

**Thiele / Lohse**

# **Stahlbau**

## **Teil 1**

Bearbeitet von Dr.-Ing. Wolfram Lohse  
Professor an der Fachhochschule Aachen

23., überarbeitete Auflage  
Mit 285 Bildern, 64 Tafeln und 71 Beispielen



**B. G. Teubner Stuttgart 1997**

---

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

**Thiele, Albrecht:**

Stahlbau / Thiele/Lohse. Bearb. Von Wolfram Lohse.– Stuttgart :  
Teubner

früher u.d.T.: Buchenau, Heinz: Stahlhochbau

Teil 1. Mit 64 Tafeln und 71 Beispielen. – 23., überarb. u. erw.

Aufl. – 1997

ISBN 978-3-322-93991-3

ISBN 978-3-322-93990-6 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-322-93990-6

---

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt besonders für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

© B. G. Teubner Stuttgart 1997

Softcover reprint of the hardcover 23rd edition 1997

Umschlaggestaltung: Peter Pfitz, Stuttgart

## Vorwort

Die Vorzüge der Stahlbauweise beruhen auf den hochwertigen und in gleichmäßiger Güte gewährleisteten Eigenschaften des Werkstoffes sowie der sorgfältig überwachten Herstellung der Stahlkonstruktionen in Werkshallen bei stets gleichbleibenden Arbeitsbedingungen. Mit modernen Betriebseinrichtungen werden die Stahlbauteile in großen, transportfähigen Einheiten gefertigt und auf der Montagestelle in kurzer Zeit und bei nahezu jeder Witterung zum Bauwerk zusammengefügt. Die Stahlbauweise bietet dem Ingenieur und dem Architekten die Möglichkeit, für seine Bauaufgabe eine leichte und elegante Lösung zu finden, wobei nachträgliche Veränderungen wie Verstärkungen und Umbauten möglich sind. Die Wiederverwertbarkeit bei der Stahlerzeugung zeichnet diesen Werkstoff als besonders umweltfreundlichen Baustoff aus.

Diese Vorzüge haben der Stahlbauweise ein breit gestreutes Anwendungsgebiet erschlossen, das vom Stahlhochbau mit Kran- und Stahlleichtbau über den Stahlbrückenbau, Stahlwasserbau, Stahlbehälterbau bis hin zum Einsatz des Stahlbaus für Baugeräte reicht.

Mit dem Erscheinen der Stahlbaugrundnormen DIN 18800-1 bis -4 im November 1990 wurde eine über zehnjährige Entwicklungsarbeit abgeschlossen, die der modernen Stahlbautechnik sowie dem theoretischen Erkenntnisstand Rechnung trägt und sich in das Europäische Normenkonzept (Eurocodes) nahtlos einfügt. Auch wurden die 1981 verabschiedeten „Grundlagen zur Festlegung von Sicherheitsanforderungen für bauliche Anlagen“ konsequent beachtet, womit ein Verlassen des bisherigen „zul  $\sigma$  -Konzepts“ notwendig war.

Mit der 22. Auflage des Teils 1 des zweibändigen Lehrbuchs wurde die Umstellung auf das neue Normenkonzept vollzogen. Bei der damaligen Neufassung habe ich mich bemüht, den bewährten Aufbau und Stil des Buches zu bewahren und den Zweck der Darstellung, besonders die praktische Anwendung der Stahlbautechnik zu fördern, abermals zu erfüllen. Es erschien es mir auch geboten, auf die theoretischen Hintergründe des Normenwerkes intensiver als bisher einzugehen, da die Verwandtschaft zu den klassischen Lehren der Mechanik, Festigkeitslehre und Stabilitätstheorie in den „Nachweisformaten“ nicht mehr so deutlich wird.

