



bauforumstahl (Hrsg.)

R. Siebers | A. Malkwitz | M. Helmus | A. Meins-Becker

Baubetrieb im Stahlbau

Beuth

 bauforumstahl

Baubetrieb im Stahlbau

(Leerseite)

Raban Siebers
Alexander Malkwitz
Manfred Helmus
Anica Meins-Becker

Baubetrieb im Stahlbau

1. Auflage 2018

Herausgeber:
bauforumstahl e.V.

Beuth Verlag GmbH · Berlin · Wien · Zürich

Herausgeber: bauforumstahl e.V.

© 2018 Beuth Verlag GmbH

Berlin · Wien · Zürich

Am DIN-Platz

Burggrafenstraße 6

10787 Berlin

Telefon: +49 30 2601-0

Telefax: +49 30 2601-1260

Internet: www.beuth.de

E-Mail: kundenservice@beuth.de

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheberrechts ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in elektronische Systeme.

Die im Werk enthaltenen Inhalte wurden von Verfasser und Verlag sorgfältig erarbeitet und geprüft. Eine Gewährleistung für die Richtigkeit des Inhalts wird gleichwohl nicht übernommen. Der Verlag haftet nur für Schäden, die auf Vorsatz oder grobe Fahrlässigkeit seitens des Verlages zurückzuführen sind. Im Übrigen ist die Haftung ausgeschlossen.

© für DIN-Normen DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin

Titelbild: © bauforumstahl

Satz: B & B Fachübersetzergesellschaft mbH, Berlin

Druck: COLONEL, Kraków

Gedruckt auf säurefreiem, alterungsbeständigem Papier nach DIN EN ISO 9706

ISBN 978-3-410-23587-2

ISBN (E-Book) 978-3-410-23588-0

Autorenliste

Bartholomé, Georg

Universität Duisburg-Essen
Institut Baubetrieb und Baumanagement

Dennig, Dirk

Leibniz Universität Hannover
Geodätisches Institut (GIH)

Ehlers, Johann

Universität Duisburg-Essen
Institut Baubetrieb und Baumanagement

Fischer, Diana

Ingenieurbüro Fischer

Gabler, Markus

Arup Deutschland GmbH

Gies, Joachim

Ehemals Goldbeck

Glinde, Holger

Industrieverband Feuerverzinken e. V.

Großer-Arnault, Rasa

Bergische Universität Wuppertal
Lehr- und Forschungsgebiet Baubetrieb
und Bauwirtschaft

Hauke, Bernhard

bauforumstahl

Heinrich, Roland

Goldbeck Bauelemente Treuen GmbH

Huhn, Michael

Huhn EDV Beratung

Jungbluth, Dominik

Universität Duisburg-Essen
Institut für Metall- und Leichtbau

Kalle, Hans-Uwe

ArcelorMittal Commercial Long

Karl, Christian K.

Universität Duisburg-Essen
Lehr- und Forschungsbereich Bautechnik

Khorrami, Nahid

Bergische Universität Wuppertal
Lehr- und Forschungsgebiet Baubetrieb
und Bauwirtschaft

Korth, Jörg

Ehemals IMO Leipzig GmbH

Lange, Jörg

Technische Universität Darmstadt
Institut für Stahlbau und Werkstoff-
mechanik

Laußat, Lars

Bergische Universität Wuppertal
Lehr- und Forschungsgebiet Baubetrieb
und Bauwirtschaft

Machura, Gregor

bauforumstahl

Malkwitz, Alexander

Universität Duisburg-Essen
Institut Baubetrieb und Baumanagement

Nicolai, Oliver

Bundesverband Korrosionsschutz e. V.

Perau, Eugen

Universität Duisburg-Essen
Fachgebiet Geotechnik

Quellmelz, Friedrich

Beton- und Monierbau GmbH

Rosengarten, Martin

IMO Leipzig GmbH

Schröter, Falko

EUROPIPE GmbH
Ehemals AG der Dillinger Hüttenwerke

Siebers, Raban

bauforumstahl

Spengler, Arnim J.

Universität Duisburg-Essen
Institut Baubetrieb und Baumanagement

Stahl, Heiner

Massenberg GmbH

Stranghöner, Natalie

Universität Duisburg-Essen
Institut für Metall- und Leichtbau

Suppan, Philipp

Franz Dietrich GmbH

Thesing, André

Universität Duisburg-Essen
Institut Baubetrieb und Baumanagement

Wendler, Rolf

Stahlwerk Thüringen GmbH

Vorwort

Die Abläufe beim Bauen mit Stahl unterscheiden sich teils erheblich zum Bauen mit anderen Baustoffen und resultieren in unterschiedliche Anforderungen an die baubetrieblichen Aspekte bei Stahlbauprojekten. Allerdings gibt es im Vergleich zu anderen Bauweisen nur sehr wenig Baubetriebsliteratur für den Stahlbau. Die gesamte Ausrichtung des universitären Baubetriebscurriculums ist auch deshalb stark auf Massivbau und Erdbau fokussiert. Durch die wachsende Bedeutung des nachhaltigen Bauens steigt aber die Marktrelevanz der ressourceneffizienten, auf moderner Vorfertigung beruhenden Stahlbauweise weiter. Keine andere Bauweise bringt derartige Vorteile für den Bauprozess, für Bauherren und die Umwelt. Stahl bringt durch große stützenfreie Spannweiten enorme Vorteile für die Nutzung von Gebäuden im Lebenszyklus und auch am Ende der wirtschaftlichen Lebensdauer wird durch Wiederverwendung bzw. 100%iges Materialrecycling noch ein geldwerter Vorteil erzielt, Abfall vermieden und Umweltbelastungen gemindert. Es war daher offensichtlich, dass für die Prozesse und Verfahren des Bauens mit Stahl ein Grundlagenwerk und eine gesamthafte auf den Baustoff Stahl fokussierte Abhandlung sinnvoll und notwendig ist. Dies ist die Grundmotivation für das vorliegende Buch „Baubetrieb im Stahlbau“. In Zusammenarbeit von bauforumstahl mit dem Lehr- und Forschungsgebiet Baubetrieb und Bauwirtschaft der Bergischen Universität Wuppertal und dem Institut für Baubetrieb und Baumanagement der Universität Duisburg-Essen konnten zahlreiche Autoren für diese umfassende Zusammenstellung aller in der Wertschöpfungskette Stahlbau relevanten Themen gewonnen werden. Das Buch richtet sich insbesondere an projektplanende und ausführende Ingenieure und Architekten wie Projektleiter, Bauleiter, Kalkulatoren, Arbeitsvorbereiter, Bauüberwacher oder Projektsteuerer sowie an die Studierenden des Bauingenieurwesens und speziell des Baubetriebes. Es bildet eine gute Wissensgrundlage und dient als Nachschlagewerk für viele Fragen des Bauens mit Stahl speziell, aber nicht nur für den baubetrieblichen Bereich. An dieser Stelle möchte ich einen herzlichen Dank an alle Autoren aussprechen. Zum einen sind dies Mitglieder aus allen Bereichen unseres Dachverbandes: Stahlhersteller, Stahlhandel, der Deutsche Stahlbau-Verband, der Industrieverband Feuerverzinken und die Interessengemeinschaft für Stahl-Brandschutzbeschichtungen. Zum anderen konnten wir auf unser Netzwerk an Hochschulen, Ingenieurbüros sowie IT-Firmen zurückgreifen, um Autoren zu gewinnen, und waren damit in der Lage, einen erheblichen Erfahrungsschatz in dieses Werk einzubauen und die einzelnen Teilbereiche des Bauens mit Stahl kompetent und mit dem notwendigen Praxisbezug darzustellen.

