

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	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
2.0	Allgemeines	9
2.1	Nachweisverfahren Elastisch-Elastisch	9
2.1.0	Vorbemerkungen	9
2.1.1	Allgemeine Form des Spannungsnachweises	10
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	Nachweisschema 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 kNcm 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	20
2.4.1	Querschnitt mit N , M_y , V_z	20
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 Schafttrichtung	32
3.5.0	Nachweisschema	32
3.5.1	Ermittlung der Beanspruchbarkeit auf Abscheren	33
3.5.2	Tabelle der Grenzabscherkräfte $V_{a,R,d}$ in kN je Scherfuge für einschnittig ge- stützte und mehrschnittige Verbindungen	34
3.5.3	Ermittlung der Beanspruchbarkeit auf Lochleibung	35
3.5.4	Tabelle der Grenzlochspannungskräfte in kN für SL-, SLV- und GV- Verbindungen	36
3.5.5	Tabelle der Grenzlochspannungskräfte in kN für SLP-, SLVP- und GVP- Verbindungen	37
3.5.6	Ergänzungsnachweis für gleitfeste, planmäßig vorgespannte Schrauben ...	38
3.6	Nachweis für Schraubenverbindungen – Beanspruchung auf Zug in Schaft- richtung und auf Abscheren	39
3.6.0	Nachweisschema	39
3.6.1	Tabelle Grenzzugkraft $N_{R,d}$ je Schraube in kN	40
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	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	106
8.0	Allgemeines	106
8.1	Ausweichen rechtwinklig zur Momentenebene	106
8.2	Nachweisschema für Stäbe mit einachsiger Biegung ohne Normalkraft	108
8.2.1	Exakte Ermittlung von $M_{Ki,y}$	110
8.2.2	Berücksichtigung aussteifender Bauelemente beim Biegedrillknick- nachweis	111
8.2.3	Nachweis der wirksamen Drehbettung	112
8.3	Diagramm zur Ermittlung von $\max M_y$ nach der Druckstabanalogie	113

8.4	Diagramm zur Ermittlung von $M_{K_{i,y}}$ mit $z_p = -\frac{h}{2}$	114
8.5	Diagramm zur Ermittlung von $M_{K_{i,y}}$ mit $z_p = 0$	115
8.6	Abminderungsfaktor κ_M für Walzträger ohne Ausklinkung ($n = 2,5$)	116
8.7	Abminderungsfaktor κ_M für Walzträger mit Ausklinkung und Schweißträger ($n = 2,0$)	117
8.8	Beispiele für den Biegedrillknicknachweis bei Biegeträgern (Kippnachweis)	118
8.8.1	Exakter Nachweis (nach Arbeitsschema 8.2)	118
8.8.2	Näherungsnachweis nach der Druckstabanalogie	120
8.8.3	Nachweisführung für eine Bühnenträgerlage	121
9	Stäbe mit einachsiger Biegung und Normalkraft	124
9.0	Allgemeines	124
9.1	Biegeknicknachweis	124
9.2	Biegedrillknicknachweis	125
9.3	Nachweis bei einachsiger Biegung mit Normalkraft (Biegeknicken)	126
9.3.0	Nachweisschema	126
9.3.1	Momentenbeiwert β_m und β_M	127
9.4	Nachweisschema bei einachsiger Biegung mit Normalkraft (Biegedrill- knicken)	128
9.5	Beispiele für Träger mit Druck und einachsiger Biegebeanspruchung	129
9.5.1	Träger mit konstanter Normalkraft	129
9.5.2	Träger mit veränderlicher Normalkraft	132
9.5.3	Rahmenstiel mit Biege- und Normalkraftbeanspruchung	135
10	Stäbe mit zweiachsiger Biegung mit oder ohne Druckkraft	139
10.0	Allgemeines	139
10.1	Biegeknicknachweis	139
10.2	Biegedrillknicknachweis	140
10.3	Nachweisschema für zweiachsige Biegung mit Druckkraft - Biegeknicken, Nachweismethode 1	141
10.4	Nachweisschema für zweiachsige Biegung mit Druckkraft - Biegeknicken, Nachweismethode 2	142
10.5	Nachweisschema für zweiachsige Biegung mit Druckkraft - Biegedrill- knicken	143
10.6	Beispiel für Träger mit Druck und zweiachsiger Biegebeanspruchung	144
10.7	Stäbe mit zweiachsiger Biegung und Torsion	148
10.7.1	Erläuterungen	148
10.7.2	Nachweisschema für zweiachsige Biegung und Torsion	150
10.7.3	Zusammenstellung der Belastungswerte	151
10.7.4	Tabelle für Hilfwerte k_i und K_i	152
10.7.5	Tabelle für die Hilfwerte f_1, f_2, f_3, f_6, f_7	153
10.7.6	Beispiel für einen Träger mit zweiachsiger Biegung und Torsion	154
11	Mehrteilige einfeldrige Stäbe mit unveränderlichem Querschnitt und konstanter Normalkraft	158
11.0	Allgemeines	158
11.1	Rahmenstäbe	159
11.2	Gitterstäbe	159
11.3	Bezeichnungen	159
11.4	Nachweis für Rahmenstäbe mit normaler Spreizung	161
11.4.0	Nachweisschema	161
11.4.1	Nachweis der Bindebleche und deren Anschluß	162
11.4.2	Ermittlung der Länge eines Gurtstabes	163
11.5	Nachweisschema für Stäbe mit geringer Spreizung	164

