

Wolfram Lohse · Jörg Laumann ·
Christian Wolf

Stahlbau 1

Bemessung von Stahlbauten nach Eurocode
mit zahlreichen Beispielen

25., Überarb. und akt. Auflage 2016

Springer Vieweg

Vorwort	V
1 Stahl – Herstellung, Verwendung, Schutz	1
1.1 Werkstoff Stahl – Herstellung und Eigenschaften	1
1.1.1 Herstellungsprozess	1
1.1.1.1 Einleitung	1
1.1.1.2 Erschmelzungsverfahren zur Stahlerzeugung	3
1.1.1.3 Sekundärmetallurgie – Pfannenmetallurgie	3
1.1.1.4 Vergießen und Erstarren	4
1.1.1.5 Wärmebehandlung und Walztechnik	5
1.1.2 Einteilung, Bezeichnung und Lieferbedingungen der Stähle	6
1.1.2.1 Einteilung der Stähle	6
1.1.2.2 Bezeichnungssysteme für Stähle	7
1.1.2.3 Technische Lieferbedingungen	9
1.1.3 Eigenschaften der Baustähle	10
1.1.3.1 Festigkeitseigenschaften	10
1.1.3.2 Einfluss der Temperatur	13
1.1.3.3 Eigenspannungen	14
1.1.3.4 Zähigkeitseigenschaften – Versprödung	16
1.1.3.5 Eigenschaften in Dickenrichtung – Terrassenbruch	17
1.1.3.6 Werkstoffprüfung	21
1.2 Erzeugnisse aus Baustahl	22
1.2.1 Begriffsbestimmungen	22
1.2.2 Flacherzeugnisse	22
1.2.2.1 Bleche und Breitflachstahl	22
1.2.2.2 Profiliertes Blech und zusammengesetzte Erzeugnisse	23
1.2.3 Langerzeugnisse	23
1.2.3.1 Winkel, Rund- und Flachstähle	23
1.2.3.2 I-, H- und U-Profile	23

1.2.3.3	Hohlprofile	25
1.2.3.4	Kaltprofile	26
1.3	Herstellung und Ausführung von Stahlbauten	27
1.3.1	Anforderungen	27
1.3.2	Herstellungs- und Ausführungsunterlagen	27
1.3.2.1	Allgemeines	27
1.3.2.2	Zeichnungsarten	29
1.3.2.3	Hinweise zur Darstellung	29
1.3.3	Fertigung und Montage	32
1.3.3.1	Werkstattfertigung	32
1.3.3.2	Zusammenbau und Montage	35
1.3.4	Kalkulation und Abrechnung	37
1.4	Schutz von Stahlbauten	39
1.4.1	Korrosionsschutz	39
1.4.1.1	Einleitung	39
1.4.1.2	Vorbereitung der Oberflächen	41
1.4.1.3	Beschichtungen	44
1.4.1.4	Metallische Überzüge	48
1.4.1.5	Verwendung legierter Stahlsorten	50
1.4.1.6	Korrosionsschutzgerechte Gestaltung	51
1.4.2	Brandschutz	52
1.4.2.1	Anforderungen	52
1.4.2.2	Widerstand von Stahlbauteilen	54
1.4.2.3	Brandschutzmaßnahmen	55
1.5	Literatur	58
2	Bemessung von Stahlbauten	61
2.1	Stand der Normung	61
2.2	Einwirkungen und Beanspruchungen	64
2.3	Widerstände, Grenzzustände und Beanspruchbarkeiten	68
2.4	Tragsicherheitsnachweis, Nachweisverfahren	72
2.5	Allgemeine Regeln	74
2.5.1	Lochschwächung, Schlupf, Tragwerksverformungen, Außermittigkeiten	74
2.5.2	Geometrische Imperfektionen von Stabwerken	83
2.5.2.1	Grundlagen	83
2.5.2.2	Globale Anfangsschiefstellungen	84
2.5.2.3	Eingeprägte Vorkrümmung von Bauteilen	87
2.5.2.4	Gleichzeitiger Ansatz von Vorverformungen und Vorkrümmungen	88
2.5.2.5	Ansatz der skalierten Eigenform als Imperfektionsfigur ..	89

