

Stahlbau

Teil 1: Grundlagen

Mit Beispielen nach Eurocode 3

Rolf Kindmann, Ulrich Krüger

Bauingenieur-Praxis



Ernst & Sohn
A Wiley Brand

Inhaltsverzeichnis

[Vorwort des Verlages](#)

[Vorwort zur 5. Auflage](#)

[1 Allgemeines](#)

[1.1 Einleitung](#)

[1.2 Erläuterungen zum Inhalt](#)

[1.3 Technische Baubestimmungen](#)

[1.4 Bezeichnungen und Annahmen](#)

[1.5 RUBSTAHL-Programme](#)

[2 Bemessung und Konstruktion von Bauteilen](#)

[2.1 Vorbemerkungen](#)

[2.2 Werkstoff Stahl](#)

[2.3 Stahlerzeugnisse](#)

[2.4 Teilsicherheitsbeiwerte](#)

[2.5 Querschnittsklassen](#)

[2.6 Nachweise](#)

[2.7 Querschnittswerte](#)

[2.8 Spannungsermittlung und Nachweise](#)

[2.9 Plastische Querschnittstragfähigkeit](#)

[2.10 Stabilität und Theorie II. Ordnung](#)

[3 Stabtheorie und Querschnittswerte](#)

[3.1 Vorbemerkungen](#)

3.2 Stabtheorie

3.3 Schwerpunkt, Hauptachsen und Hauptträgheitsmomente

3.4 Schubmittelpunkt und weitere Querschnittswerte

3.5 Profiltabellen

4 Spannungsnachweise

4.1 Anwendungsbereiche

4.2 Nachweise

4.3 Spannungsermittlung

5 Plastische Querschnittstragfähigkeit

5.1 Einführung

5.2 Grundsätzliches

5.3 Plastische Grenzschnittgrößen

5.4 Querkräfte und Torsionsmomente

5.5 Lineare Interaktionsbeziehung

5.6 I-Querschnitte mit Standardbeanspruchungen

5.7 I-Querschnitte mit beliebigen Schnittgrößen

5.8 Kreisförmige Hohlprofile

5.9 Eckige Hohlprofile und Kastenquerschnitte

5.10 Beliebige Querschnitte

6 Stabilitätsnachweise für Bauteile

6.1 Übersicht

6.2 Druckstäbe

6.3 Ideale Verzweigungslasten N_{cr}

6.4 Biegebeanspruchte Stäbe

- [6.5 Ideale Biegedrillknickmomente \$M_{cr,y}\$](#)
- [6.6 Biege- und druckbeanspruchte Bauteile](#)
- [6.7 Allgemeines Nachweisverfahren für Bauteile](#)

[7 Theorie II. Ordnung mit Imperfektionen](#)

- [7.1 Grundsätzliches](#)
- [7.2 Nachweisführung](#)
- [7.3 Imperfektionen](#)
- [7.4 Schnittgrößenermittlung zum Biegeknicken](#)
- [7.5 Nachweise zum Biegedrillknicken](#)

[8 Bemessung und Konstruktion von Verbindungen](#)

- [8.1 Übersicht](#)
- [8.2 Grundsätzliches](#)
- [8.3 Verbindungen mit scherbeanspruchten Schrauben](#)
- [8.4 Verbindungen mit zugbeanspruchten Schrauben](#)
- [8.5 Verbindungen mit Schweißnähten](#)

[9 Verbindungen mit Schrauben](#)

- [9.1 Einleitung](#)
- [9.2 Orientierungshilfen](#)
- [9.3 Darstellung auf Zeichnungen](#)
- [9.4 Kategorien nach DIN EN 1993-1-8](#)
- [9.5 Löcher für Schrauben – Lochdurchmesser](#)
- [9.6 Kraftübertragung und Tragverhalten](#)
- [9.7 Bemessung nach DIN EN 1993-1-8](#)

