

Stahlbau in Beispielen

Berechnungspraxis nach DIN 18 800-1 bis -3

(Ausgabe Nov. 1990 bzw. berichtigte Neuauflage 1992)

5. Auflage 2001

Prof. Dr.-Ing. habil. Gottfried Hünersen
Dr. sc. techn. Ehler Fritzsche

Werner Verlag



Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Bemessungsvoraussetzungen	1
1.0 Allgemeines	1
1.1 Erläuterungen	1
1.1.1 Einwirkungen, Einwirkungsgrößen	1
1.1.2 Widerstand, Widerstandsgrößen	1
1.1.3 Bemessungswerte	2
1.1.4 Charakteristische Werte	2
1.1.5 Teilsicherheitsbeiwerte	2
1.1.6 Kombinationsbeiwerte	3
1.1.7 Beanspruchungen, Grenzzustände und Beanspruchbarkeiten	3
1.1.8 Nachweise, Nachweisverfahren	3
1.2 Verwendete Formelzeichen	6
1.2.1 Koordinaten, Verschiebungs- und Schnittgrößen, Spannungen sowie Imperfektionen	6
1.2.2 Physikalische Kenngrößen, Festigkeiten	6
1.2.3 Querschnittsgrößen	7
1.2.4 Systemgrößen	7
1.2.5 Einwirkungen, Widerstandsgrößen und Sicherheitselemente	7
1.2.6 Nebenzeichen	8
1.3 Hinweise zu den Stahlsorten und zu deren charakteristischen Werten	8
1.4 Nachweischema für die Bemessungsvoraussetzungen	12
1.5 Beispiele für die Ermittlung der Bemessungsvoraussetzungen	13
1.5.1 Randstütze unter einer Bühne	13
1.5.2 Träger	14
2 Nachweisverfahren für die Tragsicherheit	16
2.0 Allgemeines	16
2.1 Nachweisverfahren Elastisch-Elastisch	16
2.1.0 Vorbemerkungen	16
2.1.1 Allgemeine Form des Spannungsnachweises	17
2.1.2 Örtliche Plastizierung	18
2.1.3 Charakteristische Werte der Werkstoffe für die Nachweisführung Elastisch-Elastisch	18
2.2 Nachweisverfahren Elastisch-Plastisch	20
2.2.0 Vorbemerkungen	20
2.2.1 Allgemeine Querschnittsformen	21
2.2.2 Interaktionsbeziehungen für I-Querschnitte mit N , M_y , V_z (einachsige Biegung)	22
2.2.3 Interaktionsbeziehungen für I-Querschnitte mit N , M_z , V_y (einachsige Biegung)	22
2.2.4 Nachweischema für I-Querschnitte mit N , V_z , V_y , M_y , M_z (zweiachsige Biegung)	23
2.2.5 Schnittgrößen im vollplastischen Zustand für gewalzte I-Querschnitte aus St 37 in kNm und kN	24
2.2.6 Formeln zur Berechnung der Schnittgrößen im vollplastischen Zustand	25
2.3 Nachweisverfahren Plastisch-Plastisch	26