2.5.2.6	Imperfektionen für das Biegedrillknicken	90
2.5.2.7	Imperfektionen zur Berechnung aussteifender Systeme ...	91
2.6	Tragsicherheitsnachweise nach den Verfahren Elastisch-Elastisch und Elastisch-Plastisch	93
2.6.1	Nachweisverfahren Elastisch-Elastisch (Querschnittsklasse 1-4) ...	93
2.6.2	Querschnittsklassifizierung	102
2.6.3	Nachweisverfahren Elastisch-Plastisch (Querschnittsklasse 1, 2) ...	110
2.6.3.1	Allgemeines	110
2.6.3.2	Vollplastische Schnittgrößen	110
2.6.3.3	Normalkraftbeanspruchbarkeit	114
2.6.3.4	Biegemomentenbeanspruchbarkeit	115
2.6.3.5	Querkraftbeanspruchbarkeit	117
2.6.3.6	Torsionsbeanspruchbarkeit	119
2.6.3.7	Interaktion aus A_f , V , und N	121
2.6.3.8	Interaktion aus M_x , N	126
2.6.3.9	Interaktion aus A_t , M_x , V , N	127
2.6.3.10	Vereinfachte lineare Interaktion bei zweiachsiger Biegung mit Normalkraft	128
2.6.3.11	Interaktion aus allen Schnittgrößen	128
2.7	Gebrauchstauglichkeitsnachweis	128
2.8	Nachweis der Dauerhaftigkeit	133
2.9	Literatur	134
3	Verbindungstechnik	137
3.1	Allgemeine Angaben	137
3.2	Schraubverbindungen	143
3.2.1	Schraubenarten und Ausführungsformen von Schraubenverbindungen	146
3.2.2	Anordnung der Schrauben, Schraubenabstände, Schraubensymbole	155
3.2.3	Beanspruchungen und Beanspruchbarkeiten von Schrauben (Nieten, Bolzen)	158
3.2.3.1	Wirkungsweise der Schrauben	158
3.2.3.2	Grenztragfähigkeiten der Schrauben	162
3.2.3.3	Gleitfeste Verbindungen	174
3.2.3.4	Blockversagen von Schraubengruppen	176
3.2.3.5	Nachweis des Nettoquerschnitts	177
3.2.4	Berechnung von Schraubanschlüssen und Verbindungen	178
3.2.4.1	Anschlüsse mit mittiger Krafteinleitung	178
3.2.4.2	Verbindungen mit Beanspruchung durch Biegemomente	193
3.2.4.3	Anschlüsse mit zugbeanspruchten Schrauben	210