9.8 Schrauben, Muttern und Scheiben

10 Verbindungen mit Schweißnähten

10.1 Einleitung

10.2 Nahtarten und Darstellung

10.3 Spannungen in Schweißnähten

10.4 Kehlnähte

10.5 Andere Nahtarten

11 Statische Berechnungen für Stahlbauten

11.1 Allgemeines

11.2 Statische Berechnungen

11.3 Zeichnungen

11.4 Werkstattgebäude mit Pultdach

11.5 Lagerhalle mit Zweigelenkrahmen

Literaturverzeichnis

Sachverzeichnis

Stahlbau

Teil 1: Grundlagen

Mit Beispielen nach Eurocode 3

Rolf Kindmann, Ulrich Krüger

Rolf Kindmann

Tinkmühlenweg 16a

44536 Lünen, Deutschland

Ulrich Krüger

Hermann-Rombach-Str. 22

74321 Bietigheim-Bissingen, Deutschland

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Rolf Kindmann lehrt Stahl- und Verbundbau an der Ruhr-Universität Bochum und ist Gesellschafter der Ingenieursozietät Schürmann- Kindmann und Partner, Dortmund.

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Krüger war Professor für Stahlbau und Baustatik an der Fachhochschule Karlsruhe und Prüfeningenieur für Baustatik.

Titelbild: Stahlkonstruktion des Maschinenhauses Kraftwerk Lünen (Foto: Rolf Kindmann)

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.

© 2013 Wilhelm Ernst & Sohn,

Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG,

Rotherstr. 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: stilvoll° | Werbe- und Projektagentur, Kappelrodeck

Herstellung: pp030 – Produktionsbüro Heike Praetor, Berlin

Druck: betz-Druck GmbH, Darmstadt

5. neu bearbeitete Auflage

Print ISBN: 978-3-433-03003-5

ePDF ISBN: 978-3-433-60290-4

ePub ISBN: 978-3-433-60289-8

eMob ISBN: 978-3-433-60328-4

oBook ISBN: 978-3-433-60256-0

Vorwort des Verlages

Mit dem vorliegenden Werk wurde die 5. Auflage von Stahlbau Teil 1: Grundlagen in der Reihe Bauingenieur-Praxis fertig gestellt – völlig neu bearbeitet durch Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Rolf Kindmann.

Der Begründer des zweiteiligen Werkes Stahlbau in der Reihe Bauingenieur-Praxis Herr Prof. Dr.-Ing. Ulrich Krüger überarbeitete seine als Skripten für die Studierenden an der FH Karlsruhe ab 1992 herausgegebenen Unterlagen. Zu jener Zeit wurde die neue Norm für den Stahlbau, DIN 18800 Teile 1 bis 4, in die Praxis überführt. Die Skripten und die Buchpublikation dienten der Ausstattung einer jungen Anwendergeneration mit praxisnahem Rüstzeug einerseits und den erfahrenen Praktikern als Nachschlagewerk bei der Einarbeitung in die neue Norm andererseits.

Von 1998 bis 2007 ist das Buch Stahlbau Teil 1: Grundlagen in vier Auflagen erschienen. Für die Fortführung des erfolgreichen Werkes konnte in enger Abstimmung zwischen Autoren und Verlag Herr Prof. Dr.-Ing. Rolf Kindmann gewonnen werden. Auf diese Weise erschien bereits im Jahr 2008 die durch Herrn Professor Kindmann vollständig neubearbeitete, 4. Auflage des zweiten Bandes Stahlbau Teil 2: Stabilität und Theorie II. Ordnung.

Der Verlag Ernst & Sohn dankt Herrn Professor Krüger für die fruchtbare Zusammenarbeit und die stets verlässliche Aktualisierung und Ergänzung seines Werkes. Im Vorwort zur 1. Auflage schrieb er: „Wenn das Buch Studierenden die Einführung in das Fachgebiet Stahlbau erleichtert und bei vielen Stahlbauern während der täglichen Arbeit in Griffnähe liegt und brauchbare Hilfe gibt, ist für mich das Ziel der Herausgabe erreicht.“ Bei Studenten, Berufsanfängern und Bauingenieuren mit langjähriger Berufspraxis gleichermaßen fanden und finden diese beiden Bücher

unvermindert großen Anklang – sie schlossen zunächst eine Lücke in der Fachliteratur und gehören heute zu den „Klassikern“, deren Neuauflagen dank der sorgfältigen, nachhaltigen Bearbeitung auf dem Schreibtisch oder im Regal nicht fehlen dürfen.

