste Schrauben der Festigkeitsklassen 8.8 oder 10.9 zu verwenden. Gleitwiderstand für Tragfähigkeit siehe 3.9. $N_{net,Rd}$ siehe 3.4.1(1)c).
Zugverbindungen		
D Nicht vorgespannt	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$	Keine Vorspannung erforderlich. Schrauben der Festigkeitsklassen 4.6 bis 10.9 dürfen verwendet werden. $B_{p,Rd}$ siehe Tabelle 3.4.
E Vorgespannt	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$	In der Regel sind hochfeste Schrauben der Festigkeitsklassen 8.8 oder 10.9 zu verwenden. $B_{p,Rd}$ siehe Tabelle 3.4.
Der Bemessungswert der einwirkenden Zugkraft $F_{t,Ed}$ sollte Beiträge aus Abstützkräften berücksichtigen, siehe 3.11. Schrauben unter Scher- und Zugbeanspruchung gelten in der Regel die Kriterien, die in Tabelle 3.4 angegeben sind.		

Zu Tabelle 3.2

Die Gleichungen zur Ermittlung der Beanspruchbarkeiten von einzelnen Schrauben und Nieten sind in Tabelle 3.4 zusammengestellt. Neu ist im Vergleich zur DIN 18800-1 der für zugbeanspruchte Schrauben geforderte Nachweis gegen Durchstanzen ($B_{p,Rd} \geq F_{t,Ed}$), der aber in der Regel bei sinnvoll aufeinander abgestimmten Blechdicken und Schraubendurchmessern nicht maßgebend wird. Das Durchstanzen kann als Schubversagen der Bleche interpretiert werden, wobei der Durchmesser d_m des „kritischen Rundschnittes" mit dem Mittelwert aus Eckmaß und Schlüsselweite der Schraube angesetzt wird.

Zusätzlich ist für die verbundenen Bauteile in Scherverbindungen der *Kategorien A und B* nach DIN EN 1993-1-1 nachzuweisen, dass die plastische Beanspruchbarkeit des Bruttoquerschnitts und die Zugbeanspruchbarkeit des Nettoquerschnitts längs der kritischen Risslinie größer ist als der Bemessungswert der einwirkenden Normalkraft. Für Stahlsorten bis S460 ist die Zugbeanspruchbarkeit nach DIN EN 1993-1-1 [K14] Gleichung (6.6) und (6.7) zu bestimmen. Kommen Stahlsorten über S460 bis S700 zum Einsatz, muss nach DIN EN 1993-1-12 der Teilsicherheitsbeiwert γ_{M2} in Gleichung (6.7) durch γ_{M12} ersetzt werden. Empfohlen wird in DIN EN 1993-1-12: $\gamma_{M12} = \gamma_{M2} = 1{,}25$. Die Empfehlung ist im Nationalen Anhang bestätigt worden.

Wenn für Bauwerke in Erdbebengebieten eine Kapazitätsbemessung gefordert wird, ist sicherzustellen, dass die plastische Zugbeanspruchbarkeit des Bruttoquerschnitts maßgebend wird, vgl. [K46]. Auf den Einsatz von Stahlsorten über S460 sollte dann jedoch verzichtet werden.

Bei Schraubverbindungen der *Kategorie C* ist die Zugbeanspruchbarkeit ausschließlich mit dem maßgebenden Nettoquerschnitt nach DIN EN 1993-1-1 Gleichung (6.8) zu bestimmen.

Für unsymmetrisch angeschlossene Bauteile wie z. B. an nur einem Schenkel angeschlossene Winkel und bei indirekten Anschlüssen gelten die Gleichungen (6.6) bis (6.8) der DIN EN 1993-1-1 nicht. Die Zugbeanspruchbarkeit ist hier nach DIN EN 1993-1-8, Absatz 3.10.3 bzw. 3.10.4, zu bestimmen. Die dort angegebenen Regeln gelten nur für Stahlsorten bis S460 und sind nicht auf höherfeste Stahlsorten übertragbar.