3.3	Schweißverbindungen	216
3.3.1	Schweißverfahren, Zusatzwerkstoffe und Schweißvorgang	216
3.3.2	Stoßarten, Form und Abmessungen der Schweißnähte	222
3.3.3	Wahl der Werkstoffe, schweißgerechtes Konstruieren	236
3.3.4	Sicherung der Güte von Schweißarbeiten	239
3.3.5	Berechnung und Ausführung von Schweißverbindungen	242
3.3.5.1	Berechnungs- und Ausführungsvorschriften	242
3.3.5.2	Beanspruchbarkeit von Kehlnähten	243
3.3.5.3	Weitere Regelungen nach DIN BN 1993-1-8	253
3.3.5.4	Beispiele	256
3.4	Augenstäbe und Bolzengelenke	273
3.5	Keilverbindungen und Spannschlösser	281
3.6	Literatur	283
4	Zugstäbe	285
4.1	Querschnittswahl	285
4.2	Bemessung und Spannungsnachweis	286
4.3	Anschlüsse	289
4.4	Stöße	298
4.5	Literatur	310
5	Hochfeste Zugglieder	311
5.1	Vorbemerkungen	311
5.2	Arten von Zuggliedern	312
5.3	Grundlagen der Bemessung	314
5.3.1	Eigenlasten von Zuggliedern aus Seilen oder Spannstählen	314
5.3.2	Verformungsmodul und Dehnsteifigkeit	315
5.3.3	Beanspruchbarkeit hochfester Zugglieder	316
5.4	Verankerungen und Umlenkler	317
5.5	Literatur	318
6	Stabilitätsnachweise für Stäbe und Stabwerke	319
6.1	Einführung	319
6.2	Druckbeanspruchung	322
6.2.1	Vorbemerkungen	322
6.2.2	Tragverhalten von Druckstäben	322
6.2.2.1	Geometrische Nichtlinearität	322
6.2.2.2	Physikalische Nichtlinearität	323
6.2.2.3	Grenzlasten	324
6.2.3	Knicklasten und Knickbiegelinien	324
6.2.3.1	Einführung	324
6.2.3.2	Lösen von Knickbedingungen	326

6.2.3.3	Ersatz von Tragwerksteilen durch Federn	328
6.2.3.4	Sonderfälle Biegedrillknicken und Drillknicken	332
6.2.3.5	Hinweise zu computerorientierten Berechnungen	333
6.2.4	Nachweise mit Abminderungsfaktoren	338
6.2.4.1	Anwendungsbereich und Abgrenzungskriterien	338
6.2.4.2	Verfahren	338
6.2.5	Nachweise mit dem Ersatzimperfektionsverfahren	342
6.2.5.1	Verfahren	342
6.2.5.2	Schnittgrößen Theorie II. Ordnung	343
6.2.6	Mehrteilige Druckstäbe	349
6.2.7	Beispiele	351
6.2.7.1	Einführungsbeispiel Biegeknicken	351
6.2.7.2	Träger mit Querlast und Druckbeanspruchung	353
6.2.7.3	Einspannstütze mit angehängten Pendelstützen	354
6.2.7.4	T-Querschnitt als Druckgurt eines Fachwerkträgers	356
6.3	Biegebeanspruchung M_x	358
6.3.1	Grundlegende Zusammenhänge beim Biegedrillknicken	358
6.3.2	Ideale Biegedrillknickmomente	361
6.3.2.1	Gabelgelagerte Einfeldträger mit doppelsymmetrischem Querschnitt	362
6.3.2.2	Einfeldträger mit Gleichstreckenlast und Randmomenten	363
6.3.2.3	Kragträger mit doppelsymmetrischem I-Querschnitt	364
6.3.3	Nachweise mit Abminderungsfaktoren	365
6.3.3.1	Anwendungsbereich und Abgrenzungskriterien	365
6.3.3.2	Verfahren	365
6.3.4	Behinderung der Verformung	369
6.3.4.1	Vorbemerkungen	369
6.3.4.2	Nachweis des Druckgurtes als Druckstab	369
6.3.4.3	Behinderung der Verformung v	371
6.3.4.4	Behinderung der Verdrehung ϑ	371
6.3.5	Nachweise mit dem Ersatzimperfektionsverfahren	373
6.3.6	Beispiele	375
6.3.6.1	Einführungsbeispiel Biegedrillknicken	375
6.3.6.2	Zweifeldträger	376
6.3.6.3	Seitlich gestützter Träger	380
6.4	Gemischte Beanspruchung	380
6.4.1	Nachweise mit Abminderungsfaktoren	380
6.4.1.1	Druck und Biegung	380
6.4.1.2	Planmäßige Torsion	383
6.4.1.3	Allgemeines Verfahren	383
6.4.2	Nachweise mit dem Ersatzimperfektionsverfahren	384