Dr. Bernhard Hauke
bauforumstahl
Düsseldorf, Dezember 2017

Autorenverzeichnis

Kapitel	Bearbeiter
1	Alexander Malkwitz
2	
2.1–2.2	Gregor Machura, Raban Siebers
2.3	Jörg Lange
2.4	Eugen Perau, Hans-Uwe Kalle
3	
3.1–3.4	Georg Bartholomé, Friedrich Quellmelz, André Thesing
3.5	Falko Schröter, Rolf Wendler
4	Rasa Großer-Arnault
5	Rasa Großer-Arnault
6	Lars Laußat
7	Johann Ehlers, Raban Siebers
8	
8.1	Roland Heinrich
8.2	Holger Glinde
8.3	Oliver Nicolai, Heiner Stahl, Philipp Suppan
8.4	Joachim Gies
8.5	Diana Fischer
8.6	Gregor Machura
8.7	Natalie Stranghöner, Dominik Jungbluth
8.8	Roland Heinrich
9	
9.1–9.5	Raban Siebers, Martin Rosengarten, Jörg Korth
9.6	Markus Gabler
9.7	Jörg Lange
9.8	Dirk Dennig
10	
10.1	Natalie Stranghöner
10.2	Gregor Machura
10.3	Oliver Nicolai, Heiner Stahl, Philipp Suppan
10.4	Holger Glinde
10.5	Diana Fischer
11	
11.1–11.1.3	Gregor Machura
11.1.4	Diana Fischer
11.2–11.2.4	Gregor Machura
11.2.5	Diana Fischer
12	Nahid Khorrami
13	Christian K. Karl, Arnim J. Spengler, Michael Huhn

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
	Literatur.....	3
2	Der Baustoff Stahl und seine Anwendungsgebiete	4
2.1	Stahlherstellung und Werkstoffe für den Stahlbau	4
2.1.1	Klassifizierung der Baustähle	4
2.1.2	Belastbarkeit von Stahl	6
2.1.3	Verarbeitung	10
2.1.4	Wirtschaftlichkeit	10
2.1.5	Nachhaltigkeit	10
2.2	Fertigerzeugnisse für den Stahlbau	11
2.2.1	Lieferformen des Stahls	11
2.3	Stahl im Hochbau – Stahlverbundbau	13
2.3.1	Bauhöhe	13
2.3.2	Spannweite	15
2.3.3	Bauzeit	17
2.3.4	Transparenz	17
2.3.5	Geringes Eigengewicht	19
2.3.6	Industrielle Vorfertigung	20
2.3.7	Präzision der Fügung	20
2.3.8	Demontage und Recycling	20
2.4	Stahl im Erd- und Grundbau	21
2.4.1	Stahlspundwände	22
2.4.2	Lieferformen und Rammelemente	23
2.4.3	Einbringen von Stahlspundwänden	24
2.4.4	Beanspruchung und Bemessung von Stahlspundwänden	25
2.4.5	Besondere Stahlwandkonstruktionen/Stahlträger für Verbauwände	25
2.4.6	Verankerungen von Stahlspundwänden/Stahlzugelementen	26
	Literatur.....	28
3	Ausschreibung, Vergabe, Abrechnung und Kalkulation	30
3.1	Ausschreibung	30
3.1.1	Bekanntmachung einer Ausschreibung	31
3.1.2	Ausschreibungsunterlagen	31
3.2	Vergabe	31
3.2.1	Vergabearten	31
3.2.2	Vergabeformen	32
3.2.3	Elektronische Vergabe	33
3.2.4	Vergabe- und Vertragsunterlagen	33

3.3	Abrechnung	36
3.3.1	Bestandteile der Abrechnung	37
3.3.2	Abrechnungseinheiten und Abrechnungsregeln	38
3.4	Kalkulation	42
3.4.1	Kostenbestandteile	42
3.4.2	Divisionskalkulation	44
3.4.3	Äquivalenzziffernkalkulation	44
3.4.4	Kalkulation mit vorbestimmten Zuschlägen (Zuschlagskalkulation)	44
3.4.5	Kalkulation über die Endsumme (Umlagekalkulation)	45
3.5	Die Stahlgüten bei der Materialbestellung	46
3.5.1	Aufbau einer Stahlbestellung	46
3.5.2	Erzeugnisnormen und Stahlgüten	48
3.5.3	Prüfbescheinigungen	49
3.5.4	Materialanforderungen aus DIN EN 1090	49
	Literatur.....	50
4	Der Bauvertrag	52
4.1	BGB	52
4.2	VOB	53
4.3	BGB und VOB	59
4.3.1	Unterschiede zwischen den Regelungen des BGB-Werkvertragsrechts und der VOB/B	60
	Literatur.....	62
5	Unternehmereinsatzformen – Verantwortung und Haftung	64
5.1	Alleinunternehmer	64
5.2	ARGE	64
5.3	Generalunternehmer	65
	Literatur.....	71
6	Ablauf- und Terminplanung	72
6.1	Grundlagen	72
6.1.1	Ablauf- und Terminplanung im Kontext der Bauvorbereitung	72
6.1.2	Zeitpunkt und Detaillierung der Ablauf- und Terminplanung	74
6.1.3	Herangehensweisen bei der Ablauf- und Terminplanung	74
6.1.4	Planung im Handlungsfeld von Kontrolle, Steuerung und Störungen	78
6.1.5	Koordination der Terminplanungen mehrerer Unternehmen	81
6.1.6	Ziele der Ablauf- und Terminplanung	82
6.1.7	Darstellungsformen für Ablauf- und Terminpläne	82
6.1.8	Verfahren bzw. Methoden der Ablauf- und Terminplanung	83
6.1.9	Randbedingungen und Annahmen bei der Ablauf- und Terminplanung	87
6.2	Unterschiede der Ablauf- und Terminplanung im Stahlbau von der konventionellen Bauablauf- und -terminplanung	90

6.3	Vorgehensmodell für die Ablauf- und Terminplanung im Stahlbau	91
6.3.1	Mögliche Schritte	91
6.3.2	Montage- und Logistik-gerechte Konstruktionsplanung	92
6.3.3	Ermitteln der Vorgaben über die zu erbringende Leistung	93
6.3.4	Grob-Mengenermittlung	93
6.3.5	Ermitteln der Vorgaben für das Erbringen der Leistung	93
6.3.6	Ermitteln der Bedingungen am Ort der Baustelle	94
6.3.7	Ermitteln der Abhängigkeiten von und zu Dritten	94
6.3.8	Entwickeln von Ideen zu Ausführungsalternativen	94
6.3.9	Definition der Ziele	95
6.3.10	Ermitteln der Bedingungen in der eigenen Verantwortungssphäre	96
6.3.11	Treffen von Annahmen und Vorentscheidungen	96
6.3.12	Erstellen eines Ablauf- und Terminkonzeptes	97
6.3.13	Erstellen einer Grobablauf- und -terminplanung	97
6.3.14	Erstellen verschiedener Ablaufpläne und Entscheidung für einen Ablauf	98
6.3.15	Festlegen, Dokumentieren und Vereinbaren eines Soll-Ablauf- und -Terminplans	99
6.3.16	Erstellen eines Hubfolgeplans	99
6.3.17	Einweisen der Funktionsbereiche Bauleitung und Ausführung	100
6.3.18	Zyklus aus Überwachung, Kontrolle, Steuerung und Anpassung	100
6.3.19	Dokumentation von Soll/Ist-Abweichungen	101
6.3.20	Nachbereitung eines Bauvorhabens: Ableiten von Kennwerten	101
6.4	Kennwerte für die Ablauf- und Terminplanung im Stahlbau	101
6.5	Ausblick: Digitalisierung der Planungs- und Kontrollprozesse	103
Literatur	103
7	Arbeitsvorbereitung	105
7.1	Elemente der Arbeitsvorbereitung	105
7.2	Planung der Baustelleneinrichtung	105
7.3	Material- und Zulieferlogistik	107
7.4	Elemente und Platzbedarf	109
7.5	Krane/Hebezeuge	111
7.5.1	Mobile Krane	111
7.5.2	Turmdrehkrane	112
7.5.3	Sonstige Krane	113
7.5.4	Entscheidungskriterien für den Kraneinsatz	113
7.6	Beispiel zu Transporten von Bauteilen und Einsatz von Mobilkranen	115
7.7	Hubarbeitsbühnen	117
7.8	Sonstige Geräte	117
7.8.1	Gerüste	117
7.8.2	Arbeitssitze	118
7.8.3	Kleingeräte/Werkzeuge	118

