
Inhaltsverzeichnis

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	2
1.1.1.3	Sekundärmetallurgie – Pfannenmetallurgie	6
1.1.1.4	Vergießen und Erstarren	6
1.1.1.5	Wärmebehandlung und Walztechnik	7
1.1.2	Einteilung, Bezeichnung und Lieferbedingungen der Stähle	9
1.1.2.1	Einteilung der Stähle nach DIN EN 10020	9
1.1.2.2	Bezeichnungssysteme für Stähle	10
1.1.2.3	Technische Lieferbedingungen	13
1.1.3	Eigenschaften der Baustähle	15
1.1.3.1	Festigkeitseigenschaften	15
1.1.3.2	Einfluss der Temperatur	17
1.1.3.3	Eigenspannungen	19
1.1.3.4	Zähigkeitseigenschaften – Versprödung	20
1.1.3.5	Eigenschaften in Dickenrichtung – Terrassenbruch	24
1.1.3.6	Werkstoffprüfung	28
1.2	Erzeugnisse aus Baustahl	29
1.2.1	Begriffsbestimmungen	29
1.2.2	Flacherzeugnisse	29
1.2.2.1	Bleche und Breitflachstahl	29
1.2.2.2	Profiliertes Blech und zusammengesetzte Erzeugnisse	30
1.2.3	Langerzeugnisse	30
1.2.3.1	Winkel, Rund- und Flachstähle	30
1.2.3.2	I-, H- und U-Profile	31

1.2.3.3	Hohlprofile	32
1.2.3.4	Kaltprofile	33
1.3	Herstellung und Ausführung von Stahlbauten	34
1.3.1	Anforderungen	34
1.3.2	Herstellungs- und Ausführungsunterlagen	35
1.3.2.1	Allgemeines	35
1.3.2.2	Zeichnungsarten	38
1.3.2.3	Hinweise zur Darstellung	38
1.3.3	Fertigung und Montage	41
1.3.3.1	Werkstattfertigung	41
1.3.3.2	Zusammenbau und Montage	44
1.3.4	Kalkulation und Abrechnung	46
1.4	Schutz von Stahlbauten	48
1.4.1	Korrosionsschutz	48
1.4.1.1	Einleitung	48
1.4.1.2	Vorbereitung der Oberflächen	53
1.4.1.3	Beschichtungen	56
1.4.1.4	Metallische Überzüge	61
1.4.1.5	Verwendung legierter Stahlsorten	63
1.4.1.6	Korrosionsschutzgerechte Gestaltung	65
1.4.2	Brandschutz	67
1.4.2.1	Anforderungen	67
1.4.2.2	Widerstand von Stahlbauteilen im Brandfall	68
1.4.2.3	Brandschutzmaßnahmen	70
	Literatur	72
2	Bemessung von Stahlbauten	77
2.1	Stand der Normung	77
2.2	Einwirkungen und Beanspruchungen	83
2.2.1	Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT)	84
2.2.2	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZG)	85
2.2.3	Vereinfachte Lastfallkombination gemäß Easycode Stahlbau	85
2.3	Widerstände, Grenzzustände und Beanspruchbarkeiten	89
2.4	Tragsicherheitsnachweis, Nachweisverfahren	91
2.5	Allgemeine Regeln	95
2.5.1	Lochschwächung, Schlupf, Tragwerksverformungen, Außermittigkeiten	95
2.5.1.1	Zusätzliche Kriterien für verschiebliche Rahmen mit geringer Neigung	104
2.5.2	Geometrische Ersatzimperfektionen von Stabwerken	105
2.5.2.1	Grundlagen	105

