Stahlbau in Beispielen

**Berechnungspraxis nach DIN 18 800 Teil 1 bis Teil 3
(Ausgabe Nov. 1990 bzw. berichtigte Neuauflage 1992)**

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

2., bearbeitete und erweiterte Auflage 1993

Werner-Verlag

Inhaltsverzeichnis

1	Bemessungsvoraussetzungen	1
1.0	Allgemeines	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	Nachweischema 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
2.0	Allgemeines	9
2.1	Nachweisverfahren Elastisch-Elastisch	9
2.1.0	Vorbemerkungen	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
2.2.0	Vorbemerkungen	13
2.2.1	Allgemeine Querschnittsformen	14
2.2.2	Interaktionsbeziehungen für I-Querschnitte mit N , M_y , V_z (einachsige Biegung)	15
2.2.3	Interaktionsbeziehungen für I-Querschnitte mit N , M_z , V_y (einachsige Biegung)	15
2.2.4	Nachweischema für I-Querschnitte mit N , V_z , V_y , M_y , M_z (zweiachsige Biegung)	16
2.2.5	Schnittgrößen im vollplastischen Zustand für gewalzte I-Querschnitte aus St 37 in kN cm und kN	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 ohne Stabilitätsberechnung	26
3	Schraubenverbindungen	29
3.0	Allgemeines	29
3.1	Schraubenwerkstoff	29
3.2	Schraubenarten	29
3.3	Ausführungsformen der Schraubenverbindung	30

3.4	Hinweise	31
3.5	Nachweis für Schraubenverbindungen – Beanspruchung rechtwinklig zur Schafrichtung	32
3.5.0	Nachweisschema	32
3.5.1	Ermittlung der Beanspruchbarkeit auf Abscheren	33
3.5.2	Tabelle Beanspruchbarkeit $V_{a,R,d}$ je Scherfläche in kN	34
3.5.3	Ermittlung der Beanspruchbarkeit auf Lochleibung	35
3.5.4	Tabelle Beanspruchbarkeit $V_{l,R,d}$ je 1 cm Bohrtiefe in kN (St37)	36
3.5.5	Grenzlochleibungskraft $V_{l,R,d}$ für Schrauben mit einem Lochabstand e in Krafrichtung für St 37	37
3.5.6	Grenzlochleibungskraft $V_{l,R,d}$ für Schrauben mit einem Randabstand e_1 in Krafrichtung für St 37	38
3.5.7	Ergänzungsnachweis für gleitfeste, planmäßig vorgespannte Schrauben ...	39
3.6	Nachweis für Schraubenverbindungen – Beanspruchung auf Zug in Schafrichtung und auf Abscheren	40
3.6.0	Nachweisschema	40
3.6.1	Tabelle Grenzzugkraft $N_{R,d}$ je 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
4.0	Allgemeines	54
4.1	Stahlauswahl	54
4.2	Maße und Querschnittswerte	55
4.2.1	Nahtdicke	55
4.2.2	Nahtlänge	55
4.2.3	Schweißnahtfläche	55
4.3	Schweißnahtspannungen	56
4.4	Nachweis für Schweißverbindungen	57
4.4.0	Nachweisschema	57
4.4.1	Ermittlung der Schweißnahtgeometrie	58
4.4.2	Ermittlung der Schweißnahtspannungen	59
4.5	Beispiele für Schweißanschlüsse	60
4.5.1	Knotenblechanschluß	60
4.5.2	Geschweißter biegesteifer Trägeranschluß	62
4.6	Punktschweißverbindungen	64
4.6.0	Allgemeines	64
4.6.1	Nachweisschema für Punktschweißverbindungen	65
4.6.2	Tabelle Traglast von Schweißpunkten in Abhängigkeit von der Versagens- form – Schmelzschweißen	66
4.6.3	Beispiel – punktgeschweißter Zugbandstoß	67
5	Zugstäbe	68
5.0	Allgemeines	68
5.1	Berechnungsvoraussetzungen	68
5.2	Nachweisschema für Zugstäbe	69
5.3	Beispiele für Zugstäbe	70
5.3.1	Zugstab mit mittigem Anschluß	70
5.3.2	Zugstab mit außermittigem Anschluß	71

