

# **Stahlbau in Beispielen**

**Berechnungspraxis nach DIN 18 800 Teil 1 bis Teil 3 (11. 90)**

**Dr.-Ing. habil. Gottfried Hünensen  
Dr. sc. techn. Ehler Fritzsche**

**Werner-Verlag**

# Inhaltsverzeichnis

1	Bemessungsvoraussetzungen .....	1
1.1	Erläuterungen .....	1
1.1.1	Einwirkungen .....	1
1.1.2	Widerstand .....	1
1.1.3	Charakteristische Werte .....	1
1.1.4	Teilsicherheitsbeiwerte .....	2
1.1.5	Kombinationsbeiwerte .....	2
1.1.6	Bemessungswerte .....	3
1.1.7	Grenzzustände .....	3
1.2	Bezeichnungen .....	4
1.3	Nachweisschema für die Bemessungsvoraussetzungen .....	5
1.4	Beispiele für die Ermittlung der Bemessungsvoraussetzungen .....	6
1.4.1	Randstütze unter einer Bühne .....	6
1.4.2	Träger .....	7
2	Nachweisverfahren für die Tragsicherheit .....	9
2.1	Nachweisverfahren Elastisch-Elastisch .....	9
2.1.1	Allgemeine Form des Spannungsnachweises .....	9
2.1.2	Örtliche Plastizierung .....	11
2.1.3	Charakteristische Werte der Werkstoffe für die Nachweisführung Elastisch-Elastisch .....	11
2.2	Nachweisverfahren Elastisch-Plastisch .....	13
2.2.1	Allgemeine Querschnittsformen .....	14
2.2.2	Interaktionsbeziehungen für I-Profile mit $N, M_y, V_z$ .....	15
2.2.3	Interaktionsbeziehungen für I-Profile mit $N, M_z, V_y$ .....	15
2.2.4	Nachweisschema für I-Profile mit $N, V_z, V_y, M_y, M_z$ .....	16
2.2.5	Schnittgrößen im vollplastischen Zustand für gewalzte I-Profile aus St 37 .....	17
2.2.6	Formeln zur Berechnung der Schnittgrößen im vollplastischen Zustand ...	18
2.3	Nachweisverfahren Plastisch-Plastisch .....	19
2.4	Beispiele zum Nachweis der Tragsicherheit .....	21
2.4.1	Querschnitt mit $N, M_y, V_z$ .....	21
2.4.2	Eingespannter Träger, $l = 5$ m .....	22
2.4.3	Eingespannter Träger, $l = 11$ m .....	25
2.4.4	Eingespannter Rahmen .....	26
3	Schraubenverbindungen .....	29
3.1	Schraubenwerkstoff .....	29
3.2	Schraubenarten .....	29
3.3	Ausführungsformen der Schraubenverbindung .....	30
3.4	Hinweise .....	31
3.5	Nachweisschema für Schraubenverbindungen – Beanspruchung rechtwinklig zur Schaftrichtung .....	32
3.5.1	Ermittlung der Beanspruchbarkeit auf Abscheren .....	33
3.5.2	Tabelle zur Ermittlung der Beanspruchbarkeit $V_{a,R,d}$ je Scherfläche einer Schraube in kN .....	34
3.5.3	Ermittlung der Beanspruchbarkeit auf Lochleibung .....	35
3.5.4	Tabelle zur Ermittlung der Beanspruchbarkeit $V_{l,R,d}$ (Lochleibung) für l cm Bohrtiefe .....	36