2.5.2.2	Globale Anfangsschiefstellungen	106
2.5.2.3	Eingeprägte Vorkrümmung von Bauteilen	110
2.5.2.4	Gleichzeitiger Ansatz von Vorverformungen und Vorkrümmungen	112
2.5.2.5	Ansatz der skalierten Eigenform als Imperfektionsfigur	113
2.5.2.6	Imperfektionen zur Berechnung aussteifender Systeme	116
2.6	Tragsicherheitsnachweise nach den Verfahren Elastisch-Elastisch und Elastisch-Plastisch	118
2.6.1	Nachweisverfahren Elastisch-Elastisch (Querschnittsklasse 1–4)	119
2.6.2	Querschnittsklassifizierung	128
2.6.3	Nachweisverfahren Elastisch-Plastisch (Querschnittsklasse 1, 2)	136
2.6.3.1	Allgemeines	136
2.6.3.2	Vollplastische Schnittgrößen	136
2.6.3.3	Normalkraftbeanpruchbarkeit	141
2.6.3.4	Biegemomentenbeanspruchbarkeit	142
2.6.3.5	Querkraftbeanspruchbarkeit	145
2.6.3.6	Torsionsbeanspruchbarkeit	145
2.6.3.7	Interaktion aus M_y , V_z und N	149
2.6.3.8	Interaktion aus M_z , V_y , N	153
2.6.3.9	Interaktion aus M_y , M_z , V_z , V_y , N	154
2.6.3.10	Vereinfachte lineare Interaktion bei zweiachsiger Biegung mit Normalkraft	156
2.6.3.11	Interaktion aus allen Schnittgrößen	156
2.6.3.12	Berechnungsbeispiel	157
2.7	Gebrauchstauglichkeitsnachweis	160
2.8	Nachweis der Dauerhaftigkeit	165
	Literatur	166
3	Verbindungstechnik	169
3.1	Allgemeine Angaben	169
3.2	Schraubverbindungen	177
3.2.1	Schraubenarten und Ausführungsformen von Schraubenverbindungen	178
3.2.2	Anordnung der Schrauben, Schraubenabstände, Schraubensymbole	193
3.2.3	Beanspruchungen und Beanspruchbarkeiten von Schrauben (Nieten, Bolzen)	197
3.2.3.1	Wirkungsweise der Schrauben	197

3.2.3.2	Grenztragfähigkeiten der Schrauben	200
3.2.3.3	Gleitfeste Verbindungen	213
3.2.3.4	Blockversagen von Schraubengruppen	216
3.2.3.5	Nachweis des Nettoquerschnitts	218
3.2.4	Berechnung von Schraubanschlüssen und Verbindungen	219
3.2.4.1	Anschlüsse mit mittiger Krafteinleitung	219
3.2.4.2	Verbindungen mit Beanspruchung durch Biegemomente	234
3.2.4.3	Elastische und plastische Verteilung von Schraubenkräften	252
3.2.4.4	Anschlüsse mit zugbeanspruchten Schrauben	253
3.3	Schweißverbindungen	259
3.3.1	Schweißverfahren, Zusatzwerkstoffe und Schweißvorgang	259
3.3.2	Stoßarten, Form und Abmessungen der Schweißnähte	265
3.3.3	Wahl der Werkstoffe, schweißgerechtes Konstruieren	283
3.3.4	Sicherung der Güte von Schweißarbeiten	286
3.3.5	Berechnung und Ausführung von Schweißverbindungen	289
3.3.5.1	Berechnungs- und Ausführungsvorschriften	289
3.3.5.2	Beanspruchbarkeit von Kehlnähten	289
3.3.5.3	Weitere Regelungen nach DIN EN 1993-1-8 [7]	300
3.3.5.4	Beispiele	304
3.4	Augenstäbe und Bolzengelenke	323
3.5	Keilverbindungen und Spannschloss	331
	Literatur	332
4	Zugstäbe	335
4.1	Querschnittswahl	335
4.2	Bemessung	336
4.3	Anschlüsse	339
4.4	Stöße	348
	Literatur	360
5	Hochfeste Zugglieder	361
5.1	Vorbemerkungen	361
5.2	Arten von Zuggliedern	361
5.3	Grundlagen der Bemessung	364
5.3.1	Eigenlasten von Zuggliedern aus Seilen oder Spannstählen	365
5.3.2	Verformungsmodul und Dehnsteifigkeit	366
5.3.3	Beanspruchbarkeit hochfester Zugglieder	367
5.4	Verankerungen und Umlenklager	368
	Literatur	370

