

# 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 zur Gebrauchstauglichkeit sind die maßgebenden Normen zu beachten. Die Grundlage dafür sind 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: Stahlbau Teil 2: Stabilität und Theorie II. Ordnung [36]  
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: Verbindungen im Stahl- und Verbundbau [32]  
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.
- Kraus/Kindmann: Finite-Elemente-Methoden im Stahlbau [38]  
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.
- Krahwinkel/Kindmann: Stahl- und Verbundkonstruktionen [37]  
Das Buch enthält zahlreiche Konstruktionsdetails mit vielen Varianten für den Hallen-, Geschoss- und Brückenbau und einige Berechnungsbeispiele, beispielsweise zu Stahl- und Verbundbrücken.

- Kindmann/Kraus/Niebuhr: STAHLBAU KOMPAKT [26]  
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, Biegeknicke, Biegedrillknicke, 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 1.6** Geschweißte Zweigelenrahmen einer Lagerhalle



**Bild 1.7** Dachfetten, 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 Buchinhalt (Übersicht)

Die Gliederung des vorliegenden Buches ist mit den Kapitelüberschriften in Tabelle 1.1 zusammengestellt. Zur schnelleren Orientierung werden im Folgenden die Inhalte der Kapitel kurz erläutert.

**Tabelle 1.1** Themen der vierzehn Kapitel des Buches

Kapitel	Überschrift
1	Einleitung
2	Bemessung und Konstruktion von Bauteilen
3	Stabtheorie und Querschnittswerte
4	Spannungsnachweise
5	Plastische Querschnittstragfähigkeit
6	Stabilitätsnachweise für Bauteile
7	Theorie II. Ordnung mit Imperfektionen
8	Bemessung und Konstruktion von Verbindungen
9	Verbindungen mit Schrauben
10	Verbindungen mit Schweißnähten
11	Statische Berechnungen für Stahlbauten
12	Tragfähigkeit und Stabilität – Nachweisverfahren (neu in der 6. Auflage)
13	Stabilitätsnachweise – Verständnis (neu in der 6. Auflage)
14	Tragfähigkeitsnachweise für Kranbahnträger (neu in der 6. Auflage)

### Kapitel 1 – Allgemeines

Nach der Einleitung und Erläuterungen zum Inhalt sind in den Abschnitten 1.3 bis 1.5 Vorschriften, Bezeichnungen und Hinweise zu Computerprogrammen 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: 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 dargestellt. 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 behandelt. 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 (Ersatzstabverfahren) zu führen sind. Da man dafür die Verzweigungslasten  $N_{cr}$  und  $M_{cr}$  benötigt, wird auf deren Ermittlung ausführlich eingegangen.

**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 werden.

**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.

### **Kapitel 12 – Tragfähigkeit und Stabilität – Nachweisverfahren**

In diesem Kapitel werden das Ersatzstabverfahren (s. Kapitel 6) und das Ersatzimperfectionsverfahren (s. Kapitel 7) mit Berechnungen nach der Fließzonentheorie und mit dem Verfahren SIGMA+ (neues Verfahren) verglichen. Anhand von Berechnungsbeispielen wird gezeigt, dass sich teilweise erhebliche Unterschiede bezüglich der Tragfähigkeit und im Hinblick auf den Arbeitsaufwand ergeben.

### **Kapitel 13 – Stabilitätsprobleme – Verständnis**

Da die klassischen Nachweisverfahren Black-Box-Verfahren sind, die schematisch angewendet werden müssen, wird in Kapitel 13 im Hinblick auf das Verständnis ausführlich erläutert, welche Auswirkungen Biegeknicken und Biegedrillknicken auf die Tragfähigkeit haben. Im Vordergrund stehen dabei Nachweise mit dem ingenieurmäßig verständlichen Verfahren SIGMA+ und mit rechnerisch genauen Berechnungen nach der Fließzonentheorie. Die Berechnungsbeispiele in Kapitel 13 zeigen, dass einige Nachweisverfahren für gewisse baustatische Systeme nur bedingt geeignet sind.

### **Kapitel 14 – Tragfähigkeitsnachweise für Kranbahnträger**

In Kapitel 14 wird die Tragfähigkeit von Kranbahnträgern bei Berücksichtigung des Biegedrillknickens ausführlich behandelt. Die in den Normen enthaltenen Verfahren werden gesichtet und bezüglich Aufwand und Genauigkeit beurteilt. Da im Hinblick auf die unterschiedlichen Anwendungsbereiche Defizite bestehen, wird das neu entwickelte Verfahren SIGMA+ für baupraktische Anwendungen empfohlen. Als Alternativen dazu werden modifizierte Ersatzstabverfahren und Ersatzimperfectionsverfahren vorgeschlagen. Kapitel 14 enthält sechs ausführliche Berechnungsbeispiele.