Wegen der erfreulicherweise sehr regen Nachfrage nach dem Werk wurde eine Neuauflage des Teils 1 bereits nach  $3\frac{1}{2}$  Jahren erforderlich. Diese Gelegenheit habe ich zunächst genutzt, die in der 22. Auflage entdeckten Schreib- und Rechenfehler zu beseitigen und die durch die „Anpassungsrichtlinien“ ([28], [29]) bedingten Ergänzungen einzuarbeiten. An dieser Stelle möchte ich mich für die zahlreichen Hinweise, Anregungen und sachliche Kritik seitens der Fachkollegen ganz herzlich bedanken.

Darüberhinaus war es notwendig, den Abschnitt 1.1 (Werkstoffe) dem aktuellen technischen Stand anzupassen und dabei gleichzeitig die neuen Normen für die Werkstoffe einzuarbeiten. Bei den Stählen werden jedoch auch noch jene Bezeichnungen berücksichtigt, wie sie in den Berechnungsnormen verwendet werden.

Der vorliegende Teil 1 beginnt mit den Grundlagen (Werkstoffe, Ausführung und Schutz der Stahlbauten), dem Kalkulationswesen und der Anwendung der DV im Stahlbau. Es schließen sich die Berechnungen der Schrauben- und Schweißnahtverbindungen an.

Beim Nachweis von Druckstäben fordert das neue Regelwerk ausdrücklich neben den Nachweisen für Biegeknicken immer auch einen Tragsicherheitsnachweis für ein räumliches Versagen (Biegedrillknicken); dieser Nachweis wird an einem aus dem Tragwerk herausgelösten Stabzug (Ersatzstab) geführt. Für das Biegeknicken stehen Ersatzstabnachweise neben den genaueren Verfahren nach Theorie II. Ordnung (elastisch oder plastisch) zur Verfügung. Diese Theorie wird ausführlicher dargestellt und durch Beispiele erläutert.

Die Behandlung der Stützen und des Trägerbaus mit Walzprofilen schließen den Teil 1 ab.

Im Anhang schließlich sind zum besseren Verständnis die beiden Regelwerke (alt-neu) in Kurzform nochmals einander gegenübergestellt. Des weiteren sind zu den Stabilitätsnachweisen Ablaufdiagramme für die praktische Arbeit aufbereitet. Der Anhang enthält auch einige wichtige Tafeln nach dem „alten“ Regelwerk, das fallweise anzuwenden ist.

Im parallel in 18. Auflage erschienenen Teil 2 des Werkes werden in konsequenter Fortführung zunächst die geschweißten Blechträger mit der Beultheorie ebener Rechteckplatten, die Fachwerkträger aus offenen und geschlossenen Profilen – letztere nach Eurocode 3 – und die Kranbahnträger behandelt. Der Dauer- und Betriebsfestigkeit (auch nach Eurocode 3) wurde ein eigenes Kapitel gewidmet. Bei den Rahmentragwerken habe ich besonderen Wert gelegt auf die Anwendung der Theorie II. Ordnung sowie auf die Fließgelenktheorie (I. und II. Ordnung). Auch werden die Rahmenecken (rippenlos nach Eurocode 3) ausführlich behandelt. Im Kapitel über Tragelemente mit dünnwandigen Querschnittsteilen wird auf Druckstäbe und Schubfeldträger (nach DAST-Ri 015) eingegangen. Der Teil 2 schließt ab mit dem Verbundbau (Träger und Stützen) nach Eurocode 4.

Für die reibungslose und erfreuliche Zusammenarbeit mit dem Verlag bin ich ihm zu Dank verpflichtet. Ferner danke ich auch den Fachkollegen und meinen studentischen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die mich bei der Neubearbeitung beider Teile unterstützten.

Es wird mich freuen, wenn die Fachwelt ihr Interesse an diesem Werk durch Anregungen und Hinweise abermals bekundet.