Inhaltsverzeichnis

2.4	Beispiele zum Nachweis der Tragsicherheit	27
2.4.1	Querschnitt mit N, M_y, V_z	27
2.4.2	Eingespannter Träger, $l = 5$ m	29
2.4.3	Eingespannter Träger, $l = 11$ m	32
2.4.4	Eingespannter Rahmen ohne Stabilitätsberechnung	33
3	Schraubenverbindungen	36
3.0	Allgemeines	36
3.1	Schraubenwerkstoff	36
3.2	Schraubenarten	36
3.3	Ausführungsformen der Schraubenverbindung	37
3.4	Hinweise	38
3.5	Nachweis für Schraubenverbindungen – Beanspruchung rechtwinklig zur Schaftrichtung	39
3.5.0	Nachweisschema	39
3.5.1	Ermittlung der Beanspruchbarkeit auf Abscheren	40
3.5.2	Tabelle der Grenzabscherkräfte $V_{a,R,d}$ in kN je Scherfuge für einschnittig gestützte und mehrschnittige Verbindungen	41
3.5.3	Ermittlung der Beanspruchbarkeit auf Lochleibung	42
3.5.4	Tabelle der Grenzlochspannungskräfte in kN für SL-, SLV- und GV-Verbindungen	43
3.5.5	Tabelle der Grenzlochspannungskräfte in kN für SLP-, SLVP- und GVP-Verbindungen	44
3.5.6	Ergänzungsnachweis für gleitfeste, planmäßig vorgespannte Schrauben	45
3.6	Nachweis für Schraubenverbindungen – Beanspruchung auf Zug in Schaftrichtung und auf Abscheren	46
3.6.0	Nachweisschema	46
3.6.1	Tabelle zur Ermittlung der Grenzzugkraft $N_{R,d}$ je Schraube in kN	47
3.7	Beispiele für Schraubenverbindungen	48
3.7.1	Zugbandstoß	48
3.7.2	Trägeranschluß	50
3.7.3	Angehängter Träger	53
3.7.4	Trägerstoß	54
4	Schweißverbindungen	62
4.0	Allgemeines	62
4.1	Stahlauswahl	62
4.2	Maße und Querschnittswerte	63
4.2.1	Nahtdicke	63
4.2.2	Nahtlänge	63
4.2.3	Schweißnahtfläche	63
4.3	Schweißnahtspannungen	64
4.4	Nachweis für Schweißverbindungen	65
4.4.0	Nachweisschema	65
4.4.1	Ermittlung der Schweißnahtgeometrie	66
4.4.2	Ermittlung der Schweißnahtspannungen	67
4.5	Beispiele für Schweißanschlüsse	68
4.5.1	Knotenblechanschluß	68
4.5.2	Geschweißter biegesteifer Trägeranschluß	70
4.6	Punktschweißverbindungen	72
4.6.0	Allgemeines	72

Inhaltsverzeichnis

4.6.1	Nachweisschema für Punktschweißverbindungen	73
4.6.2	Tabelle für die Traglast von Schweißpunkten in Abhängigkeit von der Versagensform	74
4.6.3	Beispiel – punktgeschweißter Zugbandstoß	75
5	Zugstäbe	76
5.0	Allgemeines	76
5.1	Berechnungsvoraussetzungen	76
5.2	Nachweisschema für Zugstäbe	77
5.3	Beispiele für Zugstäbe	78
5.3.1	Zugstab mit mittigem Anschluß	78
5.3.2	Zugstab mit außermittigem Anschluß	79
6	Knicklängenbeiwert β	80
6.0	Allgemeines	80
6.1	Ermittlung der Knicklängenbeiwerte mit Formeln	80
6.2	Ermittlung der Knicklängenbeiwerte mit Diagrammen	81
6.2.1	Unverschiebliche Systeme	81
6.2.2	Verschiebliche Systeme	82
6.3	Schema zur Ermittlung von β mit Formeln	84
6.4	Ermittlung der Knicklängenbeiwerte von unverschieblichen Systemen	85
6.4.0	Nachweisschema	85
6.4.1	Diagramm für die Ermittlung der Knicklängenbeiwerte von unverschieblichen Systemen	86
6.5	Ermittlung der Knicklängenbeiwerte von verschieblichen Systemen	87
6.5.0	Nachweisschema	87
6.5.1	Diagramm für die Ermittlung der Knicklängenbeiwerte von verschieblichen Systemen	88
6.6	Beispiele für die Ermittlung der Knicklängenbeiwerte β	89
6.6.1	Rahmenformeln nach [19]	89
6.6.2	Rahmenformeln nach DIN 18 800 T 2	89
6.6.3	Durchlaufende Stütze	90
6.6.4	Stockwerkrahmen	93
7	Mittig gedrückte einteilige Stäbe	97
7.0	Allgemeines	97
7.1	Biegeknicken	97
7.2	Biegedrillknicken	98
7.3	Bezeichnungen	99
7.4	Nachweis für mittig gedrückte einteilige Stäbe (Biegeknicken)	100
7.4.0	Nachweisschema	100
7.4.1	Ermittlung der Knickspannungslinie	101
7.4.2	Tabelle der Abminderungsfaktoren κ	102
7.5	Nachweis für mittig gedrückte einteilige Stäbe mit einfach- und doppelt-symmetrischem Querschnitt (Biegedrillknicken)	104
7.5.0	Nachweisschema	104
7.5.1	Ermittlung des Drehradius c und der Ordinate des Schubmittelpunktes	105
7.5.2	Diagramm zur Ermittlung der maßgebenden Versagensform bei L-Profilen nach [9]	106
7.5.3	Diagramm zur Ermittlung der maßgebenden Versagensform bei T-Profilen nach [9]	107
7.6	Beispiele für mittig gedrückte einteilige Stäbe	108