Ebenfalls gilt der Dank des Verlages Herrn Professor Kindmann, der bei voller Last am Lehrstuhl für Stahl-, Holz- und Leichtbau der Ruhr-Universität Bochum und in der Ingenieursozietät Schürmann – Kindmann und Partner GbR, Dortmund stets Zeit und Muße fand, zielstrebig Fachbücher zu konzipieren und zu verfassen, die als unverzichtbar gelten.

Die Leser mögen Kontinuität und Neubearbeitung dieses Praxisbuches zu schätzen wissen.

Berlin, im März 2013

Verlag Ernst & Sohn

Vorwort zur 5. Auflage

Zeitnah zur Umstellung auf die neue Normengeneration erscheint die 5. Auflage des Buches in einer kompletten Neubearbeitung, in der die neuen Normen, neue Nachweismethoden und der aktuelle Stand der Technik berücksichtigt werden. Im Vordergrund stehen dabei die grundlegenden Eurocodes für die Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten: DIN EN 1993-1-1 „Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau“ sowie DIN EN 1993-1-8 „Bemessung von Anschlüssen“.

Das zentrale Thema des Buches sind die Grundlagen zur Bemessung und Konstruktionen von Bauteilen und Verbindungen für Stahlbauten. Zur Vermittlung der entsprechenden Fachkompetenz ist das Buch in elf Kapitel unterteilt:

- Allgemeines
- Bemessung und Konstruktion von Bauteilen
- Stabtheorie und Querschnittswerte
- Spannungsnachweise
- Plastische Querschnittstragfähigkeit
- Stabilitätsnachweise für Bauteile
- Theorie II. Ordnung mit Imperfektionen
- Bemessung und Konstruktion von Verbindungen
- Verbindungen mit Schrauben
- Verbindungen mit Schweißnähten
- Statische Berechnungen für Stahlbauten

Das Buch enthält auf ca. 200 Seiten zahlreiche Berechnungsbeispiele, die die Anwendung der Bemessungs- und Konstruktionsregeln sowie die Durchführung von Tragfähigkeitsnachweisen in allen Einzelheiten zeigen. Neben vielen Beispielen zu einzelnen Schwerpunktthemen werden auch statische Berechnungen für zwei

Hallenkonstruktionen im Gesamtzusammenhang behandelt. Das vorliegende Lehrbuch ist für Studierende an Technischen Hochschulen, Universitäten und Fachhochschulen sowie für in der Baupraxis tätige Ingenieure konzipiert.

Das Manuskript der 5. Auflage wurde am Bochumer Stahlbaulehrstuhl erstellt. Die Verfasser danken Frau Dipl.-Ing. Ebel, Herrn Dipl.-Ing. Jonczyk, Herrn Dipl.-Ing. Ludwig und Herrn Dipl.-Ing. Käismaier für ihre Hinweise und Kontrollen sowie Herrn Steinbach und Herrn Angelstorf für ihre Mitwirkung bei der Erstellung der Bilder und des Manuskriptes. Besonders gedankt sei an dieser Stelle Herrn Prof. Dr.-Ing. Vette, der durch viele wertvolle Anregungen und Vorschläge wesentlich zum Gelingen beigetragen hat.

Bochum, März 2013

R. Kindmann, U. Krüger

1

Allgemeines

1.1 Einleitung

Das vorliegende Buch vermittelt das Grundwissen für die Bemessung und Grundkenntnisse für die Konstruktion von Stahlbauten. Die entsprechenden Methoden sind in weiten Bereichen normenunabhängig, für Nachweise zur Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit sind jedoch die maßgebenden Normen zu beachten. Die Grundlage dafür sind hier die Eurocodes, s. Abschnitt 1.3, und zwar im Wesentlichen DIN EN 1993:

- Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen

Die durchzuführenden Berechnungen und Nachweise werden ausführlich behandelt und im Hinblick auf das Verständnis erläutert. Der Schwerpunkt der Ausführungen liegt bei der Tragfähigkeit von Bauteilen und Verbindungen. Abschnitt 1.2 enthält eine Kurzübersicht zum Inhalt des Buches, die zur Orientierung dienen soll. Als weiterführende Literatur zur Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten wird Folgendes empfohlen:

- Kindmann/Krahwinkel: Stahl- und Verbundkonstruktionen, [15]

Das Buch enthält zahlreiche Konstruktionsdetails mit vielen Varianten für den Hallen-, Geschoss- und Brückenbau und einige Berechnungsbeispiele, beispielsweise zu Stahl- und Verbundbrücken.