Aachen, im Frühjahr 1997

W. Lohse

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Werkstoffe, Ausführung und Schutz der Stahlbauten</b>	
1.1	Werkstoff Eisen und Stahl . . . . .	9
1.1.1	Arten der Eisenwerkstoffe . . . . .	9
1.1.1.1	Roheisen und Gußeisen – 1.1.1.2 Stahl	
1.1.2	Eigenschaften der Baustähle . . . . .	13
1.1.2.1	Werkstoffkennwerte – 1.1.2.2 Schweißseignung	
1.1.3	Werkstoffprüfung . . . . .	15
1.2	Walzerzeugnisse . . . . .	18
1.2.1	Form-, Stab- und Breitflachstahl . . . . .	18
1.2.2	Bleche . . . . .	19
1.2.3	Hohlprofile . . . . .	20
1.2.4	Kaltprofile . . . . .	20
1.3	Ausführung der Stahlbauten . . . . .	21
1.3.1	Zeichnerische Darstellung von Stahlbau-Konstruktionen . . . . .	21
1.3.2	Werkstatarbeiten, Gewichtsberechnung und Abrechnung . . . . .	23
1.3.3	Montage . . . . .	26
1.3.4	Kalkulation im Stahlbau . . . . .	27
1.3.5	EDV im Stahlbau . . . . .	29
1.4	Korrosionsschutz . . . . .	31
1.4.1	Allgemeines . . . . .	31
1.4.2	Vorbereitung der Oberflächen . . . . .	32
1.4.3	Beschichtungen . . . . .	33
1.4.4	Metallüberzüge und anorganische Beschichtungen . . . . .	34
1.4.5	Verwendung legierter Stahlsorten . . . . .	35
1.4.6	Konstruktiver Korrosionsschutz . . . . .	36
1.5	Brandschutz . . . . .	36
1.5.1	Allgemeines . . . . .	36
1.5.2	Brandschutzmaßnahmen . . . . .	37
<b>2</b>	<b>Berechnung der Stahlbauten</b>	
2.1	Einwirkungen und Beanspruchungen . . . . .	40
2.2	Widerstände, Grenzzustände und Beanspruchbarkeiten . . . . .	42
2.3	Tragsicherheitsnachweis, Nachweisverfahren . . . . .	44
2.4	Allgemeine Regeln . . . . .	45
2.4.1	Lochschwächung, Schlupf, Tragwerksverformungen, Außermittig- keiten . . . . .	45
2.4.2	Geometrische Imperfektionen von Stabwerken . . . . .	46
2.5	Tragsicherheitsnachweise nach dem Verfahren Elastisch-Elastisch . . . . .	48
2.5.1	Spannungsnachweise . . . . .	49
2.5.2	Nachweis ausreichender Bauteildicken . . . . .	51
2.6	Nachweis der Lagesicherheit . . . . .	53
2.7	Gebrauchstauglichkeitsnachweis . . . . .	56
2.8	Nachweis der Dauerhaftigkeit . . . . .	58