Inhaltsverzeichnis

7.6.1	Stütze mit I-Querschnitt	108
7.6.2	Druckstab mit T-Querschnitt	109
7.6.3	Der einfachsymmetrische Diagonalstab	111
8	Stäbe mit einachsiger Biegung ohne Normalkraft	114
8.0	Allgemeines	114
8.1	Ausweichen rechtwinklig zur Momentenebene	114
8.2	Nachweisschema für Stäbe mit einachsiger Biegung ohne Normalkraft	116
8.2.1	Exakte Ermittlung von $M_{K_{i,y}}$	118
8.2.2	Berücksichtigung aussteifender Bauelemente beim Biegedrillknicknachweis	119
8.2.3	Nachweis der wirksamen Drehbettung	120
8.3	Diagramm zur Ermittlung von $\max M_y$ nach der Druckstabanalogie	121
8.4	Diagramm zur Ermittlung von $M_{K_{i,y}}$ mit $z_p = -h/2$	122
8.5	Diagramm zur Ermittlung von $M_{K_{i,y}}$ mit $z_p = 0$	123
8.6	Abminderungsfaktor κ_M für Walzträger ohne Ausklinkung ($n = 2,5$)	124
8.7	Abminderungsfaktor κ_M für Walzträger mit Ausklinkung und Schweißträger ($n = 2,0$)	125
8.8	Beispiele für den Biegedrillknicknachweis bei Biegeträgern (Kippnachweis)	126
8.8.1	Exakter Nachweis (nach Arbeitsschema 8.2)	126
8.8.2	Näherungsnachweis nach der Druckstabanalogie	128
8.8.3	Nachweisführung für eine Bühnenträgerlage	129
9	Stäbe mit einachsiger Biegung und Normalkraft	132
9.0	Allgemeines	132
9.1	Biegeknicknachweis	132
9.2	Biegedrillknicknachweis	133
9.3	Nachweis bei einachsiger Biegung mit Normalkraft (Biegeknicken)	134
9.3.0	Nachweisschema	134
9.3.1	Momentenbeiwert β_m und β_M	135
9.4	Nachweisschema bei einachsiger Biegung mit Normalkraft (Biegedrillknicken)	136
9.5	Beispiele für Träger mit Druck und einachsiger Biegebeanspruchung	137
9.5.1	Träger mit konstanter Normalkraft	137
9.5.2	Träger mit veränderlicher Normalkraft	140
9.5.3	Rahmenstiel mit Biege- und Normalkraftbeanspruchung	143
10	Stäbe mit zweiachsiger Biegung mit oder ohne Normalkraft	147
10.0	Allgemeines	147
10.1	Biegeknicknachweis	147
10.2	Biegedrillknicknachweis	148
10.3	Nachweisschema für zweiachsige Biegung mit Normalkraft – Biegeknicken, Nachweismethode 1	149
10.4	Nachweisschema für zweiachsige Biegung mit Normalkraft – Biegeknicken, Nachweismethode 2	150
10.5	Nachweisschema für zweiachsige Biegung mit Normalkraft – Biegedrillknicken	151
10.6	Beispiel für Träger mit Druck und zweiachsiger Biegebeanspruchung	152
10.7	Stäbe mit zweiachsiger Biegung und Torsion	156
10.7.1	Erläuterungen	156
10.7.2	Nachweisschema für zweiachsige Biegung und Torsion	158