- Kindmann/Stracke: Verbindungen im Stahl- und Verbundbau, [19]

In diesem Buch werden die Verbindungstechniken für Anschlüsse, Stöße und Befestigungen ausführlich behandelt und mit vielen Beispielen erläutert. Der Schwerpunkt liegt bei geschraubten und geschweißten Verbindungen, u. a. wird aber auch auf Folgendes näher eingegangen: Kontakt, Kopfbolzendübel, Setzbolzen, Niete, Bolzen, Hammerschrauben, Zuganker, Dübel und Ankerschienen.

- Kindmann: Stahlbau Teil II: Stabilität und Theorie II. Ordnung, [23]

Zentrale Themen des Buches sind die Stabilität von Stahlkonstruktionen, die Ermittlung von Beanspruchungen nach Theorie II. Ordnung und der Nachweis ausreichender Tragfähigkeit. Die Stabilitätsfälle Biegeknicken, Biegedrillknicken und Plattenbeulen werden ausführlich behandelt und viele Erläuterungen zum Verständnis gegeben.

- Kindmann/Kraus: Finite-Elemente-Methoden im Stahlbau, [17]

Schwerpunkt des Buches sind Berechnungen mit finiten Elementen zur Ermittlung von Schnittgrößen, Verformungen, Verzweigungslasten und Eigenformen. Es wird geklärt, welche finiten Elemente im Hinblick auf baupraktische Anwendungen für lineare und nichtlineare Berechnungen zu verwenden sind.

- Kindmann/Kraus/Niebuhr: Stahlbau Kompakt, [16]

Das handliche Heft enthält auf etwa 100 Seiten Profiltabellen für alle gängigen Profile und andere Stahlerzeugnisse sowie darüber hinaus kurze Erläuterungen zu den folgenden Themen: Werkstoff Stahl, geschweißte Verbindungen, geschraubte Verbindungen, Nachweisverfahren,

Querschnittstragfähigkeit, Biegeknicken,
Biegedrillknicken, Plattenbeulen, Bestellung, Lieferung,
Abrechnung, Brandschutz und Vorschriften.

Der Schwerpunkt des vorliegenden Buches liegt bei der Bemessung und Konstruktion von Stahlkonstruktionen für den Hoch- und Industriebau. Die folgenden Fotos zeigen einige Beispiele für typische Tragwerke, Bauteile und Verbindungen.