<b>3</b>	<b>Verbindungstechnik</b>	
3.1	Schraubenverbindungen . . . . .	59
3.1.1	Schraubenarten und Ausführungsformen von Schraubenverbindungen .	59
3.1.2	Anordnung der Schrauben, Schraubenabstände, Schraubensymbole .	65
3.1.3	Beanspruchungen und Beanspruchbarkeit von Schrauben (Nieten, Bolzen) . . . . .	68
	3.1.3.1 Wirkungsweise der Schrauben – 3.1.3.2 Grenztragfähigkeiten der Schrauben – 3.1.3.3 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit bei GV- und GVP-Verbindungen	
3.1.4	Berechnung von Schrauben-Anschlüssen und -Verbindungen . . . .	78
	3.1.4.1 Anschlüsse mit mittiger Krafteinleitung – 3.1.4.2 Verbindungen mit Beanspruchung durch Biegemomente – 3.1.4.3 Anschlüsse mit zugbeanspruchten Schrauben	
3.2	Schweißverbindungen . . . . .	99
3.2.1	Schweißverfahren, Zusatzwerkstoffe und Schweißvorgang . . . . .	100
3.2.2	Stoßarten, Form und Abmessungen der Schweißnähte . . . . .	104
3.2.3	Wahl der Werkstoffe, schweißgerechtes Konstruieren . . . . .	114
3.2.4	Sicherung der Güte von Schweißarbeiten. . . . .	117
3.2.5	Berechnung und Ausführung von Schweißverbindungen . . . . .	118
	3.2.5.1 Berechnungs- und Ausführungsvorschriften –	
	3.2.5.2 Beispiele	
3.3	Augenstäbe und Bolzengelenke . . . . .	134
3.4	Keilverbindungen und Spanschlösser . . . . .	138
<b>4</b>	<b>Zugstäbe</b>	
4.1	Querschnittswahl. . . . .	139
4.2	Bemessung und Spannungsnachweis. . . . .	140
4.3	Anschlüsse. . . . .	141
4.4	Stöße. . . . .	145
<b>5</b>	<b>Hochfeste Zugglieder</b>	
5.1	Materialien und Bauarten . . . . .	153
5.2	Grundlagen der Berechnung . . . . .	154
5.3	Verankerungen und Umlenkler . . . . .	157
<b>6</b>	<b>Druckstäbe, Knicken von Stäben und Stabwerken</b>	
6.1	Querschnitte der Druckstäbe . . . . .	159
6.2	Einführung in die Stabilitätstheorie. . . . .	160
6.2.1	Entwicklung der Knickvorschriften . . . . .	160
6.2.2	Grundlagen der Tragsicherheitsnachweise nach DIN 18800-2 . . . .	161
	6.2.2.1 Nachweisverfahren – 6.2.2.2 Einfluß der Verformungen, Abgrenzungskriterien – 6.2.2.3 Plastische Grenzschnittgrößen – 6.2.2.4 Imperfektionen	
6.2.3	Knicklänge. . . . .	168

6.3	Tragsicherheitsnachweise für einteilige Stäbe nach dem Ersatzstabverfahren . . . . .	171
6.3.1	Allgemeine Regelungen . . . . .	171
6.3.2	Planmäßig mittiger Druck ( $N$ ) . . . . .	175
6.3.3	Einachsige Biegung mit Normalkraft ( $N, M$ ) . . . . .	179
	6.3.3.1 Grundlagen der Ersatzstabnachweise (Biegeknicken) –	
	6.3.3.2 Biegeknicken – 6.3.3.3 Biegedrillknicknachweis	
6.3.4	Zweiachsige Biegung mit Normalkraft ( $N, M_y, M_x$ ) . . . . .	191
	6.3.4.1 Biegeknicken – 6.3.4.2 Biegedrillknicken	
6.4	Tragsicherheitsnachweise für mehrteilige, einfeldrige Stäbe . . . . .	194
6.4.1	Ausweichen rechtwinklig zur Stoffachse . . . . .	195
6.4.2	Ausweichen rechtwinklig zur stofffreien Achse . . . . .	196
	6.4.2.1 Nachweis der Einzelstäbe bei Gitter- und Rahmenstäben –	
	6.4.2.2 Nachweis der Einzelfelder von Rahmenstäben –	
	6.4.2.3 Nachweis der Bindebleche	
6.4.3	Mehrteilige Rahmenstäbe mit geringer Spreizung . . . . .	200
6.4.4	Berechnungsbeispiele . . . . .	201
6.5	Tragsicherheitsnachweise für Stäbe und Stabwerke nach Theorie II. Ordnung (Biegeknicken) . . . . .	207
6.6	Anschlüsse und Stöße . . . . .	214
<b>7</b>	<b>Stützen</b>	
7.1	Allgemeines, Vorschriften . . . . .	216
7.2	Stützenquerschnitte . . . . .	217
7.3	Konstruktive Durchbildung . . . . .	219
7.3.1	Stützenfüße . . . . .	219
	7.3.1.1 Unversteifte Fußplatte – 7.3.1.2 Trägerrost –	
	7.3.1.3 Stützenfüße mit ausgesteifter Fußplatte – 7.3.1.4 Einge-	
	spannte Stützenfüße – 7.3.1.5 Stützenverankerung	
7.3.2	Stützenkopf . . . . .	242
7.3.3	Stützenstöße . . . . .	247
	7.3.3.1 Der Kontaktstoß – 7.3.3.2 Der Vollstoß	
7.3.4	Trägeranschlüsse . . . . .	251
<b>8</b>	<b>Trägerbau</b>	
8.1	Allgemeines . . . . .	255
8.2	Bemessung und Berechnung vollwandiger Träger (Walzträger) . . . . .	258
8.2.1	Allgemeine Berechnungsgrundlagen und Nachweise . . . . .	258
8.2.2	Biegedrillknicken (Kippen) biegebeanspruchter Träger ( $M_y, N = 0$ ) . . . . .	259
	8.2.2.1 Allgemeines – 8.2.2.2 Behinderung der seitlichen Ver-	
	schiebung und der Verdrehung – 8.2.2.3 Vereinfachter Kippnach-	
	weis für Träger mit seitlicher Stützung – 8.2.2.4 Biegedrillknick-	
	nachweis	
8.2.3	Fließgelenktheorie . . . . .	267