Inhaltsverzeichnis

10.7.3	Zusammenstellung der Belastungswerte	159
10.7.4	Tabelle für Hilfwerte k_i und K_i	160
10.7.5	Tabelle für die Hilfwerte f_1, f_2, f_3, f_6, f_7	161
10.7.6	Beispiel für einen Träger mit zweiachsiger Biegung und Torsion	162
11	Mehrteilige einfeldrige Stäbe mit unveränderlichem Querschnitt und konstanter Normalkraft	166
11.0	Allgemeines	166
11.1	Rahmenstäbe	167
11.2	Gitterstäbe	167
11.3	Bezeichnungen	167
11.4	Nachweis für Rahmenstäbe mit normaler Spreizung	169
11.4.0	Nachweisschema	169
11.4.1	Nachweis der Bindebleche und deren Anschluß	170
11.4.2	Ermittlung der Länge eines Gurtstabes	171
11.5	Nachweisschema für Stäbe mit geringer Spreizung	172
11.6	Nachweisschema für Gitterstäbe	173
11.7	Beispiele für mehrteilige Druckstäbe	174
11.7.1	Rahmenstab mit normaler Spreizung	174
11.7.2	Rahmenstab mit geringer Spreizung	177
11.7.3	Gitterstab	179
12	Elastisch gestützte Druckgurte	183
12.0	Allgemeines	183
12.1	Grundlagen der Nachweisführung	183
12.2	Bezeichnungen	184
12.3	Nachweisschema für federnd gehaltene Druckstäbe	185
12.4	Beispiele für elastisch gestützte Druckgurte	186
12.4.1	Hauptträger aus einer Vollwandkonstruktion	186
12.4.2	Hauptträger aus einer Fachwerkkonstruktion	188
13	Nachweisführung für Tragwerke nach Theorie II. Ordnung	191
13.0	Allgemeines	191
13.1	Vorverdrehungen	192
13.2	Vorkrümmung	192
13.3	Nachweisschema für Näherungsberechnung nach Theorie II. Ordnung	193
13.3.1	Ermittlung der Imperfektionen	194
13.4	Beispiele zur Berechnung nach Theorie II. Ordnung	194
13.4.1	Eingespannte Stütze mit gekoppelter Pendelstütze	194
13.4.2	Varianten zu Zweigelenrahmen	196
14	Plattenbeulen	205
14.0	Allgemeines	205
14.1	Unversteifte Beulfelder	205
14.2	Versteifte Beulfelder	206
14.3	Bezeichnungen	206
14.4	Tabellen für die Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ bei σ_x	208
14.4.1	Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ beim Tragsicherheitsnachweis nach dem Verfahren Elastisch-Elastisch	208
14.4.2	Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ beim Tragsicherheitsnachweis nach dem Verfahren Elastisch-Plastisch	209