## **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 ergänzen sie. Die **EN 1993-1** ist wie folgt gegliedert:

- EN 1993-1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- EN 1993-1-2: Baulicher Brandschutz
- EN 1993-1-3: Kaltgeformte Bauteile und Bleche
- EN 1993-1-4: Nichtrostender Stahl
- EN 1993-1-5: Bauteile aus ebenen Blechen mit Beanspruchungen in der Blechebene
- EN 1993-1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalentragwerken
- EN 1993-1-7: Ergänzende Regeln zu ebenen Blechfeldern mit Querbelastung
- EN 1993-1-8: Bemessung und Konstruktion von Anschlüssen und Verbindungen
- EN 1993-1-9: Ermüdung
- EN 1993-1-10: Auswahl der Stahlsorten im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung
- EN 1993-1-11: Bemessung und Konstruktion von Tragwerken mit stählernen Zugelementen
- EN 1993-1-12: Zusätzliche Regeln zur Erweiterung von EN 1993 auf Stahlgüten bis 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 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 erfüllt werden. Im Übrigen wird auf die bautechnischen Bestimmungen der Bundesländer verwiesen.

## 1.4 Bezeichnungen

Die folgende Zusammenstellung enthält Bezeichnungen, die im vorliegenden Buch verwendet werden. 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
$\omega$	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
$v'$	Verdrehung um die z-Achse
$w'$	Verdrehung um die y-Achse
$\vartheta$	Verdrehung um die x-Achse
$\vartheta'$	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
$M_{\omega L}$	Lastwölbmoment

### 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	DIN EN 1993-1-1:
$M_x$	Torsionsmoment	T
$M_{xp}, M_{xs}$	primäres und sekundäres Torsionsmoment	$T_t, T_w$
$M_{\omega}$	Wölbmoment	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
$\sigma_v$	Vergleichsspannung

**Querschnittskennwerte (s. auch Tabelle 3.1)**

A	Fläche
$I_y, I_z$	Hauptträgheitsmomente
$I_\omega$	Wölbwiderstand
$I_T$	Torsionsträgheitsmoment
$W_y, W_z$	Widerstandsmomente
$S_y, S_z$	statische Momente
$i_M, r_y, r_z, r_\omega$	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
$\varepsilon$	Stabkennzahl für Biegeknicken
$\alpha_{cr}$	Verzweigungslastfaktor des Systems (Eigenwert)
$M_{cr,y}$	ideales Biegedrillknickmoment (Elastizitätstheorie, Eigenwert)
$\bar{\lambda}, \bar{\lambda}_{LT}$	bezogene Schlankheitsgrade
$\chi, \chi_{LT}$	Abminderungsfaktoren (LT: lateral torsional buckling)

**Werkstoffkennwerte (s. auch Bild 2.3 und Tabelle 2.1)**

E	Elastizitätsmodul
G	Schubmodul
$\nu$	Querkontraktion, Poisson'sche Zahl
$f_y$	Streckgrenze
$f_u$	Zugfestigkeit
$\varepsilon_u$	Bruchdehnung

**Teilsicherheitsbeiwerte (s. auch Tabelle 2.9)**

$\gamma_M$	Beiwert für die Widerstandsgrößen ( <b>material</b> )
$\gamma_F$	Beiwert für die Einwirkungen ( <b>force</b> )

**Geschraubte Verbindungen (s. auch Tabelle 9.2 sowie 9.6 bis 9.10)**

$d_0$	Lochdurchmesser
$d$	Schaftdurchmesser
$\Delta d$	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
$\alpha_v$	Beiwert zur Ermittlung von $F_{v,Rd}$
$\tau_{a,Rd}$	Grenzs Schubspannung
$F_{b,Ed}$	Lochleibungskraft
$F_{b,Rd}$	Grenzlochleibungskraft
$k_1, \alpha_b$	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 bei Gebrauchstauglichkeit
$\mu$	Reibungszahl
$F_{p,C}$	Vorspannkraft
Index b:	Schrauben, Niete, Bolzen ( <b>bolt</b> )

**Geschweißte Verbindungen (s. auch Bilder 10.5 und 10.8)**

$\sigma_{  }$	<b>Normalspannung in Richtung</b> der Schweißnaht
$\tau_{  }$	<b>Schubspannung in Richtung</b> der Schweißnaht
$\sigma_{\perp}$	<b>Normalspannung senkrecht</b> zur Schweißnahtlänge
$\tau_{\perp}$	<b>Schubspannung senkrecht</b> zur Schweißnahtlänge
$f_{vw,d}$	Bemessungswert der Scherfestigkeit der Schweißnaht
$\beta_w$	Korrelationsbeiwert für Kehlnähte
$a$	rechnerische Schweißnahtdicke
$A_w$	rechnerische Schweißnahtfläche
Index w:	Schweißen ( <b>welding</b> )

## 1.5 Downloads

Auf [www.kindmann.de](http://www.kindmann.de) wird Folgendes zum kostenlosen Download zur Verfügung gestellt:

- Buch „Kindmann/Frickel: Elastische und plastische Querschnittstragfähigkeit“ [21]. Das Buch enthält zahlreiche weiterführende Informationen, insbesondere zur Querschnittstragfähigkeit und zum Teilschnittgrößenverfahren (TSV).
- EDV-Programm FE-STAB-FZ  
Das Programm kann für die Berechnungen nach der Fließzonentheorie verwendet werden, s. Kapitel 12, 13 und 14.
- RUBSTAHL-Programme, Abschnitt 1.6

Auf [www.cticm.com](http://www.cticm.com) werden die Programme LTBeam (Biegedrillknicken von Trägern) und EBPlate (Plattenbeulen) zum kostenlosen Download zur Verfügung gestellt. Mit EBPlate können nicht nur die Beulwerte berechnet werden, sondern auch Beulflächen für mehrere Eigenwerte im Hinblick auf Gesamtfeldbeulen optisch ausgewertet werden.

Alle Dissertationen, die am Bochumer Stahlbaulehrstuhl zwischen 2005 und 2016 entstanden sind (1. Bericht R. Kindmann), stehen zum kostenlosen Download auf [www.rub.de/Stahlbau](http://www.rub.de/Stahlbau) zur Verfügung:

- Dominik Jonczyk (2016): Plastische Grenztragfähigkeit von Hohlprofilen und Kastenquerschnitten
- Manfred Käismaier (2015): Tragverhalten und Tragfähigkeiten von stabilitätsgefährdeten Trägern und Stützen bei kombinierter Beanspruchung
- Rebekka Ebel (2014): Systemabhängiges Tragverhalten und Tragfähigkeiten stabilitätsgefährdeter Stahlträger unter einachsiger Biegebeanspruchung
- Christian Ludwig (2013): Plastische Querschnittstragfähigkeit von doppelsymmetrischen I-Querschnitten – Tragfähigkeitsbedingungen, Genauigkeit, Nebeneffekte
- Jan Vette (2011): Tragverhalten von Stabanschlüssen und Fachwerkknoten mit ausgeschnittenen Knotenblechen
- Tobias Block (2010): Verdrehwiderstände bewehrter Elastomerlager
- Andreas Wöllhardt (2009): Tragmodelle für offene und geschlossene Stahlprofile im Einspannbereich von Stahlbetonkonstruktionen
- Alexandra Wehnert-Brigdar (2009): Zum Tragverhalten im Grundriss gekrümmter Verbundträger
- Judith Beier-Tertel (2008): Geometrische Ersatzimperfectionen für Tragfähigkeitsnachweise zum Biegedrillknicken von Trägern aus Walzprofilen

- Christian Wolf (2006): Tragfähigkeit von Stäben aus Baustahl – Nichtlineares Tragverhalten, Stabilität, Nachweisverfahren
- Frank Ensslen (2005): Zum Tragverhalten von Verbund-Sicherheitsglas unter Berücksichtigung der Alterung der Polyvinylbutyral-Folie
- Selcuk Güres (2005): Zum Tragverhalten von Ankerschienenbefestigungen unter nichtruhenden Beanspruchungen
- Aristidis Iliopoulos (2005): Zur rechnerischen Berücksichtigung des Kriechens und Schwindens des Betons bei Verbundträgern
- Matthias Kraus (2005): Computerorientierte Berechnungsmethoden für beliebige Stabquerschnitte des Stahlbaus

## 1.6 Computerprogramme

Aus didaktischen Gründen sind vom Lehrstuhl für Stahl-, Holz- und Leichtbau der Ruhr-Universität Bochum zwischen 1995 und 2014 die

**RUBSTAHL – Lehr- und Lernprogramme für Studium und Weiterbildung** entwickelt worden. Für folgende Anwendungsbereiche stehen Programme zur Verfügung:

- Ermittlung von Schnittgrößen (Stäbe, Rahmen, Fachwerke)
- Berechnung von Verzweigungslasten und Eigenformen (Knickbiegelinien) für Biegeknicken, Biegedrillknicken und Plattenbeulen
- Berechnung von Querschnittswerten und Spannungsermittlung
- Plastische Querschnittstragfähigkeit
- Tragfähigkeitsnachweise für geschraubte und geschweißte Verbindungen

Bei vielen Aufgabenstellungen erleichtern die Programme die Durchführung der Berechnungen und Nachweise erheblich. Die Programme FE-STAB und FE-Rahmen werden für Systemberechnungen zur Stabilität und nach Theorie II. Ordnung benötigt. Mit FE-Beulen können Beulwerte und Beulflächen ermittelt werden. Darüber hinaus wurden im Rahmen des Buches auch folgende Programme häufig verwendet:

QST-TSV-I (2002), QST-TSV-3Blech, QST-I-plastisch (2014), BDK-Nachweise EC3, QSW-Bleche, QSW-I-geschweißt

Nähere Informationen finden sich unter [www.kindmann.de](http://www.kindmann.de). Die Programme können auch für Berechnungen in der Baupraxis verwendet werden. Es wird keinerlei Haftung übernommen, die Verwendung der Programme erfolgt auf eigene Verantwortung der Nutzer.