	8.2.3.1 Vollplastische Schnittgrößen –	
	8.2.3.2 Plastische Schnittgrößen (Interaktionsbeziehungen) bei kombinierter Beanspruchung –	
	8.2.3.3 Plastische Grenztragfähigkeit statisch unbestimmter, biegebeanspruchter Systeme –	
	8.2.3.4 Nachweis ausreichender Bauteildicken –	
	8.2.3.5 Materialverfestigung –	
	8.2.3.6 Ungeeignete Systeme	
8.3	Trägersysteme . . . . .	280
8.3.1	Einfeldträger . . . . .	280
8.3.2	Durchlaufträger . . . . .	282
	8.3.2.1 Berechnung nach der Elastizitätstheorie (Elastisch-Elastisch, Elastisch-Plastisch) –	
	8.3.2.2 Berechnung nach der Fließgelenktheorie (Plastisch-Plastisch)	
8.3.3	Gelenkträger . . . . .	290
8.4	Konstruktive Durchbildung . . . . .	291
8.4.1	Trägerauflagerungen . . . . .	291
	8.4.1.1 Auflagerung in Wänden –	
	8.4.1.2 Rippenlose Kraft-einteilungen	
8.4.2	Trägeranschlüsse . . . . .	301
	8.4.2.1 Querkraftbeanspruchte, gelenkige Anschlüsse –	
	8.4.2.2 Biegesteife Anschlüsse	
8.4.3	Trägerstöße . . . . .	321
8.4.4	Besonderheiten . . . . .	322
<b>9</b>	<b>Literatur</b> . . . . .	<b>324</b>
<b>10</b>	<b>Anhang</b> . . . . .	<b>325</b>
<b>11</b>	<b>Formeln und Begriffe nach DIN 18800-1 und -2</b> . . . . .	<b>338</b>
	<b>Sachverzeichnis</b> . . . . .	<b>340</b>

Hinweise auf DIN-Normen in diesem Werk entsprechen dem Stand der Normung bei Abschluß des Manuskripts. Maßgebend sind die jeweils neuesten Ausgaben der Normblätter des DIN Deutsches Institut für Normung e. V. im Format A 4, die durch den Beuth-Verlag GmbH, Berlin und Köln, zu beziehen sind. – Sinngemäß gilt das gleiche für alle in diesem Buch angezogenen amtlichen Richtlinien, Bestimmungen, Verordnungen usw.