Inhaltsverzeichnis

14.4.3	Grenzwerte $g_{\text{renz}}(b/t)$ beim Tragsicherheitsnachweis nach dem Verfahren Plastisch-Plastisch	209
14.5	Nachweisschema für die Beulsicherheit eines unversteiften Feldes mit Näherungsverfahren	210
14.5.1	Unversteifte, allseitig gelagerte Beulfelder – $g_{\text{renz}}(b/t)$ für St 37 bei σ_x und τ nach [23]	211
14.5.2	Unversteifte, allseitig gelagerte Beulfelder – $g_{\text{renz}}(b/t)$ für St 52 bei σ_x und τ nach [23]	212
14.6	Nachweis für die Beulsicherheit eines unversteiften Feldes mit exaktem Verfahren, σ_x - und τ -Beanspruchung	213
14.6.0	Nachweisschema	213
14.6.1	Ermittlung der Beulwerte k_{σ_x} und k_{τ}	214
14.6.2	Ermittlung des Beulwertes k_{σ_y} nach [39]	214
14.6.3	Überprüfung von knickstabähnlichem Verhalten	215
14.6.4	Abminderungsfaktoren κ (bezogene Tragbeulspannung) bei alleiniger Wirkung von σ_x , σ_y oder τ	216
14.7	Nachweisschema für die Beulsicherheit eines versteiften Feldes	217
14.8	Beispiele für den Nachweis der Beulsicherheit	218
14.8.1	Unversteiftes Beulfeld – Beulsicherheit nach Näherungsverfahren	218
14.8.2	Unversteiftes Beulfeld mit Spannungen σ_x und τ – Beulsicherheit nach exaktem Verfahren	219
14.8.3	Ausgesteiftes Beulfeld	221
14.9	Nachweis der Beulsicherheit eines unversteiften Feldes mit zusätzlicher Randbeanspruchung	223
15	Planmäßig gerade Stäbe mit ebenen dünnwandigen Querschnittsteilen	224
15.0	Allgemeines	224
15.1	Bezeichnungen	225
15.2	Nachweis für planmäßig gerade Stäbe mit ebenen dünnwandigen Querschnittsteilen	226
15.2.0	Nachweisschema	226
15.2.1	Ermittlung der maßgebenden Querschnittswerte	227
15.2.2	Beulwerte k	228
15.2.3	Aufteilung der wirksamen Breite b'	229
15.3	Beispiel für einen Stab mit dünnwandigen Querschnittsteilen	230
16	Stützenfüße	233
16.0	Allgemeines	233
16.1	Gelenkige Stützenfüße	233
16.2	Eingespannte Stützenfüße	234
16.3	Nachweisschema für gelenkige Stützenfüße – geringe Profilhöhe	235
16.4	Nachweisschema für gelenkige Stützenfüße – große Profilhöhe	236
16.5	Nachweisschema für eingespannte Stützenfüße	237
16.6	Beispiele zu Stützenfüßen	238
16.6.1	Gelenkiger Stützenfuß mit geringer Profilhöhe	238
16.6.2	Gelenkiger Stützenfuß mit großer Profilhöhe	239
16.6.3	Eingespannte Stütze mit Ankerbefestigung	242
17	Biegesteife Rahmenecken	245
17.0	Allgemeines	245

Inhaltsverzeichnis

17.1	Biegesteife Stirnplattenverbindungen mit normalfesten Schrauben	246
17.1.1	Rahmenecke mit normalfesten Schrauben	246
17.2	Biegesteife Stirnplattenverbindungen mit hochfesten Schrauben	248
17.2.1	Rahmenecke mit hochfesten Schrauben bei überstehender Stirnplatte	249
17.2.2	Rahmenecke mit hochfesten Schrauben bei bündiger Stirnplatte	252
18	Örtliche Kräfteinleitungen	257
18.0	Allgemeines	257
18.1	Ermittlung der mittragenden Länge bei örtlicher Kräfteinleitung	258
18.2	Beispiele für örtliche Kräfteinleitungen ohne Aussteifung	259
18.2.1	Auflagerung Träger auf Träger	259
18.2.2	Auflagerung Träger auf Knagge	260
18.2.3	Biegesteifer Trägeranschluß – Druckseite	260
19	Biegetorsionsbeanspruchung von U-Profilen	262
19.0	Allgemeines	262
19.1	Berechnungsgrundlagen	262
19.2	Nachweisschema für U-Profile mit planmäßiger Torsion	263
19.2.1	Diagramme für charakteristische Tragmomente von U-Profilen mit Beanspruchung in der Stegebene	264
19.3	Beispiel für einen Bühnenträger	266
20	Dachverbände in Hallenkonstruktionen	267
20.0	Allgemeines	267
20.1	Berechnungsvoraussetzungen	267
20.2	Berechnungsmethoden	268
20.3	Bezeichnungen	269
20.4	Nachweisschema für die Beanspruchung von Dachverbänden in Hallendächern	270
20.5	Beispiel für die Erfassung der Beanspruchung aus Stabilisierungskräften	271
21	Literaturverzeichnis	274
22	Stichwortverzeichnis	276