3.5.5	Grenzlochleibungskraft $V_{l,R,d}$ für Schrauben mit einem Lochabstand $e$ in Kraftrichtung für St 37 .....	37
3.5.6	Grenzlochleibungskraft $V_{l,R,d}$ für Schrauben mit einem Randabstand $e_1$ in Kraftrichtung für St 37 .....	38
3.5.7	Ergänzungsnachweis für gleitfeste, planmäßig vorgespannte Schrauben ...	39
3.6	Nachweisschema für Schraubenverbindungen – Beanspruchung auf Zug in Schaftrichtung und auf Abscheren .....	40
3.6.1	Tabelle zur Ermittlung der Grenzzugkraft $N_{R,d}$ für eine Schraube in kN ...	41
3.7	Beispiele für Schraubenverbindungen .....	41
3.7.1	Zugbandstoß .....	41
3.7.2	Trägeranschluß .....	44
3.7.3	Angehängter Träger .....	46
3.7.4	Trägerstoß .....	47
4	Schweißverbindungen .....	54
4.1	Stahlauswahl .....	54
4.2	Maße und Querschnittswerte .....	54
4.2.1	Nahtdicke .....	54
4.2.2	Nahtlänge .....	55
4.2.3	Schweißnahtfläche .....	55
4.3	Schweißnahtspannungen .....	55
4.4	Nachweisschema für Schweißverbindungen – Elastisch-Elastisch .....	56
4.4.1	Ermittlung der Schweißnahtgeometrie .....	57
4.4.2	Ermittlung der Schweißnahtspannungen .....	58
4.5	Beispiele für Schweißanschlüsse .....	59
4.5.1	Knotenblechanschluß .....	59
4.5.2	Geschweißter biegesteifer Trägeranschluß .....	61
4.6	Punktschweißverbindungen .....	63
4.6.1	Nachweisschema für Punktschweißverbindungen .....	64
4.6.2	Tabelle für die Traglast von Schweißpunkten in Abhängigkeit von der Ver- sagensform .....	65
4.6.3	Beispiel – punktgeschweißter Zugbandstoß .....	66
× 5	Zugstäbe .....	67
5.1	Berechnungsvoraussetzungen .....	67
5.2	Nachweisschema für Zugstäbe .....	68
5.3	Beispiele für Zugstäbe .....	69
5.3.1	Zugstab mit mittigem Anschluß .....	69
5.3.2	Zugstab mit außermittigem Anschluß .....	70
6	Knicklängenbeiwert $\beta$ .....	71
6.1	Ermittlung der Knicklängenbeiwerte mit Formeln .....	71
6.2	Ermittlung der Knicklängenbeiwerte mit Diagrammen .....	72
6.2.1	Unverschiebliche Systeme .....	72
6.2.2	Verschiebliche Systeme .....	73
6.3	Schema zur Ermittlung von $\beta$ mit Formeln .....	75
6.4	Schema für die Ermittlung der Knicklängenbeiwerte von unverschieblichen Systemen .....	76
6.4.1	Diagramm für die Ermittlung der Knicklängenbeiwerte von unverschieblichen Systemen .....	77
6.5	Schema für die Ermittlung der Knicklängenbeiwerte von verschieblichen Systemen .....	78

6.5.1	Diagramm für die Ermittlung der Knicklängenbeiwerte von verschieblichen Systemen .....	79
6.6	Beispiele für die Ermittlung der Knicklängenbeiwerte $\beta$ .....	80
6.6.1	Rahmenformeln nach DIN 4114 .....	80
6.6.2	Rahmenformeln nach DIN 18 800 T.2 .....	80
6.6.3	Durchlaufende Stütze .....	81
6.6.4	Stockwerkrahmen .....	84
7	Mittig gedrückte einteilige Stäbe .....	88
x x x 7.1	Biegeknicken .....	88
7.2	Biegedrillknicken .....	89
7.3	Bezeichnungen .....	90
7.4	Nachweisschema für mittig gedrückte einteilige Stäbe (Biegeknicken) .....	91
7.4.1	Ermittlung der Knickspannungslinie .....	92
7.4.2	Tabelle für die Abminderungsfaktoren $\kappa$ .....	93
7.5	Nachweisschema für mittig gedrückte einteilige Stäbe (Biegedrillknicken) .....	95
7.5.1	Ermittlung des Drehradius $c$ und der Ordinate des Schubmittelpunktes ...	96
7.5.2	Diagramm zur Ermittlung der maßgebenden Versagensform bei L-Profilen nach [9] .....	97
7.5.3	Diagramm zur Ermittlung der maßgebenden Versagensform bei T-Profilen nach [9] .....	98
7.6	Beispiele für mittig gedrückte einteilige Stäbe .....	99
7.6.1	Stütze mit I-Querschnitt .....	99
7.6.2	Druckstab mit T-Querschnitt .....	100
7.6.3	Der einfachsymmetrische Diagonalstab .....	102
8	Stäbe mit einachsiger Biegung ohne Normalkraft .....	105
8.1	Ausweichen senkrecht zur Momentenebene .....	105
8.2	Nachweisschema für Stäbe mit einachsiger Biegung ohne Normalkraft ...	107
8.3	Diagramm zur Ermittlung von $\max M_y$ nach der Druckstabanalogie .....	109
8.4	Diagramm zur Ermittlung von $M_{k_{i,y}}$ mit $z_p = -\frac{h}{2}$ .....	110
8.5	Diagramm zur Ermittlung von $M_{k_{i,y}}$ mit $z_p = 0$ .....	111
8.6	Abminderungsfaktor $\kappa_M$ für Walzträger ohne Ausklinkung ( $n = 2,5$ ) .....	112
8.7	Abminderungsfaktor $\kappa_M$ für Walzträger mit Ausklinkung und Schweißträger ( $n = 2,0$ ) .....	113
8.8	Beispiele für den Biegedrillknicknachweis bei Biegeträgern (Kippnachweis)	114
8.8.1	Exakter Nachweis (nach Arbeitsschema 8.2) .....	114
8.8.2	Näherungsnachweis nach der Druckstabanalogie .....	116
9	Stäbe mit einachsiger Biegung und Normalkraft .....	117
9.1	Biegeknicknachweis .....	117
9.2	Biegedrillknicknachweis .....	118
9.3	Nachweisschema bei einachsiger Biegung mit Normalkraft (Biegeknicken)	119
9.3.1	Momentenbeiwert $\beta_m$ und $\beta_M$ .....	120
9.4	Nachweisschema bei einachsiger Biegung .....	121
9.5	Beispiele für Träger mit Druck und einachsiger Biegebeanspruchung .....	122
9.5.1	Träger mit konstanter Normalkraft .....	122
9.5.2	Träger mit veränderlicher Normalkraft .....	125
10	Stäbe mit zweiachsiger Biegung mit oder ohne Druckkraft .....	128
10.1 x	Biegeknicknachweis .....	128
10.2	Biegedrillknicknachweis .....	129