7.9	Einrichtungen und Maßnahmen außerhalb des Baugrundstücks	118
7.10	Checklisten	119
	Literatur.....	126
8	Fertigung	127
8.1	Aufbau einer Stahlbauwerkstatt	127
8.1.1	Strahlanlage	127
8.1.2	Profilzuschnitt	128
8.1.3	Blechzuschnitt	130
8.1.4	Zuschnitt Kleinteile	132
8.1.5	Zusammenbau	133
8.1.6	Schweißen	135
8.1.7	Roboter zum Brennen und Klinken von Profilen	136
8.1.8	Markieranlagen	139
8.1.9	Einsatz von Schweißrobotern	141
8.2	Korrosionsschutz durch Feuerverzinken	150
8.2.1	Das Verfahren	151
8.2.2	Regelwerke zum Stückverzinken	152
8.2.3	Eigenschaften einer Feuerverzinkung	153
8.2.4	Ausschreibung, Konstruktion, Fertigung	158
8.2.5	Anforderungen an den Werkstoff Stahl	158
8.2.6	Vorbereitung der Stahloberfläche	159
8.2.7	Badabmessungen, Stückgewichte	159
8.2.8	Sperrige Teile	160
8.2.9	Aufhängepunkte	161
8.2.10	Werkstoffdickenunterschiede	162
8.2.11	Überlappungen	163
8.2.12	Freischnitte und Durchflussöffnungen	164
8.2.13	Bohrungen/Passungen	164
8.2.14	Hohlprofile und Hohlbauteile	164
8.2.15	Schweißen vor dem Feuerverzinken	166
8.3	Korrosionsschutz durch (flüssige) Beschichtungssysteme	169
8.3.1	Spezifikation des Beschichtungssystems	170
8.3.2	Beschichtungsprozesse im Werk	170
8.3.3	Qualifikationsnachweis Führungspersonal und Personal	171
8.3.4	Prüfzeugnisse Beschichtungsstoffe, Technische Merkblätter und Sicherheitsdatenblätter	171
8.3.5	Visuelle Beurteilung der Oberflächen vor der Oberflächenvorbereitung	171
8.3.6	Oberflächenvorbereitungsarbeiten	172
8.3.7	Prüfungen der vorbereiteten Oberfläche vor dem Auftragen der Beschichtung	172
8.3.8	Beschichtungsarbeiten	173

8.3.9	Werkseigene Produktionskontrolle der Korrosionsschutzarbeiten	173
8.4	Korrosionsschutz durch Pulverbeschichten	174
8.4.1	Historie	174
8.4.2	Das Verfahren	175
8.5	Brandschutzbeschichtung	183
8.5.1	Grundlagen	183
8.5.2	Brandschutz im Stahlbau	184
8.5.3	Brandschutzbeschichtungen	186
8.5.4	Applikation von Brandschutzbeschichtungen im Werk	188
8.6	Schweißtechnik	193
8.6.1	Welche Materialien können geschweißt werden, welche nicht?	193
8.6.2	Toleranzen	195
8.6.3	Wärmebehandlung	195
8.7	Kennzeichnung von Bauteilen	195
8.8	Lagerung von Fertigteilen	200
	Literatur	204
9	Montage	208
9.1	Montageplanung	208
9.2	Der Richtmeister	209
9.3	Kennzahlen zur Stahlbaumontage	210
9.4	Montageverfahren im Hochbau	213
9.4.1	Achswise Montage	213
9.4.2	Geschossweise Montage	218
9.5	Montageverfahren im Brückenbau	220
9.6	Montageverfahren von Hänge- und Schrägseilbrücken	222
9.6.1	Besonderheiten von Hänge- und Schrägseilbrücken	222
9.6.2	Unterbauten und Pylone	223
9.6.3	Hängebrücken	224
9.6.4	Schrägseilbrücken	228
9.7	Toleranzen im Hochbau	232
9.7.1	DIN EN 1090 zusammen mit DIN EN ISO 13920	232
9.7.2	DIN 18202	233
9.7.3	Unterschiede zwischen Massivbau- und Stahlbautoleranzen	234
9.7.4	Werkstofffertigung	234
9.7.5	Prinzip der Temperaturdehnung im Stahlbau	236
9.8	Vermessungstechnik	236
9.8.1	Begriffe der Messtechnik	237
9.8.2	Ermittlung der Messunsicherheit und Eignung der Messtechnik	238
9.8.3	Messmittel	240
9.8.4	Zusammenfassung	242
	Literatur	243

10	Bauausführung und Baufertigstellung	245
10.1	Geschraubte Verbindungen	245
10.1.1	Einteilung von Schraubverbindungen	245
10.1.2	Nicht vorgespannte Schraubverbindungen	246
10.1.3	Vorgespannte Schraubverbindungen	247
10.1.4	Anziehen als Verliersicherung	250
10.2	Schweißtechnik auf der Baustelle	251
10.3	Korrosionsschutz auf der Baustelle	251
10.3.1	Vorgespannte Schraubverbindungen	254
10.3.2	Einhausungen, Arbeits- und Umweltschutz	254
10.3.3	Klimatische Verhältnisse	255
10.3.4	Beschichtung	255
10.4	Weiterverarbeitung, Montage und Ausbesserung feuerverzinkter Stahlbauteile	256
10.4.1	Lagerung, Transport und Handling	256
10.4.2	Handling auf der Baustelle	257
10.4.3	Nacharbeiten an feuerverzinktem Stahl	257
10.4.4	Montage	259
10.4.5	Ausbesserung von Fehlstellen und Beschädigungen	261
10.5	Brandschutzbeschichtungen	262
10.5.1	Applikation von Brandschutzbeschichtungen auf der Baustelle	263
10.5.2	Abschlussarbeiten und Abnahme	265
	Literatur	271
11	Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle	274
11.1	Qualitätssicherung	274
11.1.1	Checklisten gem. DIN EN 1090, Prüfprotokolle	274
11.1.2	CE-Zeichen, Leistungserklärung	276
11.1.3	Bauaufsichtliche Zulassungen	276
11.1.4	Brandschutzbeschichtungen	277
11.2	Qualitätskontrolle	278
11.2.1	Baustahl	279
11.2.2	Schrauben	279
11.2.3	Schweißnähte	280
11.2.4	Korrosionsschutz	281
11.2.5	Brandschutz	281
	Literatur	283
12	Nachtragsmanagement und Zahlungsminderung	285
12.1	Allgemeines	285
12.2	Hauptmerkmale der vertraglich festgelegten Bauleistung	285
12.3	Die Aufgaben des Bauleiters	286

12.4	Auslöser und Ursachen für ein Nachtragsangebot	287
12.5	Erfassung von Änderungen	288
12.6	Aufbau und Durchsetzbarkeit eines Nachtragsangebotes	289
12.7	Anspruchsgrundlagen für Vergütungs- bzw. Schadensersatzansprüche	290
Literatur.....		291
13	IT im Stahlbau – Informationsverarbeitung, Kommunikation und Technik ...	292
13.1	Grundlagen zu IKT im Stahlbau	292
13.2	IKT entlang der Stahlbauprozesskette	292
13.2.1	Anforderung an IKT im Stahlbau	293
13.3	Planung	298
13.4	Ausschreibung, Kalkulation und Vergabe	298
13.5	Einkauf/Materialnachverfolgung	299
13.6	Logistik/Materialnachverfolgung	300
13.7	Montage und Abrechnung	301
13.8	Abnahme, Abrechnung und Gewährleistung	301
13.9	Herausforderungen	302
13.10	Ausblick	303
Literatur.....		305
Stichwortverzeichnis		307