6	Knicklängenbeiwert β	72
6.0	Allgemeines	72
6.1	Ermittlung der Knicklängenbeiwerte mit Formeln	72
6.2	Ermittlung der Knicklängenbeiwerte mit Diagrammen	73
6.2.1	Unverschiebliche Systeme	73
6.2.2	Verschiebliche Systeme	74
6.3	Schema zur Ermittlung von β mit Formeln	76
6.4	Ermittlung der Knicklängenbeiwerte von unverschieblichen Systemen	77
6.4.0	Nachweisschema	77
6.4.1	Diagramm für die Ermittlung der Knicklängenbeiwerte von unverschieblichen Systemen	78
6.5	Ermittlung der Knicklängenbeiwerte von verschieblichen Systemen	79
6.5.0	Nachweisschema	79
6.5.1	Diagramm für die Ermittlung der Knicklängenbeiwerte von verschieblichen Systemen	80
6.6	Beispiele für die Ermittlung der Knicklängenbeiwerte β	81
6.6.1	Rahmenformeln nach [19]	81
6.6.2	Rahmenformeln nach DIN 18 800 T.2	81
6.6.3	Durchlaufende Stütze	82
6.6.4	Stockwerkrahmen	85
7	Mittig gedrückte einteilige Stäbe	89
7.0	Allgemeines	89
7.1	Biegeknicken	89
7.2	Biegedrillknicken	90
7.3	Bezeichnungen	91
7.4	Nachweis für mittig gedrückte einteilige Stäbe (Biegeknicken)	92
7.4.0	Nachweisschema	92
7.4.1	Ermittlung der Knickspannungslinie	93
7.4.2	Tabelle der Abminderungsfaktoren κ	94
7.5	Nachweis für mittig gedrückte einteilige Stäbe mit einfach- und doppelt-symmetrischem Querschnitt (Biegedrillknicken)	96
7.5.0	Nachweisschema	96
7.5.1	Ermittlung des Drehradius c und der Ordinate des Schubmittelpunktes ...	97
7.5.2	Diagramm zur Ermittlung der maßgebenden Versagensform bei L-Profilen nach [9]	98
7.5.3	Diagramm zur Ermittlung der maßgebenden Versagensform bei T-Profilen nach [9]	99
7.6	Beispiele für mittig gedrückte einteilige Stäbe	100
7.6.1	Stütze mit I-Querschnitt	100
7.6.2	Druckstab mit T-Querschnitt	101
7.6.3	Der einfachsymmetrische Diagonalstab	103
8	Stäbe mit einachsiger Biegung ohne Normalkraft	106
8.0	Allgemeines	106
8.1	Ausweichen senkrecht zur Momentenebene	106
8.2	Nachweisschema für Stäbe mit einachsiger Biegung ohne Normalkraft	108
8.3	Diagramm zur Ermittlung von $\max M_y$ nach der Druckstabanalogie	110
8.4	Diagramm zur Ermittlung von $M_{k_i,y}$ mit $z_p = -\frac{h}{2}$	111
8.5	Diagramm zur Ermittlung von $M_{k_i,y}$ mit $z_p = 0$	112
8.6	Abminderungsfaktor κ_M für Walzträger ohne Ausklinkung ($n = 2,5$)	113