Bild 1.1 Zweigelenkrahmen einer Fertigungshalle aus Walzprofilen



Bild 1.2 Giebelwandkonstruktion



Bild 1.3 Wand- und Dachverband



Bild 1.4 Rahmenecke mit Voute und Kranbahnträger



Bild 1.5 Gelenkiger Stützenfuß



Bild 1.16 Detail Fachwerkbinder mit Stahltrapezblechen



Bild 1.7 Dachpfetten, Schrägstreben und Rahmenriegel



Bild 1.8 Rahmenecke



Bild 1.9 Rahmenkonstruktion und Dachpfetten



Bild 1.10 Dachverband und Pfetten

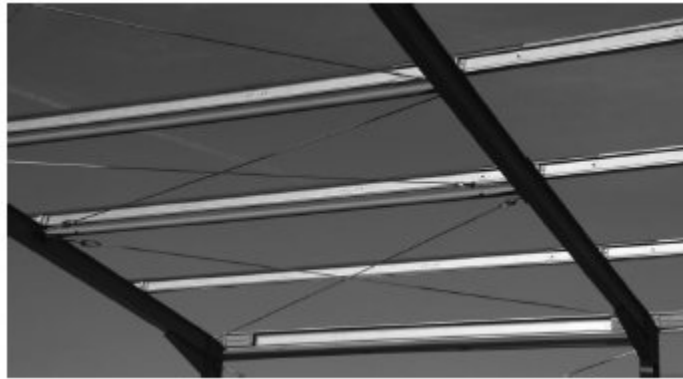


Bild 1.11 Geschraubte Rahmenecke



Bild 1.12 Mittelstütze mit Rahmenecken



Bild 1.13 Giebelwandkonstruktion



Bild 1.14 Fachwerkbinder



Bild 1.15 Auflagerdetail eines Fachwerkbinders



Bild 1.16 Detail Fachwerkbinder mit Stahltrapezblechen



1.2 Erläuterungen zum Inhalt

Die folgende Übersicht zum Inhalt der Kapitel soll zur Orientierung dienen und den Gebrauch des Buches erleichtern. Im Hinblick auf die Durchführung von Standsicherheitsnachweisen ist es sinnvoll, zunächst die Kapitel 2, 8 und 11 zu lesen bzw. zu sichten.

Kapitel 1 - Allgemeines

Nach der Einleitung und Erläuterungen zum Inhalt sind in den Abschnitten 1.3 bis 1.5 Vorschriften, Bezeichnungen und Hinweise zu den RUBSTAHL-Programmen zusammengestellt.

Kapitel 2 - Bemessung und Konstruktion von Bauteilen

Dies ist das zentrale Kapitel des Buches für die Bemessung von Bauteilen, da es zahlreiche Berechnungsbeispiele und die unmittelbar dazu erforderlichen Grundlagen enthält. In den Abschnitten 2.1 bis 2.6 werden folgende Themen behandelt: Werkstoff Stahl, Stahlerzeugnisse, Teilsicherheitsbeiwerte, Querschnittsklassen und Nachweise. Die Abschnitte 2.7 bis 2.10 betreffen die Berechnungsbeispiele, die den folgenden Themen zugeordnet sind: Normierte Querschnitte und Querschnittswerte, Spannungsermittlung und Nachweise, plastische Querschnittstragfähigkeit, Stabilität und Theorie II. Ordnung.

Kapitel 3 - Stabtheorie und Querschnittswerte

Im ersten Teil des Kapitels wird die Berechnung von Schnittgrößen und Verformungen mithilfe der Stabtheorie erläutert. Danach folgen Ausführungen zur Ermittlung von Querschnittswerten und zur Normierung von Querschnitten (Schwerpunkt, Schubmittelpunkt usw.).

Kapitel 4 - Spannungsnachweise

In Kapitel 4 wird erläutert, wie die Spannungen zu ermitteln und die Nachweise zu führen sind.

Kapitel 5 - Plastische Querschnittstragfähigkeit

In diesem Kapitel werden Nachweise zur plastischen Querschnittstragfähigkeit erläutert. Für ausgewählte Anwendungsfälle, d. h. Querschnitte und Schnittgrößenkombinationen, werden plastische Grenzschnittgrößen und Interaktionsbeziehungen angegeben.

Kapitel 6 - Stabilitätsnachweise für Bauteile

Für die Stabilitätsfälle Biegeknicken und Biegedrillknicken wird gezeigt, wie die Nachweise mit Abminderungsfaktoren zu führen sind. Da man dafür die Verzweigungslasten N_{Cr} und M_{Cr} benötigt, wird ihre Ermittlung ausführlich erläutert.

Kapitel 7 - Theorie II. Ordnung mit Imperfektionen

Für die Stabilitätsfälle Biegeknicken und Biegedrillknicken wird gezeigt, wie die Nachweise mit dem Ersatzimperfektionsverfahren zu führen sind. Der Ansatz der Imperfektionen und die Schnittgrößenermittlung nach Theorie II. Ordnung werden erläutert.