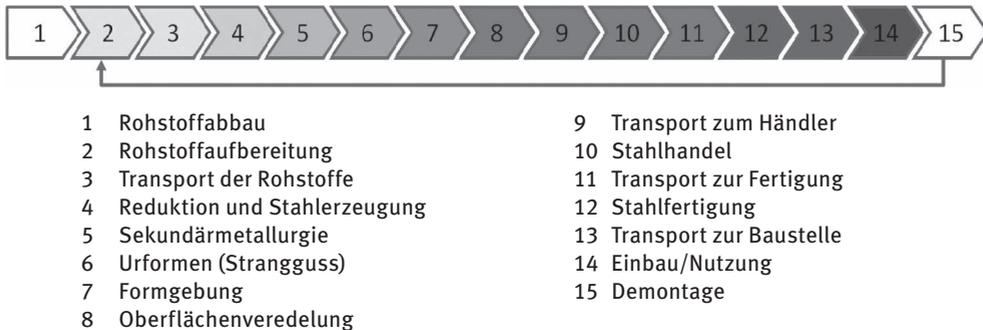
(Leerseite)

1 Einleitung

Alexander Malkwitz

Der Werkstoff Stahl in Deutschland hat in vielen Branchen eine überragende Bedeutung. Im Vergleich zum Ausland ist der Anteil der Bauten, die mit Baustahl ausgeführt werden, in Deutschland jedoch deutlich geringer. Traditionell wird in Deutschland immer noch mit Beton gebaut. Daher sind auch die meisten baubetrieblichen Entwicklungen und Veröffentlichungen stark an die Anforderungen von Betonbaustellen ausgerichtet. Nun führen jedoch die architektonisch reizvollen Möglichkeiten des Werkstoffs Stahl sowie die exzellenten Werkstoffeigenschaften dazu, dass zunehmend sowohl bei Industrie- wie auch bei Ingenieurbauwerken und Hochbauten der Baustoff Stahl eingesetzt wird oder zumindest in Teilbereichen Stahl für konstruktive Aufgaben verwendet wird.

Beim Bauen mit dem Werkstoff Stahl ist dabei eine gänzlich andere Art und Weise der Produktion und Herstellung notwendig.



Quelle: bauforumstahl e.V., Vorlesungsunterlagen Baubetrieb im Stahlbau, 2016 [1]

Bild 1.1: Prinzipielle Wertschöpfungskette beim Bauen mit Stahl

Aus Bild 1.1, in dem die Wertschöpfungskette beim Bauen mit Stahl dargestellt ist, wird ersichtlich, dass beim Bauen mit Stahl in einer im Vergleich zu anderen Baustoffen unterschiedlichen Wertschöpfungskette produziert wird. Zunächst ist eine hohe Vorfertigung in einer Stahlbauwerkstatt möglich, so dass bereits vorgefertigte Bauteile auf die Baustelle angeliefert werden. Diese Vorfertigung erzwingt eine genauere Vorplanung aller Arbeiten inkl. der genauen Angaben von Aussparungen, Bohrungen etc. Damit spielen logistische Planungen und Randbedingungen eine wesentlich wichtigere Rolle. Die Fertigung auf der Baustelle hat den Charakter einer Montage und nicht einer vollen Baustellenfertigung, wie wir es bei vielen Betonbauprojekten beobachten können. Diese Montage erfolgt dann auch nicht immer mit Hochbaukränen und der bei Betonbaustellen üblichen Geräteausstattung, sondern z. B. wegen der geringen Bauzeit häufig mit Mobilkränen. Die Baustelleneinrichtung muss also anders geplant werden.

Damit existieren auch an die Projektorganisation andere Anforderungen. Auf der Baustelle übernimmt der Richtmeister die Leitung der Arbeiten und die Projektleitung wird sich, neben der Montage auf der Baustelle, wesentlich stärker auch mit der Planung, der

Werkstattfertigung und der Logistik auseinandersetzen müssen. Die Kommunikation zwischen der Planung und der Werkstattfertigung sowie Logistikplanung z. B. bzgl. Gewicht, Abmessungen und Terminen wie auch der Montage auf der Baustelle sind sehr genau abzustimmen.

Damit wird auch klar, dass sich ganz unterschiedliche Anforderungen an die baubetrieblichen Aspekte von Stahlbauprojekten ergeben. Allerdings gibt es im Vergleich zu anderen Baustoffen insbesondere dem Bauen mit mineralischen Baustoffen nur sehr wenig Literatur zu den baubetrieblichen Aspekten des Bauens mit Stahl. Das gesamte heutige universitäre Baubetriebscurriculum ist immer noch stark auf den Baustoff Beton ausgerichtet. Es war daher offensichtlich, dass für die Prozesse und Verfahren des Bauens mit Stahl ein Grundlagenwerk und eine gesamthafte auf den Werkstoff Stahl fokussierte Abhandlung sinnvoll und notwendig ist. Dies war die Grundmotivation des jetzt vorliegenden Werkes „Baubetrieb im Stahlbau“. Dabei ist es das Ziel, eine praxisorientierte Darstellung zu leisten, die sowohl dem projektplanenden Ingenieur, wie auch den Projektbeteiligten eine gute Grundlage und ein gutes Nachschlagewerk für viele Fragen des Bauens mit Stahl an die Hand zu gibt.

Um dieses Ziel zu erreichen, haben wir bei der Konzeption des Werkes viele verschiedene Experten gewinnen können, die jeweils ihre spezifische Expertise eingebracht haben. Damit waren wir in der Lage, einen erheblichen Erfahrungsschatz in dieses Werk einzubauen und die einzelnen Teilbereiche des Bauens mit Stahl kompetent und mit dem notwendigen Praxisbezug darstellen zu können.

Das Werk kann dabei zur Einarbeitung in die Materie genutzt werden, also auch etwa von Studenten als Lehrbuch genutzt werden. Aber es ist doch auch gerade für die Projektbeteiligten gedacht. Dabei ist es dann nicht notwendig, das gesamte Werk von vorne bis hinten durchzuarbeiten, sondern es ist möglich, die jeweils für eine konkrete Fragestellung relevanten Teile einzeln durchzugehen, um gerade diese Fragestellung bearbeiten zu können. Damit hat das Buch den Charakter eines Handbuchs. Um diese kompakte Form zu erreichen, war es von den Autoren nicht gewollt, alle Aspekte bis in die Tiefe umfassend und abschließend zu behandeln. Allerdings ist dieses Buch mit zahlreichen Hinweisen auf weiterführende Literatur und Normen versehen. So ist es möglich, in ein Thema einzusteigen, den Interessenspunkt anzugehen, die Grundlagen zu verstehen und falls nötig Folgeliteratur zu identifizieren.

Auf Basis der oben dargestellten Wertschöpfungskette (Bild 1.1) des Bauens mit Stahl wurde auch die Struktur des Werkes konzipiert. Danach sortiert sich das Buch entlang eines typischen Stahlbauprojektes und damit der typischen Wertschöpfung für die Erstellung von Stahlbauten. Der Inhalt des Werkes beginnt daher in Kapitel 2 mit einer grundlegenden Erklärung zum Baustahl, den verschiedenen Lieferformen von Walzerzeugnissen und erläutert kurz die Stahlherstellung. Diese Themen sind für das eigentliche Planen und Bauen mit Stahl nicht von größter Relevanz, allerdings sollte ein Grundverständnis der Stahlherstellung vorhanden sein, damit die produktionstypischen Besonderheiten des Werkstoffes nachvollzogen werden können. Daher wird hier ein verständlicher und kompletter Überblick gegeben.