8.7	Abminderungsfaktor κ_M für Walzträger mit Ausklinkung und Schweißträger ($n = 2,0$)	114
8.8	Beispiele für den Biegedrillknicknachweis bei Biegeträgern (Kippnachweis)	115
8.8.1	Exakter Nachweis (nach Arbeitsschema 8.2)	115
8.8.2	Näherungsnachweis nach der Druckstabanalogie	117
9	Stäbe mit einachsiger Biegung und Normalkraft	118
9.0	Allgemeines	118
9.1	Biegeknicknachweis	118
9.2	Biegedrillknicknachweis	119
9.3	Nachweis bei einachsiger Biegung mit Normalkraft (Biegeknicken)	120
9.3.0	Nachweisschema	120
9.3.1	Momentenbeiwert β_m und β_M	121
9.4	Nachweis bei einachsiger Biegung mit Normalkraft (Biegedrillknicken) ...	122
9.5	Beispiele für Träger mit Druck und einachsiger Biegebeanspruchung	123
9.5.1	Träger mit konstanter Normalkraft	123
9.5.2	Träger mit veränderlicher Normalkraft	126
9.5.3	Rahmenstiel mit Biege- und Normalkraftbeanspruchung	129
10	Stäbe mit zweiachsiger Biegung mit oder ohne Druckkraft	133
10.0	Allgemeines	133
10.1	Biegeknicknachweis	133
10.2	Biegedrillknicknachweis	134
10.3	Nachweisschema für zweiachsige Biegung mit Druckkraft – Biegeknicken, Nachweismethode 1	135
10.4	Nachweisschema für zweiachsige Biegung mit Druckkraft – Biegeknicken, Nachweismethode 2	136
10.5	Nachweisschema für zweiachsige Biegung mit Druckkraft – Biegedrillknicken	137
10.6	Beispiel für Träger mit Druck und zweiachsiger Biegebeanspruchung	138
10.7	Stäbe mit zweiachsiger Biegung und Torsion	142
10.7.1	Erläuterungen	142
10.7.2	Nachweisschema für zweiachsige Biegung und Torsion	144
10.7.3	Zusammenstellung der Belastungswerte	145
10.7.4	Tabelle für Hilfwerte k_i und K_i	146
10.7.5	Tabelle für die Hilfwerte f_1, f_2, f_3, f_6, f_7	147
10.7.6	Beispiel für einen Träger mit zweiachsiger Biegung und Torsion	148
11	Mehrteilige einfeldrige Stäbe mit unveränderlichem Querschnitt und konstanter Normalkraft	152
11.0	Allgemeines	152
11.1	Rahmenstäbe	153
11.2	Gitterstäbe	153
11.3	Bezeichnungen	153
11.4	Nachweis für Rahmenstäbe mit normaler Spreizung	155
11.4.0	Nachweisschema	155
11.4.1	Nachweis für Bindebleche und deren Anschluß	156
11.4.2	Ermittlung der Länge eines Gurtstabes	157
11.5	Nachweisschema für Stäbe mit geringer Spreizung	158
11.6	Nachweisschema für Gitterstäbe	159
11.7	Beispiele für mehrteilige Druckstäbe	160
11.7.1	Rahmenstab mit normaler Spreizung	160