10.3	Nachweischema für zweiachsige Biegung mit Druckkraft – Biegeknicken, Nachweismethode 1 .....	130
10.4	Nachweischema für zweiachsige Biegung mit Druckkraft – Biegeknicken, Nachweismethode 2 .....	131
10.5	Nachweischema für zweiachsige Biegung mit Druckkraft – Biegedrillknicken .....	132
10.6	Beispiel für Träger mit Druck und zweiachsiger Biegebeanspruchung .....	133
10.7	Stäbe mit zweiachsiger Biegung und Torsion .....	137
10.7.1	Erläuterungen .....	137
10.7.2	Nachweischema für zweiachsige Biegung und Torsion .....	139
10.7.3	Zusammenstellung der Belastungswerte .....	140
10.7.4	Tabelle für Hilfwerte $k_1$ und $K_1$ .....	141
10.7.5	Tabelle für die Hilfwerte $f_1, f_2, f_5, f_6, f_7$ .....	142
10.7.6	Beispiel für einen Träger mit zweiachsiger Biegung und Torsion .....	143
11	Mehrteilige einfeldrige Stäbe mit unveränderlichem Querschnitt und konstanter Normalkraft .....	147
11.1	Rahmenstäbe .....	148
11.2	Gitterstäbe .....	148
11.3	Bezeichnungen .....	148
11.4	Nachweischema für Rahmenstäbe mit normaler Spreizung .....	150
11.4.1	Nachweis für Bindebleche und deren Anschluß .....	151
11.4.2	Ermittlung der Länge eines Gurtstabes .....	152
11.5	Nachweischema für Stäbe mit geringer Spreizung .....	153
11.6	Nachweischema für Gitterstäbe .....	154
11.7	Beispiele für mehrteilige Druckstäbe .....	155
11.7.1	Rahmenstab mit normaler Spreizung .....	155
11.7.2	Rahmenstab mit geringer Spreizung .....	158
11.7.3	Gitterstab .....	160
12	Elastisch gestützte Druckgurte .....	163
12.1	Grundlagen der Nachweisführung .....	163
12.2	Bezeichnungen .....	164
12.3	Nachweischema für federnd gehaltene Druckstäbe .....	165
12.4	Beispiele für elastisch gestützte Druckgurte .....	166
12.4.1	Hauptträger aus einer Vollwandkonstruktion .....	166
12.4.2	Hauptträger aus einer Fachwerkkonstruktion .....	168
13	Nachweisführung nach Theorie II. Ordnung .....	171
13.1	Vorverdrehungen .....	172
13.2	Vorkrümmung .....	172
13.3	Nachweischema für Näherungsberechnung nach Theorie II. Ordnung .....	173
13.3.1	Ermittlung der Imperfektionen .....	174
13.4	Beispiele zur Berechnung nach Theorie II. Ordnung .....	174
13.4.1	Eingespannte Stütze mit gekoppelter Pendelstütze .....	174
13.4.2	Varianten zu Zweigelenrahmen .....	176
14	Plattenbeulen .....	187
14.1	Unversteifte Beulfelder .....	187
14.2	Versteifte Beulfelder .....	188
14.3	Abkürzungen .....	188
14.4	Tabellen für die Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ bei $\sigma_x$ .....	190