Kapitel 8 - Bemessung und Konstruktion von Verbindungen

Dies ist das zentrale Kapitel des Buches für die Bemessung von **Verbindungen**, da es zahlreiche Berechnungsbeispiele und die unmittelbar dazu erforderlichen Grundlagen enthält. Bezüglich der Systematik ist Kapitel 8 mit Kapitel 2 vergleichbar, in dem die Bemessung und Konstruktion von **Bauteilen** behandelt wird

Kapitel 9 - Verbindungen mit Schrauben

Kapitel 10-Verbindungen mit Schweißnähten

Diese Kapitel enthalten Erläuterungen zum Tragverhalten von geschraubten und geschweißten Verbindungen und wesentliche Regelungen der DIN EN 1993-1-8 zur Bemessung.

Kapitel 11 - Statische Berechnungen für Stahlbauten

Hier werden statische Berechnungen für ein Werkstattgebäude mit Pultdach und eine Lagerhalle mit Zweigelenkrahmen (Satteldach) behandelt. Es werden Tragfähigkeitsnachweise für Bauteile und Verbindungen im Gesamtzusammenhang geführt und erläutert.

1.3 Technische Baubestimmungen

Wichtige Grundlage für das Bauen in Deutschland sind die **Bauordnungen** der Bundesländer. Darüber hinaus wird von den zuständigen Länderministerien veröffentlicht, welche **technischen Baubestimmungen** zurzeit anzuwenden sind. Ab dem 1. Juli 2012 sind das u. a. die folgenden *Eurocodes*:

- Eurocode 0 (DIN EN 1990): Grundlagen der Tragwerksplanung
- Eurocode 1 (DIN EN 1991): Einwirkungen auf Tragwerke
- Eurocode 2 (DIN EN 1992): Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken
- Eurocode 3 (DIN EN 1993): Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten
- Eurocode 4 (DIN EN 1994): Bemessung und Konstruktion von Verbundtragwerken aus Stahl und Beton

Der Zusatz „DIN“ kennzeichnet, dass es sich um die deutschen Ausgaben der europäischen Normen handelt.

Ergänzend dazu sind in Deutschland die nationalen Anhänge (NAs) zu beachten.

Der **Eurocode 3**, d. h. die EN 1993, ist in folgende Teile unterteilt:

EN 1993-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau

EN 1993-2: Stahlbrücken

EN 1993-3: Türme, Maste und Schornsteine

EN 1993-4: Tank- und Silobauwerke und Rohrleitungen

EN 1993-5: Spundwände und Pfähle aus Stahl

EN 1993-6: Kranbahnträger

Die Teile EN 1993-2 bis EN 1993-6 nehmen auf die Grundregeln von EN 1993-1 Bezug und sind darüber hinaus Ergänzungen dazu. Die **EN 1993-1** ist wie folgt gegliedert:

EN 1993- 1 Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau

1-1:

EN 1993- 2 Baulicher Brandschutz

1-2:

EN 1993- 3 Kaltgeformte Bauteile und Bleche

1-3:

EN 1993- 4 Nichtrostender Stahl

1-4:

EN 1993- 5 Bauteile aus ebenen Blechen mit Beanspruchungen in der
1-5: Blechebene

EN 1993- 6 Festigkeit und Stabilität von Schalentragwerken

1-6:

EN 1993- 7 Ergänzende Regeln zu ebenen Blechfeldern mit Querbelastrung

1-7:

EN 1993- 8 Bemessung und Konstruktion von Anschlüssen und Verbindungen

1-8:

EN 1993- 9 Ermüdung

1-9:

EN 1993- 10 Auswahl der Stahlsorten im Hinblick auf Bruchzähigkeit und
1-10: Eigenschaften in Dickenrichtung

EN 1993- 11 Bemessung und Konstruktion von Tragwerken mit stählernen
1-11: Zuelementen

EN 1993- 12 Zusätzliche Regeln zur Erweiterung von EN 1993 auf Stahlgütern bis
1-12: S 700

Bei der DIN EN 1993-1-1 handelt es sich um die deutsche Fassung der EN 1993-1-1: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau

Im Teil 1-1 sind **Grundregeln für Stabtragwerke** und zusätzliche Anwendungsregeln für den Hochbau enthalten. Die Grundregeln finden auch gemeinsam mit den weiteren Teilen EN 1993-2 bis EN 1993-6 Anwendung. Die EN 1993-1-1 enthält folgende Abschnitte:

Abschnitt 1: Allgemeines

Abschnitt 2: Grundlagen für die Tragwerksplanung

Abschnitt 3: Werkstoffe

Abschnitt 4: Dauerhaftigkeit

Abschnitt 5: Tragwerksberechnung

Abschnitt 6: Grenzzustände der Tragfähigkeit

Abschnitt 7: Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

Für die **Ausführung** von Stahlbauten ist DIN EN 1090-2 zu beachten. Durch Einhaltung der Ausführungsregelungen in DIN EN 1090-2 wird sichergestellt, dass die getroffenen Annahmen bei der Bemessung nach DIN EN 1993 eingehalten werden. Im Übrigen wird auf die bautechnischen Bestimmungen der Bundesländer verwiesen.

1.4 Bezeichnungen und Annahmen

Die folgende Zusammenstellung enthält die im vorliegenden Buch verwendeten Bezeichnungen. DIN EN 1993-1-1 und DIN EN 1993-1-8 enthalten zahlreiche weitere Bezeichnungen bzw. Formelzeichen mit entsprechenden Erläuterungen sowie Hinweise zur Bedeutung der verwendeten Begriffe.

Koordinaten, Ordinaten und Bezugspunkte (s. auch [Bilder 3.1](#) bis [3.3](#))

- X Stablängsrichtung
- y, z Hauptachsen in der Querschnittsebene
- ω normierte Wölbordinate
- s Profilordinate
- S Schwerpunkt
- M Schubmittelpunkt

Verschiebungsgrößen (s. auch [Bild 3.1](#))

- u Verschiebung in x-Richtung
- v Verschiebung in y-Richtung
- w Verschiebung in z-Richtung
- φ Verdrehung um die z-Achse
- φ' Verdrehung um die y-Achse
- φ'' Verdrehung um die x-Achse
- φ''' Verdrillung

Einwirkungen, Lastgrößen (s. auch [Bilder 2.8](#), [2.9](#) und [3.8](#) sowie [Tabelle 3.1](#))

- q_x, q_y, q_z Streckenlasten
- F_x, F_y, F_z Einzellasten
- m_x Streckentorsionsmoment
- M_{xL} Lasttorsionsmoment
- M_{yL}, M_{zL} Lastbiegemomente
- $M_{\omega L}$ Lastwölbbimoment

Schnittgrößen (s. auch [Bilder 2.8](#) und [3.6](#) sowie [Tabelle 4.1](#))

- N Längskraft, Normalkraft
- V_y, V_z Querkräfte
- M_y, M_z Biegemomente
- M_x Torsionsmoment

DIN EN 1993-1-1:

T

M_{xp}, M_{xs} primäres und sekundäres Torsionsmoment T_t, T_w
 M_ω Wölbbimoment B
 Index el: Grenzschnittgrößen nach der Elastizitätstheorie
 Index pl: Grenzschnittgrößen nach der Plastizitätstheorie
 Index Rd: Bemessungswert der Beanspruchbarkeit
 Index Ed: Bemessungswert der Beanspruchung

Spannungen (s. auch [Bilder 4.1 bis 4.3](#))

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ Normalspannungen
 $\tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{yz}$ Schubspannungen
 σ_v Vergleichsspannung

Querschnittskennwerte (s. auch [Tabelle 3.1](#))

A Fläche
 I_y, I_z Hauptträgheitsmomente
 I_ω Wölbwiderstand
 I_T Torsionsträgheitsmoment
 W_y, W_z Widerstandsmomente
 S_y, S_z statische Momente
 i_M, r_y, r_z, r_ω Größen für Theorie II. Ordnung und Stabilität, s. [Tabelle 2.21](#)

$$i_p = \sqrt{\frac{I_y + I_z}{A}} \quad \text{polarer Trägheitsradius}$$

Biegeknicken und Biegedrillknicken (s. auch [Tabelle 2.18](#))