6	Stabilitätsnachweise für Stäbe und Stabwerke	371
6.1	Einführung	371
6.2	Druckbeanspruchung	374
6.2.1	Vorbemerkungen	374
6.2.2	Tragverhalten von Druckstäben	374
6.2.2.1	Geometrische Nichtlinearität	374
6.2.2.2	Physikalische Nichtlinearität	375
6.2.2.3	Grenzlasten	376
6.2.3	Knicklasten und Knickbiegelinien	376
6.2.3.1	Einführung	376
6.2.3.2	Lösen von Knickbedingungen	378
6.2.3.3	Ersatz von Tragwerksteilen durch Federn	380
6.2.3.4	Sonderfälle Biegedrillknicken und Drillknicken	383
6.2.3.5	Hinweise zu computerorientierten Berechnungen	386
6.2.4	Nachweise mit Abminderungsfaktoren	389
6.2.4.1	Anwendungsbereich und Abgrenzungskriterien	389
6.2.4.2	Verfahren	389
6.2.5	Nachweise mit dem Ersatzimperfektionsverfahren	393
6.2.5.1	Verfahren	393
6.2.5.2	Schnittgrößen Theorie II. Ordnung	396
6.2.6	Mehrteilige Druckstäbe	402
6.2.7	Beispiele	404
6.2.7.1	Einführungsbeispiel Biegeknicken	404
6.2.7.2	Träger mit Querlast und Druckbeanspruchung	406
6.2.7.3	Einspannstütze mit angehängten Pendelstützen	407
6.2.7.4	T-Querschnitt als Druckgurt eines Fachwerkträgers	410
6.3	Biegebeanspruchung M_y	412
6.3.1	Grundlegende Zusammenhänge beim Biegedrillknicken	412
6.3.2	Ideale Biegedrillknickmomente	415
6.3.2.1	Gabelgelagerte Einfeldträger mit doppeltsymmetrischem Querschnitt	416
6.3.2.2	Einfeldträger mit Gleichstreckenlast und Randmomenten	417
6.3.2.3	Kragträger mit doppeltsymmetrischem I-Querschnitt	418
6.3.3	Nachweise mit Abminderungsfaktoren	420
6.3.3.1	Anwendungsbereich und Abgrenzungskriterien	420
6.3.3.2	Verfahren	420

6.3.4	Behinderung der Verformung	425
6.3.4.1	Vorbemerkungen	425
6.3.4.2	Nachweis des Druckgurtes als Druckstab	425
6.3.4.3	Behinderung der Verformung v	427
6.3.4.4	Behinderung der Verdrehung ϑ	428
6.3.5	Nachweise mit dem Ersatzimperfektionsverfahren	430
6.3.6	Beispiele	432
6.3.6.1	Einführungsbeispiel Biegedrillknicken	432
6.3.6.2	Zweifeldträger	435
6.3.6.3	Seitlich gestützter Träger	437
6.4	Gemischte Beanspruchung	438
6.4.1	Nachweise mit Abminderungsfaktoren	438
6.4.1.1	Druck und Biegung	438
6.4.1.2	Planmäßige Torsion	439
6.4.1.3	Allgemeines Verfahren	442
6.4.2	Nachweise mit dem Ersatzimperfektionsverfahren	442
6.4.3	Beispiele	443
6.4.3.1	Einspannstütze mit einachsiger Biegung	443
6.4.3.2	Druckgurt eines Fachwerkträgers mit zweiachsiger Biegung	446
	Literatur	451
7	Stützen	453
7.1	Einführung	453
7.2	Stützenquerschnitte	454
7.3	Konstruktive Durchbildung	457
7.3.1	Einleitung	457
7.3.2	Stützenfüße	458
7.3.2.1	Allgemeines	458
7.3.2.2	Vereinfachter Ansatz der Pressungsverteilung infolge Drucknormalkraft	460
7.3.2.3	Unversteifte Fußplatten	463
7.3.2.4	Trägerrost	480
7.3.2.5	Stützenfüße mit ausgesteifter Fußplatte	481
7.3.2.6	Eingespannte Stützenfüße	486
7.3.2.7	Eingespannte Stützenfüße mit Kasten- und Hohlprofilstützen	514
7.3.2.8	Stützenverankerung	516
7.3.2.9	Übertragung von Horizontalkräften	521
7.3.3	Stützenkopf	523