Die Vorteile der Demontagefähigkeit von Stahlbauten sowie die folgenden Möglichkeiten des hochwertigen Recyclings und der Wiederverwendung des Wertstoffs werden in diesem Werk nur am Rande behandelt, da für das Projekt der Errichtung eines Stahlbaus mit der Abnahme und der Gewährleistung das Projekt erst einmal abgeschlossen ist. Diese und andere besonderen Eigenschaften der Bauweise und des Baustoffs sind in Kapitel 2.3 zu finden. Kapitel 3 erläutert die besonderen Themen der Ausschreibung, Kalkulation und Vergabe. Kapitel 4 gibt einen Überblick über Bauvertragsthemen und Kapitel 5 zeigt die verschiedenen Unternehmereinsatzformen bei Stahlbauprojekten. Die Ablauf- und Terminplanung wird in Kapitel 6 ausführlich behandelt. Das anschließende Kapitel 7 geht dann auf die Arbeitsvorbereitung mit den Besonderheiten bei der Baustelleneinrichtung und den speziell im Stahlbau eingesetzten Geräten ein. Das umfassende Kapitel 8 beschäftigt sich mit der Fertigung in der Stahlbauwerkstatt, hier wird auch die moderne robotergestützte Fertigung erläutert und verschiedene Korrosionsschutzmaßnahmen vorgestellt. Die anschließende Montage auf der Baustelle wird in Kapitel 9 behandelt. Anhand von allgemeinen Beispielen werden der Bauablauf und die Arbeitsschritte bei der Montage aufgezeigt. Kennzahlen und Aufwandswerte, die aus realen Projekten ermittelt wurden, sind hier enthalten. Erläuterungen zu den besonders geringen Toleranzen im Stahlbau sowie die Vermessungstechnik sind auch in diesem Kapitel enthalten. Das Kapitel 10 behandelt neben dem Montagekapitel einige stahlbauspezifische Themen der Bauausführung und Baufertigstellung, wie z. B. die Verbindungsmittel und nachträgliches Aufbringen von Korrosions- und Brandschutz.

In den nachfolgenden Kapiteln sind Querschnittsthemen dargestellt, die wesentliche Relevanz für Stahlbauprojekte haben und für den Erfolg von entscheidender Wichtigkeit sind. In Kapitel 11 wird die Qualitätssicherung dargestellt, in Kapitel 12 das Nachtragsmanagement und schließlich als Kapitel 13 das Thema IT im Stahlbau, welche an Bedeutung in Zukunft zunehmen wird. Insbesondere vor dem Hintergrund der Einführung des digitalen Bauens, welches immer häufiger bereits in Projekten genutzt wird, werden sich alle Projektbeteiligten stark mit den Vorteilen und Herausforderungen der IT im Stahlbau auseinandersetzen müssen. Es ist unsere Erwartung, dass sich die Digitalisierung der gesamten Werkschöpfungskette des Bauens mit Stahl in den nächsten Jahren stark entwickeln wird. Dies wird dann auch wiederum Auswirkungen auf den Ablauf der Projekte haben. Das Kapitel stellt den heutigen Stand der IT im Stahlbau dar und wird in Zukunft sicher kontinuierlicher Updates und Überarbeitungen bzw. Aktualisierungen bedürfen.

Die Kapitel sind dabei unabhängig voneinander konzipiert, so dass diese bei Interesse auch einzeln gelesen werden können. Verweise auf weiterführende Kapitel, Beispiele und anschauliche Grafiken und Bilder unterstützen das Verständnis der Inhalte und sollen dem Praktiker bei der Lösung seiner Fragestellungen helfen.

Literatur

- [1] bauforumstahl e.V. (2016): Vorlesungsunterlagen Baubetrieb im Stahlbau. Kostenloser Download unter: www.bauforumstahl.de/vorlesungsunterlagen

2 Der Baustoff Stahl und seine Anwendungsgebiete

Gregor Machura, Raban Siebers

2.1 Stahlherstellung und Werkstoffe für den Stahlbau

Stahl ist eine Legierung aus Eisen, Kohlenstoff, Eisenbegleiter und Legierungselementen, die ohne Nachbehandlung schmiedbar ist und einen Kohlenstoffgehalt (C) von maximal 2% aufweist. Gusseisen hat einen höheren Kohlenstoffgehalt (>2%) und ist daher nicht wie Stahl verformbar; im Bauwesen wird es nur in Spezialbereichen eingesetzt.

Baustähle haben im Allgemeinen einen Kohlenstoffgehalt von weniger als 0,25%. Neben Kohlenstoff enthält Stahl Begleitstoffe, z. B. Phosphor, Schwefel, Stickstoff und Legierungselemente, u. a. Aluminium, Chrom, Mangan, Nickel. Durch die chemische Zusammensetzung und durch Wärmebehandlungen können die Werkstoffeigenschaften des Stahls gezielt beeinflusst werden.

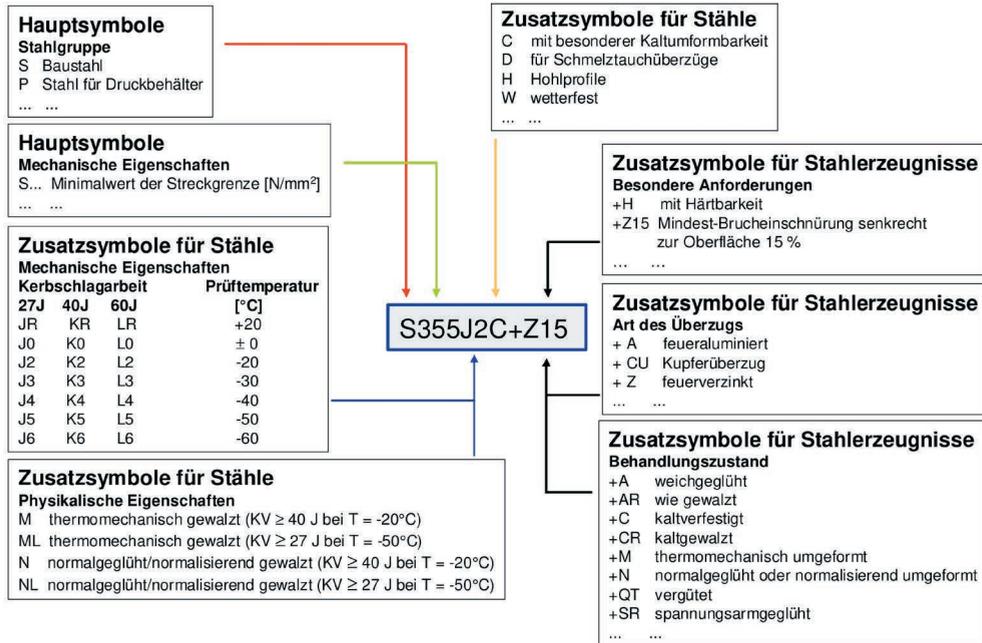
So gibt es viele Stahlsorten:

- unlegierte Baustähle,
- Feinkornbaustähle,
- wetterbeständige Baustähle,
- Betonstähle,
- Spannstähle,
- nichtrostende Edeltähle,
- warmfeste Stähle und andere.