14.4.1	Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ beim Tragsicherheitsnachweis nach dem Verfahren Elastisch-Elastisch .....	190
14.4.2	Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ beim Tragsicherheitsnachweis nach dem Verfahren Elastisch-Plastisch .....	191
14.4.3	Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ beim Tragsicherheitsnachweis nach dem Verfahren Plastisch-Plastisch .....	191
14.5	Nachweisschema für die Beulsicherheit eines unversteiften Feldes mit Näherungsverfahren .....	192
14.5.1	Unversteifte allseitig gelagerte Beulfelder – $\text{grenz}(b/t)$ für St 37 bei $\sigma_x$ und $\tau$ nach [23] .....	193
14.5.2	Unversteifte allseitig gelagerte Beulfelder – $\text{grenz}(b/t)$ für ST 52 bei $\sigma_x$ und $\tau$ nach [23] .....	194
14.6	Nachweisschema für die Beulsicherheit eines versteiften Feldes mit exaktem Verfahren .....	195
14.6.1	Ermittlung der Beulwerte $k_{\sigma_x}$ und $k_{\tau}$ .....	196
14.6.2	Überprüfung von knickstabähnlichem Verhalten .....	196
14.6.3	Abminderungsfaktoren $\kappa$ (bezogene Tragbeulspannung) bei alleiniger Wirkung von $\sigma_x$ , $\sigma_y$ oder $\tau$ .....	197
14.7	Nachweisschema für die Beulsicherheit eines versteiften Feldes .....	198
14.8	Beispiele für den Nachweis der Beulsicherheit .....	199
14.8.1	Unversteiftes Beulfeld – Beulsicherheit nach Näherungsverfahren .....	199
14.8.2	Unversteiftes Beulfeld – Beulsicherheit nach exaktem Verfahren .....	200
14.8.3	Ausgesteiftes Beulfeld .....	202
15	Planmäßig gerade Stäbe mit ebenen dünnwandigen Querschnittsteilen ....	204
15.1	Abkürzungen .....	205
15.2	Nachweisschema für planmäßig gerade Stäbe mit ebenen dünnwandigen Querschnittsteilen .....	206
15.2.1	Ermittlung der maßgebenden Querschnittswerte .....	207
15.2.2	Beulwerte $k$ .....	208
15.2.3	Aufteilung der wirksamen Breite $b'$ .....	209
15.3	Beispiel für einen Stab mit dünnwandigen Querschnittsteilen .....	210
16	Stützenfüße .....	213
16.1	Gelenkige Stützenfüße .....	213
16.2	Eingespannte Stützenfüße .....	214
16.3	Beispiele zu Stützenfüßen .....	214
16.3.1	Gelenkiger Stützenfuß mit geringer Profilhöhe .....	214
16.3.2	Gelenkiger Stützenfuß mit großer Profilhöhe .....	216
16.3.3	Eingespannte Stütze mit Ankerbefestigung .....	218
17	Biegesteife Rahmenecken .....	221
17.1	Stirnplattenverbindungen mit normalfesten Schrauben .....	222
17.2	Stirnplattenverbindungen mit hochfesten Schrauben .....	222
17.3	Beispiele zu biegesteifen Stirnplattenanschlüssen .....	222
17.3.1	Rahmenecke mit normalfesten Schrauben .....	222
17.3.2	Rahmenecke mit hochfesten Schrauben .....	224
18	Örtliche Krafteinleitungen .....	228
18.1	Ermittlung der mittragenden Länge bei örtlicher Krafteinleitung .....	229
18.2	Beispiele für örtliche Krafteinleitung ohne Aussteifung .....	230
18.2.1	Auflagerung Träger auf Träger .....	230

18.2.2	Auflagerung Träger auf Knagge .....	231
19	Wölbnormalspannungen .....	232
19.1	Näherungsverfahren zur Ermittlung der Wölbnormalspannungen .....	232
19.2	Nachweisschema zur Ermittlung von Wölbnormalspannungen .....	234
19.3	Beispiel für die Ermittlung von Wölbnormalspannungen .....	235
20	Literaturverzeichnis .....	237