11.7.2	Rahmenstab mit geringer Spreizung	163
11.7.3	Gitterstab	165
12	Elastisch gestützte Druckgurte	169
12.0	Allgemeines	169
12.1	Grundlagen der Nachweisführung	169
12.2	Bezeichnungen	170
12.3	Nachweischema für federnd gehaltene Druckstäbe	171
12.4	Beispiele für elastisch gestützte Druckgurte	172
12.4.1	Hauptträger aus einer Vollwandkonstruktion	172
12.4.2	Hauptträger aus einer Fachwerkkonstruktion	174
13	Nachweisführung für Tragwerke nach Theorie II. Ordnung	177
13.0	Allgemeines	177
13.1	Vorverdrehungen	178
13.2	Vorkrümmung	178
13.3	Nachweischema für Näherungsberechnung nach Theorie II. Ordnung	179
13.3.1	Ermittlung der Imperfektionen	180
13.4	Beispiele zur Berechnung nach Theorie II. Ordnung	180
13.4.1	Eingespannte Stütze mit gekoppelter Pendelstütze	180
13.4.2	Varianten zu Zweigelenkrahmen	182
14	Plattenbeulen	193
14.0	Allgemeines	193
14.1	Unversteifte Beulfelder	193
14.2	Versteifte Beulfelder	194
14.3	Abkürzungen	194
14.4	Tabellen für die Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ bei σ_x	196
14.4.1	Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ beim Tragsicherheitsnachweis nach dem Verfahren Elastisch-Elastisch	196
14.4.2	Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ beim Tragsicherheitsnachweis nach dem Verfahren Elastisch-Plastisch	197
14.4.3	Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ beim Tragsicherheitsnachweis nach dem Verfahren Plastisch-Plastisch	197
14.5	Nachweischema für die Beulsicherheit eines unversteiften Feldes mit Näherungsverfahren	198
14.5.1	Unversteifte allseitig gelagerte Beulfelder – $\text{grenz}(b/t)$ für St 37 bei σ_x und τ nach [23]	199
14.5.2	Unversteifte allseitig gelagerte Beulfelder – $\text{grenz}(b/t)$ für ST 52 bei σ_x und τ nach [23]	200
14.6	Nachweis für die Beulsicherheit eines unversteiften Feldes mit exaktem Verfahren	201
14.6.0	Nachweischema	201
14.6.1	Ermittlung der Beulwerte k_{σ_x} und k_{τ}	202
14.6.2	Überprüfung von knickstabähnlichem Verhalten	202
14.6.3	Abminderungsfaktoren κ (bezogene Tragbeulspannung) bei alleiniger Wirkung von σ_x , σ_y oder τ	203
14.7	Nachweischema für die Beulsicherheit eines versteiften Feldes	204
14.8	Beispiele für den Nachweis der Beulsicherheit	205
14.8.1	Unversteiftes Beulfeld – Beulsicherheit nach Näherungsverfahren	205
14.8.2	Unversteiftes Beulfeld – Beulsicherheit nach exaktem Verfahren	206
14.8.3	Ausgesteiftes Beulfeld	208

15	Planmäßig gerade Stäbe mit ebenen dünnwandigen Querschnittsteilen	210
15.0	Allgemeines	210
15.1	Abkürzungen	211
15.2	Nachweis für planmäßig gerade Stäbe mit ebenen dünnwandigen Querschnittsteilen	212
15.2.0	Nachweisschema	212
15.2.1	Ermittlung der maßgebenden Querschnittswerte	213
15.2.2	Beulwerte k	214
15.2.3	Aufteilung der wirksamen Breite b'	215
15.3	Beispiel für einen Stab mit dünnwandigen Querschnittsteilen	216
16	Stützenfüße	219
16.0	Allgemeines	219
16.1	Gelenkige Stützenfüße	219
16.2	Eingespannte Stützenfüße	220
16.3	Nachweisschema für gelenkige Stützenfüße – geringe Profilhöhe	221
16.4	Nachweisschema für gelenkige Stützenfüße – große Profilhöhe	222
16.5	Nachweisschema für eingespannte Stützenfüße	223
16.6	Beispiele zu Stützenfüßen	224
16.6.1	Gelenkiger Stützenfuß mit geringer Profilhöhe	224
16.6.2	Gelenkiger Stützenfuß mit großer Profilhöhe	225
16.6.3	Eingespannte Stütze mit Ankerbefestigung	228
17	Biegesteife Rahmenecken	231
17.0	Allgemeines	231
17.1	Stirnplattenverbindungen mit normalfesten Schrauben	232
17.2	Stirnplattenverbindungen mit hochfesten Schrauben	232
17.3	Beispiele zu biegesteifen Stirnplattenanschlüssen	232
17.3.1	Rahmenecke mit normalfesten Schrauben	232
17.3.2	Rahmenecke mit hochfesten Schrauben	234
18	Örtliche Krafteinleitungen	238
18.0	Allgemeines	238
18.1	Ermittlung der mittragenden Länge bei örtlicher Krafteinleitung	239
18.2	Beispiele für örtliche Krafteinleitungen ohne Aussteifung	240
18.2.1	Auflagerung Träger auf Träger	240
18.2.2	Auflagerung Träger auf Knagge	241
19	Wölbnormalspannungen	242
19.0	Allgemeines	242
19.1	Näherungsverfahren zur Ermittlung der Wölbnormalspannungen	242
19.2	Nachweisschema zur Ermittlung von Wölbnormalspannungen	244
19.3	Beispiel für die Ermittlung von Wölbnormalspannungen	245
20	Literaturverzeichnis	247