Hergestellt wird der Baustahl in modernen Stahlwerken. Hierbei handelt es sich meist um integrierte Hüttenwerke oder Elektrostahlwerke. In integrierten Hüttenwerken sind Kokerei, Sinteranlage, Hochofen, Stahlwerk, Warmwalzwerk und Veredelungsanlage in unmittelbarer Nähe angeordnet. Bei Elektrostahlwerken wird Schrott als Sekundärrohstoff genutzt und mit Hilfe von elektrischem Strom wieder eingeschmolzen, der Abbau und Transport von Primärrohstoffen fällt weg. Für Baustahl gilt im Allgemeinen die in Kapitel 1 beschriebene Wertschöpfungskette: Von Rohstoffabbau/Sekundärrohstoffsammlung über die Aufbereitung und Bearbeitung, die Nutzung und Demontage hin wieder zur Rohstoffaufbereitung und damit zum Recycling (Bild 1.1).

2.1.1 Klassifizierung der Baustähle

Die Bezeichnung und damit Klassifizierung der Stähle erfolgt nach ihren wesentlichen Eigenschaften wie Festigkeit, Zähigkeit und speziellen Eigenschaften wie z. B. Kaltumformbarkeit etc. In Bild 2.1 sind die wichtigsten Bestandteile des Bezeichnungssystems von Stählen nach DIN EN 10027-1 dargestellt. Die im Stahlhochbau am häufigsten verwendeten Stähle sind die der Stahlsorten S235 und S355.



Quelle: Eigene Darstellung nach DIN EN 10027-1

Bild 2.1: Bezeichnungssystem der Stähle nach DIN EN 10027-1

Die mechanischen Eigenschaften und chemische Zusammensetzung der Stähle sind in den Produktnormen spezifiziert. Im Bauwesen werden hauptsächlich unlegierte Baustähle und Feinkornbaustähle nach DIN EN 10025, warmgefertigte Hohlprofile nach DIN EN 10210 sowie kaltgefertigte und geschweißte Hohlprofile nach DIN EN 10219 eingesetzt. Tabelle 2.1 gibt einen Überblick über die nach DIN EN 1993-1-1 einsetzbaren Stähle.

Tabelle 2.1: Einsetzbare Baustähle und Hohlprofile nach DIN EN 1993-1-1

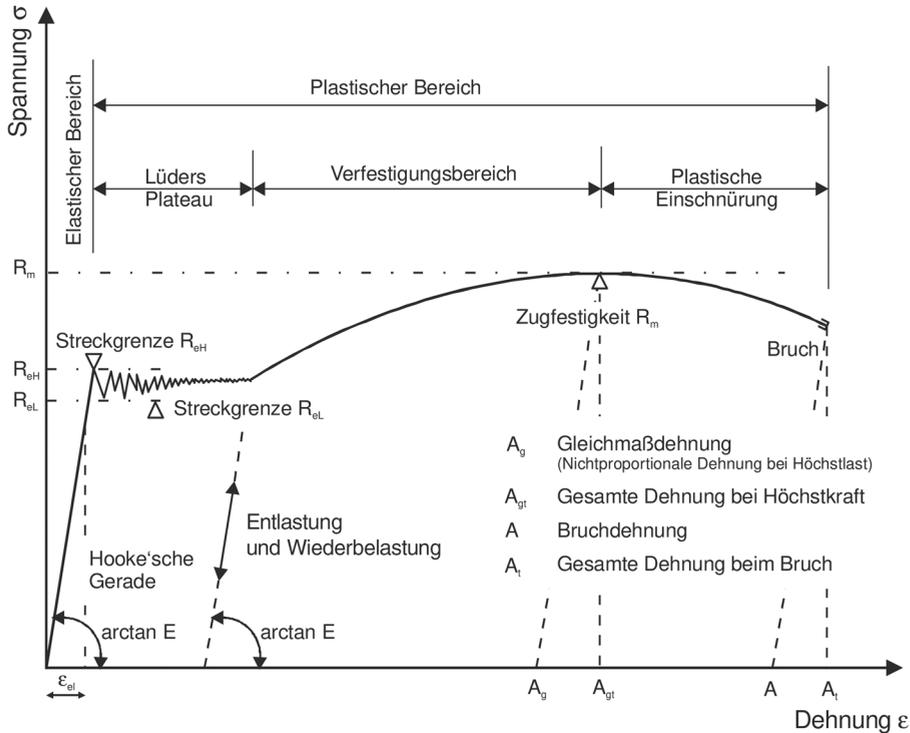
Norm	Titel	Stahlsorte
DIN EN 10025 – Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen		
DIN EN 10025-1	Allgemeine technische Lieferbedingungen	
DIN EN 10025-2	Unlegierte Baustähle	S235JR/J0/J2 S275JR/J0/J2 S355JR/J0/J2/K2 S450J0
DIN EN 10025-3	Normalgeglühte/normalisierend gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle	S275N/NL S355N/NL S420N/NL S460N/NL

Norm	Titel	Stahlsorte
DIN EN 10025-4	Thermomechanisch gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle	S275M/ML S355M/ML S420M/ML S460M/ML
DIN EN 10025-5	Wetterfeste Baustähle	S235J0W/J2W S355J0WP/J2WP S355J0W/J2W/K2W
DIN EN 10025-6	Flacherzeugnisse aus Stählen mit höherer Streckgrenze im vergüteten Zustand	S460Q/QL/QL1
DIN EN 10210 – Warmgefertigte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen		
DIN EN 10210-1	Technische Lieferbedingungen	S235JRH S275J0H/J2H/NH/NLH S355J0H/J2H/K2H/NH/NLH S420NH/NLH S460NH/NLH
DIN EN 10210-2	Grenzabmaße, Maße und statische Werte	
DIN EN 10219 – Kaltgefertigte und geschweißte Hohlprofile für den Stahlbau aus unlegierten Baustählen und aus Feinkornbaustählen		
DIN EN 10219-1	Technische Lieferbedingungen	S235JRH S275J0H/J2H/NH/NLH/MH/MLH S355J0H/J2H/K2H/NH/NLH/MH/MLH S420MH/MLH S460NH/NLH/MH/MLH
DIN EN 10210-2	Grenzabmaße, Maße und statische Werte	

2.1.2 Belastbarkeit von Stahl

Belastungen rufen an Bauteilen Formänderungen hervor. Stellt sich nach Entlastung die ursprüngliche Form wieder ein, so spricht man vom elastischen Verhalten des Werkstoffes. Ist dies nicht der Fall, so hat sich der Werkstoff plastisch verformt. Der Übergang zwischen elastischem und plastischem Verhalten wird bei den meisten Stahlsorten durch die Streck- oder Fließgrenze charakterisiert. Sie ist neben der Zugfestigkeit ein Kriterium für die Bemessung und wird mit Hilfe des Zugversuchs nach DIN EN ISO 6892-1 anhand der Spannungs-Dehnungs-Linie bestimmt. (Bild 2.2)

Hierbei beschreibt die Streckgrenze das Spannungs-Niveau, bis zu dem sich der Stahl elastisch verhält. Die Zugfestigkeit entspricht hingegen der maximal aufnehmbaren Spannung bei gleichzeitigen plastischen Verformungen. Nach Erreichen der Zugfestigkeit kommt es zu einem Spannungsabfall bei weiterer Zunahme von Verformungen, bis Bruch eintritt.



Quelle: bauforumstahl

Bild 2.2: Typische Spannungs-Dehnungs-Linie eines Baustahls mit Lüders-Plateau

Die der Bemessung zugrunde zu legenden charakteristischen Werte der Streckgrenze und Zugfestigkeit können entweder den Produktnormen oder direkt der Bemessungsnorm für Stahlkonstruktionen, der DIN EN 1993-1-1, siehe Tabelle 2.2, entnommen werden.