N_{cr} ideale Drucknormalkraft (Elastizitätstheorie, Eigenwert)
 L_{cr} Knicklänge für Biegeknicken
 ε Stabkennzahl für Biegeknicken
 α_{cr} Verzweigungslastfaktor des Systems (Eigenwert)
 $M_{cr,y}$ ideales Biegedrillknickmoment (Elastizitätstheorie, Eigenwert)
 $\bar{\lambda}, \bar{\lambda}_M$ bezogene Schlankheitsgrade
 χ, χ_{LT} Abminderungsfaktoren (LT: lateral torsional buckling)

Werkstoffkennwerte (s. auch [Bild 2.3](#) und [Tabelle 2.1](#))

E	Elastizitätsmodul
G	Schubmodul
ν	Querkontraktion, <i>Poisson'sche</i> Zahl
f_y	Streckgrenze
f_u	Zugfestigkeit
ϵ_u	Bruchdehnung

Teilsicherheitsbeiwerte (s. auch [Tabelle 2.9](#))

γ_M	Beiwert für die Widerstandsgrößen (m aterial)
γ_F	Beiwert für die Einwirkungen (f orce)

Geschraubte Verbindungen (s. auch [Tabelle 9.2](#) sowie [9.6](#) bis [9.10](#))

d_0	Lochdurchmesser
d	Schaftdurchmesser
Δd	Nennlochspiel
$f_{u,b}$	Zugfestigkeit des Schraubenwerkstoffs
$f_{y,b}$	Streckgrenze des Schraubenwerkstoffs
$F_{V,Ed}$	Abscherkraft einer Schraube je Scherfuge
$F_{V,Rd}$	Grenzabscherkraft einer Schraube je Scherfuge
α_V	Beiwert zur Ermittlung von $F_{V,Rd}$
$\tau_{a,Rd}$	Grenzscherbzw. Schubspannung
$F_{b,Ed}$	Lochleibungskraft
$F_{b,Rd}$	Grenzlochleibungskraft
k_1, α_b	Beiwerte zur Ermittlung von $F_{b,Rd}$
$\sigma_{l,Rd}$	Grenzlochleibungsspannung
$F_{t,Ed}$	Zugkraft in einer Schraube
$F_{t,Rd}$	Grenzzugkraft einer Schraube
A	Schaftquerschnitt
A_s	Spannungsquerschnitt

Q	Abstützkraft
p_1, p_2	Lochabstände
e_1, e_2	Randabstände
$F_{V,Ed,ser}$	Scherkraft im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit
$F_{S,Rd,ser}$	Gleitwiderstand Gebrauchstauglichkeit
μ	Reibungszahl
$F_{p,C}$	Vorspannkraft
Index b: Schrauben, Nieten, Bolzen (bolt)	

Geschweißte Verbindungen (s. auch [Bilder 10.5](#) und [10.8](#))

$\sigma_{ }$	Normal spannung in Richtung der Schweißnaht
$\tau_{ }$	Schub spannung in Richtung der Schweißnaht
$\sigma_{\perp}$	Normal spannung senkrecht zur Schweißnahtlänge
$\tau_{\perp}$	Schub spannung senkrecht zur Schweißnahtlänge
$f_{vw,d}$	Bemessungswert der Scherfestigkeit der Schweißnaht
β_w	Korrelationsbeiwert für Kehlnähte
a	rechnerische Schweißnahtdicke
A_w	rechnerische Schweißnahtfläche
Index w: Schweißen (welding)	

Annahmen und Voraussetzungen

- Es wird linearelastisches-idealplastisches Werkstoffverhalten gemäß [Bild 2.3](#) vorausgesetzt.
- Verformungen sind so klein, dass geometrische Beziehungen linearisiert werden können, s. [Tabelle 2.17](#).
- Die Querschnittsform eines Stabes bleibt bei Belastung und Verformung erhalten, s. auch [Bilder 2.4](#) und [3.5](#).
- Für zweiachsige Biegung mit Normalkraft wird die Bernoulli-Hypothese vom Ebenbleiben der Querschnitte vorausgesetzt und der Einfluss von Schubspannungen infolge von Querkräften auf die Verformungen vernachlässigt (schubstarre Stäbe).