11.6	Nachweisschema für Gitterstäbe	165
11.7	Beispiele für mehrteilige Druckstäbe	166
11.7.1	Rahmenstab mit normaler Spreizung	166
11.7.2	Rahmenstab mit geringer Spreizung	169
11.7.3	Gitterstab	171
12	Elastisch gestützte Druckgurte	175
12.0	Allgemeines	175
12.1	Grundlagen der Nachweisführung	175
12.2	Bezeichnungen	176
12.3	Nachweisschema für federnd gehaltene Druckstäbe	177
12.4	Beispiele für elastisch gestützte Druckgurte	178
12.4.1	Hauptträger aus einer Vollwandkonstruktion	178
12.4.2	Hauptträger aus einer Fachwerkkonstruktion	180
13	Nachweisführung für Tragwerke nach Theorie II. Ordnung	183
13.0	Allgemeines	183
13.1	Vorverdrehungen	184
13.2	Vorkrümmung	184
13.3	Nachweisschema für Näherungsberechnung nach Theorie II. Ordnung	185
13.3.1	Ermittlung der Imperfektionen	186
13.4	Beispiele zur Berechnung nach Theorie II. Ordnung	186
13.4.1	Eingespannte Stütze mit gekoppelter Pendelstütze	186
13.4.2	Varianten zu Zweigelenkrahmen	188
14	Plattenbeulen	197
14.0	Allgemeines	197
14.1	Unversteifte Beulfelder	197
14.2	Versteifte Beulfelder	198
14.3	Bezeichnungen	198
14.4	Tabellen für die Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ bei σ_x	200
14.4.1	Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ beim Tragsicherheitsnachweis nach dem Verfahren Elastisch-Elastisch	200
14.4.2	Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ beim Tragsicherheitsnachweis nach dem Verfahren Elastisch-Plastisch	201
14.4.3	Grenzwerte $\text{grenz}(b/t)$ beim Tragsicherheitsnachweis nach dem Verfahren Plastisch-Plastisch	201
14.5	Nachweisschema für die Beulsicherheit eines unversteiften Feldes mit Näherungsverfahren	202
14.5.1	Unversteifte allseitig gelagerte Beulfelder – $\text{grenz}(b/t)$ für St 37 bei σ_x und τ nach [23]	203
14.5.2	Unversteifte allseitig gelagerte Beulfelder – $\text{grenz}(b/t)$ für ST 52 bei σ_x und τ nach [23]	204
14.6	Nachweis für die Beulsicherheit eines unversteiften Feldes mit exaktem Verfahren	205
14.6.0	Nachweisschema	205
14.6.1	Ermittlung der Beulwerte k_{σ_x} und k_{τ}	206
14.6.2	Überprüfung von knickstabähnlichem Verhalten	206
14.6.3	Abminderungsfaktoren κ (bezogene Tragbeulspannung) bei alleiniger Wirkung von σ_x , σ_y oder τ	207
14.7	Nachweisschema für die Beulsicherheit eines versteiften Feldes	208
14.8	Beispiele für den Nachweis der Beulsicherheit	209

14.8.1	Unversteiftes Beulfeld – Beulsicherheit nach Näherungsverfahren	209
14.8.2	Unversteiftes Beulfeld – Beulsicherheit nach exaktem Verfahren	210
14.8.3	Ausgesteiftes Beulfeld	212
15	Planmäßig gerade Stäbe mit ebenen dünnwandigen Querschnittsteilen	214
15.0	Allgemeines	214
15.1	Bezeichnungen	215
15.2	Nachweis für planmäßig gerade Stäbe mit ebenen dünnwandigen Querschnittsteilen	216
15.2.0	Nachweisschema	216
15.2.1	Ermittlung der maßgebenden Querschnittswerte	217
15.2.2	Beulwerte k	218
15.2.3	Aufteilung der wirksamen Breite b'	219
15.3	Beispiel für einen Stab mit dünnwandigen Querschnittsteilen	220
16	Stützenfüße	223
16.0	Allgemeines	223
16.1	Gelenkige Stützenfüße	223
16.2	Eingespannte Stützenfüße	224
16.3	Nachweisschema für gelenkige Stützenfüße – geringe Profilhöhe	225
16.4	Nachweisschema für gelenkige Stützenfüße – große Profilhöhe	226
16.5	Nachweisschema für eingespannte Stützenfüße	227
16.6	Beispiele zu Stützenfüßen	228
16.6.1	Gelenkiger Stützenfuß mit geringer Profilhöhe	228
16.6.2	Gelenkiger Stützenfuß mit großer Profilhöhe	229
16.6.3	Eingespannte Stütze mit Ankerbefestigung	232
17	Biegesteife Rahmenecken	235
17.0	Allgemeines	235
17.1	Stirnplattenverbindungen mit normalfesten Schrauben	236
17.2	Stirnplattenverbindungen mit hochfesten Schrauben	236
17.3	Beispiele zu biegesteifen Stirnplattenanschlüssen	236
17.3.1	Rahmenecke mit normalfesten Schrauben	236
17.3.2	Rahmenecke mit hochfesten Schrauben	238
18	Örtliche Krafteinleitungen	242
18.0	Allgemeines	242
18.1	Ermittlung der mittragenden Länge bei örtlicher Krafteinleitung	243
18.2	Beispiele für örtliche Krafteinleitungen ohne Aussteifung	244
18.2.1	Auflagerung Träger auf Träger	244
18.2.2	Auflagerung Träger auf Knagge	245
18.2.3	Biegesteifer Trägeranschluß – Druckseite	245
19	Biegetorsionsbeanspruchung von U-Profilen	247
19.0	Allgemeines	247
19.1	Berechnungsgrundlagen	247
19.2	Nachweisschema für U-Profile mit planmäßiger Torsion	248
19.2.1	Diagramme für charakteristische Tragmomente von U-Profilen mit Beanspruchung in der Stegebene	249
19.3	Beispiel für einen Bühnenträger	251
20	Literaturverzeichnis	253