Tabelle 2.2: Nennwerte der Streckgrenze f_y und Zugfestigkeit f_u für Baustähle nach DIN EN 1993-1-1

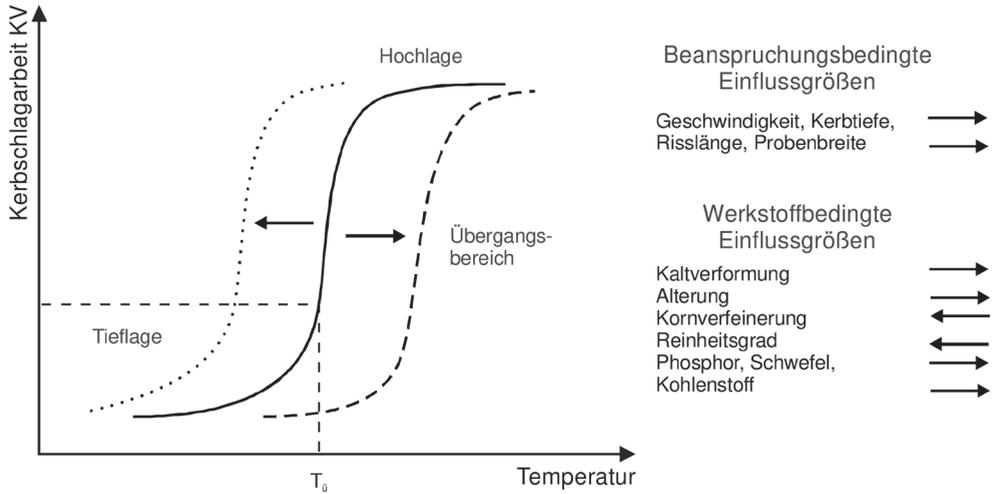
Produktnorm	Stahlsorte	Erzeugnisdicke			
		$t \leq 40 \text{ mm}$		$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$	
		f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]
DIN EN 10025-2	S235JR/J0/J2	235	360	215	360
	S275JR/J0/J2	275	430	255	410
	S355JR/J0/J2/K2	355	490	335	470
	S450J0	440	550	410	550
DIN EN 10025-3	S275N/NL	275	390	255	370
	S355N/NL	355	490	335	470
	S420N/NL	420	520	390	520
	S460N/NL	460	540	430	540
DIN EN 10025-4	S275M/ML	275	370	255	360
	S355M/ML	355	470	335	450
	S420M/ML	420	520	390	500
	S460M/ML	460	540	430	530
DIN EN 10025-5	S235W	235	360	215	340
	S355W	355	490	335	490
DIN EN 10025-6	S460Q/QL/QL1	460	570	440	550
DIN EN 10210-1	S235H	235	360	215	340
	S275H	275	430	255	410
	S355H	355	510	335	490
	S275NH/NLH	275	390	255	370
	S355NH/NLH	355	490	335	470
	S420NH/NLH	420	540	390	520
	S460NH/NLH	460	560	430	550
DIN EN 10219-1	S235H	235	360		
	S275H	275	430		
	S355H	355	510		
	S275NH/NLH	275	370		
	S355NH/NLH	355	470		
	S460NH/NLH	460	550		
	S275MH/MLH	275	360		
	S355MH/MLH	355	470		
	S420MH/MLH	420	500		
	S460MH/MLH	460	530		

Zusätzlich zu den in den Produktnormen gestellten Anforderungen an die Festigkeitseigenschaften der Baustähle sind die in DIN EN 1993-1-1 definierten Duktilitätsanforderungen zu erfüllen, siehe Tabelle 2.3.

Tabelle 2.3: Duktilitätsanforderungen an Baustähle und Flacherzeugnisse

Kriterium	Nach DIN EN 1993-1-1 für Baustähle nach DIN EN 10025-2 bis -6, DIN EN 10210-2 und DIN EN 10219-2
$\frac{f_u}{f_y}$	$\geq 1,10$
A	$\geq 15\%$
ε_u	$\geq 15 \cdot \varepsilon_y$
<p>f_u Mindestwert der Zugfestigkeit; f_y Mindestwert der Streckgrenze; A Bruchdehnung bezogen auf eine Messlänge von $5,65 \cdot \sqrt{A_0}$:</p> $A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \cdot 100 [\%]$ <p>mit L_0 Anfangsmesslänge mit $L_0 = 5,65 \cdot \sqrt{A_0}$; L_u Länge nach Bruch; A_0 Ausgangsquerschnittsfläche; ε_u Gleichmaßdehnung, wobei ε_u der Zugfestigkeit f_u zugeordnet ist; ε_y Fließdehnung: $\varepsilon_y = \frac{f_y}{E}$.</p>	

Neben den Festigkeitseigenschaften sind die Zähigkeitseigenschaften von Baustahl mit Blick auf die Werkstoffwahl zur Vermeidung von Sprödbbruch bei Einsatz der Baustähle bei tiefen Temperaturen von Bedeutung. Das prinzipielle Zähigkeits-Temperatur-Verhalten ist in Bild 2.3 dargestellt. Wesentliche Einflussfaktoren sind die Bauteildicke, die Temperatur, der Spannungszustand, der Kaltverformungsgrad und die Dehnrage. Bei Beanspruchung in Dickenrichtung ist zusätzlich eine Werkstoffwahl bzgl. der Vermeidung von Terrassenbruch durchzuführen. Die Regelungen zur Werkstoffwahl für beide Fälle, Sprödbbruch und Terrassenbruch, sind in DIN EN 1993-1-10 beschrieben.



Quelle: bauforumstahl

Bild 2.3: Zähigkeitsverhalten von ferritischem Baustahl

2.1.3 Verarbeitung

Stahl lässt sich vielfältig warm und kalt verformen (walzen, ziehen, pressen, biegen usw.), mechanisch bearbeiten (sägen, bohren, stanzen, fräsen, hobeln usw.) und schweißen.

2.1.4 Wirtschaftlichkeit

Für wirtschaftliches Konstruieren ist die Kenntnis der Preise erforderlich. Höhere Qualitäten verursachen höhere Preise. Dennoch kann der teurere S355 bei manchen Konstruktionen wirtschaftlicher sein als der günstigere S235. Zu beachten sind aber auch Preisunterschiede zwischen den Profilarten. Nicht immer ist das leichteste Profil das günstigere.

Statiker, Konstrukteur und Kalkulator müssen bei der Auswahl von Profilen neben Statik und Preis den Fertigungsaufwand in der Werkstatt und bei der Montage berücksichtigen. Bei rechtzeitiger Abstimmung zwischen Planern und Ausführenden lassen sich oft erhebliche Kosten einsparen.

2.1.5 Nachhaltigkeit

Produkte aus Baustahl können wiederholt eingesetzt werden. Ist eine Verwendung in der ursprünglichen Form nicht möglich, so werden sie eingeschmolzen und zur Herstellung neuer Produkte wiederverwendet. Baustahl kann durch eine hohe Sammelrate (99 %) sowie Recycling (88 %) und Wiederverwendung (11 %) punkten und ist deshalb regenerativ [2], [3]. (Siehe auch 2.3.8)

2.2 Fertigerzeugnisse für den Stahlbau

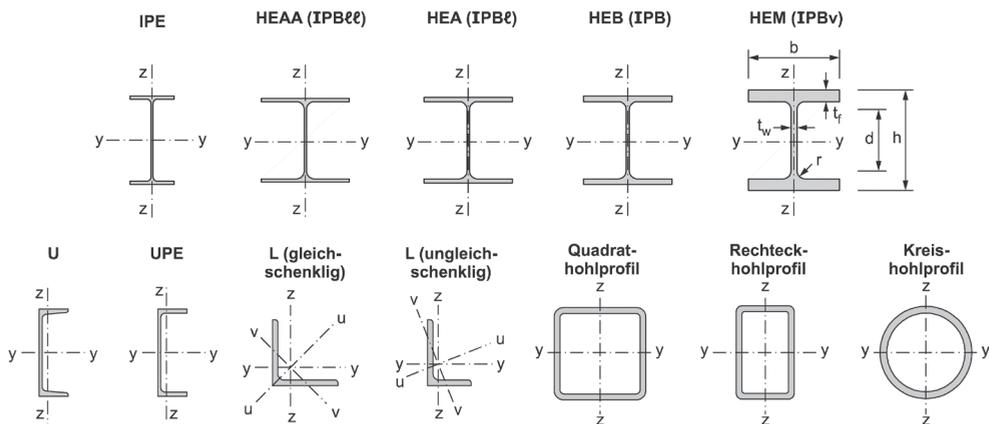
2.2.1 Lieferformen des Stahls

Walzstahlerzeugnisse werden in vielfältigen Formen produziert. Im Stahlbau wird zwischen Flacherzeugnissen, Stabstahl, Formstahl, Hohlprofilen, Kalt- und Trapezprofilen sowie Drähten, Seilen und Bündeln unterschieden, siehe Tabelle 2.4. In Bild 2.4 sind die im Stahlbau üblichen Profilquerschnitte dargestellt.