7.3.4	Stützenstöße	529
7.3.4.1	Der Kontaktstoß	529
7.3.4.2	Der Vollstoß	534
7.3.5	Trägeranschlüsse	536
	Literatur	541
8	Träger	543
8.1	Einführung	543
8.1.1	Verwendung und Anordnung von Trägern im Hochbau	543
8.1.2	Profilwahl	545
8.1.3	Statische Systeme und Trägerstützweite	546
8.1.3.1	Einfeldträger	546
8.1.3.2	Durchlaufträger	547
8.1.3.3	Gelenkträger	548
8.1.3.4	Trägerstützweite	549
8.1.4	Hinweise zur Bemessung	549
8.2	Fließgelenktheorie	550
8.2.1	Vorbemerkungen	550
8.2.2	Bedingungen zur Anwendung	551
8.2.2.1	Grundsätzliche Bedingungen und Annahmen	551
8.2.2.2	Anforderungen an die Querschnitte	551
8.2.2.3	Materialverfestigung und erhöhte Streckgrenzen	552
8.2.2.4	Ungeeignete Systeme	552
8.2.3	Darstellung der Berechnungsverfahren	554
8.2.3.1	Einleitung	554
8.2.3.2	Schrittweise elastische Berechnung	555
8.2.3.3	Berechnung mit dem Prinzip der virtuellen Verrückungen	556
8.2.4	Grenztragfähigkeiten von Durchlaufträgern	558
8.2.4.1	Vorbemerkungen	558
8.2.4.2	Elementarketten	559
8.2.4.3	Standardfälle	560
8.2.4.4	Berechnungsbeispiel	560
8.3	Konstruktive Durchbildung	564
8.3.1	Einleitung oder Durchleitung von Kräften	564
8.3.1.1	Rippenlose Ausführung	564
8.3.1.2	Ausführung mit Lastripen	569
8.3.2	Trägerauflagerungen	573
8.3.2.1	Auflagerung auf Massivbauteile	573
8.3.2.2	Auflagerung auf Trägern	581

8.3.3	Trägeranschlüsse	583
8.3.3.1	Gelenkige Anschlüsse	583
8.3.3.2	Biegesteife Anschlüsse	592
8.3.4	Trägerstöße	594
8.3.4.1	Biegesteife Stöße	594
8.3.4.2	Gelenkige Stöße	596
8.3.5	Besonderheiten	596
8.3.5.1	Kopplung von Trägern	596
8.3.5.2	Stegdurchbrüche	597
	Literatur	598
9	Anhang	599
9.1	Bezeichnungen und Definitionen	599
9.2	Querschnittskennwerte	602
9.2.1	Kennwerte für Walzprofile	602
9.2.2	Bestimmungsgleichungen für ausgewählte Querschnitte	618
9.2.3	Querschnittsnormierung	621
9.3	Schnittgrößen und Grenztragfähigkeiten	624
9.3.1	Torsionsschnittgrößen	624
9.3.2	Grenztragfähigkeiten druckbeanspruchter Bauteile	629
	Weiterführende Literatur	649
	Stichwortverzeichnis	653