6.4.3	Beispiele	384
6.4.3.1	Einspannstütze mit einachsiger Biegung	384
6.4.3.2	Druckgurt eines Fachwerkträgers mit zweiachsiger Biegung	387
6.5	Literatur	392
7	Stützen	395
7.1	Einführung	395
7.2	Stützenquerschnitte	396
7.3	Konstruktive Durchbildung	399
7.3.1	Einleitung	399
7.3.2	Stützenfüße	400
7.3.2.1	Allgemeines	400
7.3.2.2	Vereinfachter Ansatz der Pressungsverteilung infolge Drucknormalkraft	402
7.3.2.3	Unversteifte Fußplatten	404
7.3.2.4	Trägerrost	419
7.3.2.5	Stützenfüße mit ausgesteifter Fußplatte	420
7.3.2.6	Eingespannte Stützenfüße	425
7.3.2.7	Stützenverankerung	447
7.3.2.8	Übertragung von Horizontalkräften	452
7.3.3	Stützenkopf	453
7.3.4	Stützenstöße	460
7.3.4.1	Der Kontaktstoß	460
7.3.4.2	Der Vollstoß	465
7.3.5	Trägeranschlüsse	467
7.4	Literatur	472
8	Träger	475
8.1	Einführung	475
8.1.1	Verwendung und Anordnung von Trägern im Hochbau	475
8.1.2	Profilwahl	477
8.1.3	Statische Systeme und Trägerstützweite	478
8.1.3.1	Einfeldträger	478
8.1.3.2	Durchlaufträger	479
8.1.3.3	Gelenkträger	480
8.1.3.4	Trägerstützweite	481
8.1.4	Hinweise zur Bemessung	481
8.2	Fließgelenktheorie	482
8.2.1	Vorbemerkungen	482
8.2.2	Bedingungen zur Anwendung	482
8.2.2.1	Grundsätzliche Bedingungen und Annahmen	482

8.2.2.2	Anforderungen an die Querschnitte	483
8.2.2.3	Materialverfestigung und erhöhte Streckgrenzen	484
8.2.2.4	Ungeeignete Systeme	485
8.2.3	Darstellung der Berechnungsverfahren	485
8.2.3.1	Einleitung	485
8.2.3.2	Schrittweise elastische Berechnung	486
8.2.3.3	Berechnung mit dem Prinzip der virtuellen Verrückungen	487
8.2.4	Grenztragfähigkeiten von Durchlaufträgern	490
8.2.4.1	Vorbemerkungen	490
8.2.4.2	Elementarketten	491
8.2.4.3	Standardfälle	491
8.2.4.4	Berechnungsbeispiel	493
8.3	Konstruktive Durchbildung	495
8.3.1	Einleitung oder Durchleitung von Kräften	495
8.3.1.1	Rippenlose Ausführung	495
8.3.1.2	Ausführung mit Lastrippen	500
8.3.2	Trägerauflagerungen	503
8.3.2.1	Auflagerung auf Massivbauteile	503
8.3.2.2	Auflagerung auf Trägern	512
8.3.3	Trägeranschlüsse	514
8.3.3.1	Gelenkige Anschlüsse	514
8.3.3.2	Biegesteife Anschlüsse	523
8.3.4	Trägerstöße	526
8.3.4.1	Biegesteife Stöße	526
8.3.4.2	Gelenkige Stöße	526
8.3.5	Besonderheiten	527
8.4	Literatur	528
9	Anhang	529
9.1	Bezeichnungen und Definitionen	529
9.2	Querschnittskennwerte	531
9.2.1	Kennwerte für Walzprofile	531
9.2.2	Bestimmungsgleichungen für ausgewählte Querschnitte	539
9.2.3	Querschnittsnormierung	542
9.3	Schnittgrößen und Grenztragfähigkeiten	545
9.3.1	Torsionsschnittgrößen	545
9.3.2	Grenztragfähigkeiten druckbeanspruchter Bauteile	549
	Weiterführende Literatur	559
	Sachwortverzeichnis	563