Walzstahlerzeugnisse sind sehr maßgenau und von gleichbleibender Qualität. Querschnitte und zulässige Toleranzen sind in EN-, DIN- und Werksnormen der Hüttenwerke festgelegt. Darüber hinaus können Sonderprofile hergestellt werden; dies wird jedoch erst bei genügend großen Bestellmengen wirtschaftlich. Je nach Profil sind unterschiedliche Standardlängen gebräuchlich. Fixlängen können bei der Bestellung vereinbart werden.

In Tabelle 2.5 ist angegeben, in welchen Bereichen die verschiedenen I-Profile überwiegend angewendet werden.

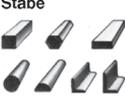
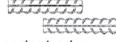
Bei den U-Profilen wird unterschieden zwischen parallelfanschigen (UPE-Profilen) und innen schrägen Flanschen (U-Profilen). Dies ist insbesondere dann zu beachten, wenn geschraubte Anschlüsse an den Flanschen vorgesehen werden.



Quelle: bauforumstahl

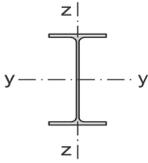
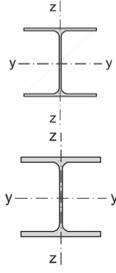
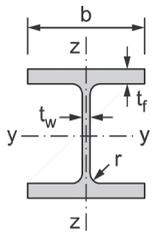
Bild 2.4: Im Stahlbau übliche Profilquerschnitte

Tabelle 2.4: Lieferformen im von Walzerzeugnissen

Halbzeug	Flacherzeugnisse		Fertigerzeugnisse Langerzeugnisse		Rohre	Ringe, Radreifen Vollräder
	warmgewalzt	kaltgewalzt	warmgewalzt	kaltgeformt		
Quadratisches Halbzeug  Seitenlänge des Querschnitts ≥ 50 mm	Breitflachstahl  Breite > 150 mm und ≤ 1250 mm Dicke > 4 mm Alle 4 Flächen im Kaliber gewalzt	Blech  Breite > 600 mm Band  Kaltbreitband Breite ≥ 600 mm Kaltband Breite < 600 mm	Walzdraht  Durchmesser ≥ 5 mm Stäbe  rund: Dmr. ≥ 8 mm vierkant: Seitenlänge ≥ 8 mm flach: Dicke ≥ 5 mm Breite ≤ 150 mm spezial: Dreieck, Trapez, u.a.	Gezogene Kaltprofile z. B. viereckige Querschnitte Blankstahl gezogen oder geschält und/oder geschliffen im Hinblick auf besondere Maßgenauigkeit und Oberflächengüte	Nahtlose Rohre  Fertigen durch Lochen eines runden Halbzeuges mit vollem Querschnitt und anschließendem Walzen oder Strangpressen	Ringe mit Dmr. von 100 mm bis 8 000 mm und einem Gewicht von 1 kg bis 25 000 kg; Radbandagen und Räder für die Eisenbahn Läuferinge und Radsätze für die Verkehrstechnik; Flansche und Verstärkungsringe für den Behälterbau
Rechteckiges Halbzeug  Querschnitt ≥ 2500 mm ² Breite / Dicke < 2	Blech  Feinblech und Band Dicke < 3 mm Grobblech und Band Dicke ≥ 3 mm	Band  Warmbreitband Breite ≥ 600 mm Bandstahl Breite < 600 mm	Betonstahl  gerippt oder profiliert	Warmgewalzte Profile Gleisoberbauserzeugnisse:  Schienen, Schwellen Spundbohlen  Grubenausbauprofile  Große I-, H- und U-Profile  Steghöhe ≥ 80 mm Kleine I-, H- und U-Profile  Steghöhe < 80 mm	Geschweißte Rohre Fertigen durch Einformen von warm- und kaltgewalzten Flacherzeugnissen zu einem kreisförmigen Profil (längs- oder spiralförmig) und anschließendes Verschweißen der Kanten	Bandagen für Zahnräder und Großzahnkränze, Drehscheiben und Lagerbuchsen für den Getriebebau Naben, Verstärkungsringe, Laufringe, Seilscheibenringe, Zylinderlaufbuchsen, Lagerbuchsen für den Maschinenbau Vorschweißflansche und Überschiebeflansche in der Petrochemie und Offshoretechnik
Flaches Halbzeug  Dicke ≥ 50 mm Breite / Dicke ≥ 2	Band 				Hohlprofile Rohre mit kreisförmigem, quadratischem, oder rechteckigem Querschnitt für Bauelemente	
Rundes Halbzeug  Runder Querschnitt						
Vorprofilierter Halbzeug  Querschnitt > 2500 mm ²						

Quelle: Verlag Stahleisen GmbH, Düsseldorf, 2015

Tabelle 2.5: Im Stahlbau übliche Profilquerschnitte

Profiltyp		Verwendung
IPE-Profile Mittelbreite I-Träger mit parallelen Flanschflächen		Biegeträger Rahmenriegel und Rahmenstützen im Hallenbau Dachpfetten Deckenträger
HEA- und HEB-Profile Breite I-Träger mit parallelen Flanschflächen, leichte und normale Ausführung		Biegeträger mit Normalkräften Druckstäbe Stützen im Hallenbau Fachwerkbinder Deckenträger Stützen im Geschossbau
HEM-Profile Breite I-Träger mit parallelen Flanschflächen, verstärkte Ausführung		Biegeträger mit großen Querkraften Druckstäbe Stützen im Hallenbau Abfangträger schwere Unterzüge Stützen im Geschossbau

2.3 Stahl im Hochbau – Stahlverbundbau

Jörg Lange

Kurze Bauzeit, klare Optik, kleine Querschnitte, saubere Baustelle, höchste Tragfähigkeit, hohe Vorfertigung – die Liste der Vorteile des Stahl- und Verbundbaus ist lang und muss doch bei jedem Bauvorhaben erneut betrachtet werden. So wirken beim Industrie- und Anlagenbau mit hohen Lasten und weiten Spannweiten andere Gründe für eine Pro-Stahlbau-Entscheidung als beim Büro- oder Wohnhaus. Beim Bau von Stadien, Messehallen und Terminals für Bahn, Flugzeug oder Bus spielen weitere Vorteile des Stahlbaus eine Rolle (siehe auch [11]).

2.3.1 Bauhöhe

Im Industrie- und Anlagenbau ist die hohe Tragfähigkeit auf kleiner Grundfläche oder mit geringer Bauhöhe ein wichtiger Aspekt. Eine geringe Bauhöhe schlägt sich in der Reduzierung des umbauten Volumens nieder und damit werden die Kosten für Erstinvestition und Pflege der Fassade sowie für Heizung, Kühlung und Lüftung reduziert. Bei vorgegebener Bauhöhe wird der lichte Raum vergrößert, was für Produktionsstraßen mehr Raum