

1	Die Tragwerkssicherheit	1
1.1	Allgemeines	1
1.2	Der Tragsicherheitsnachweis - die statische Berechnung	1
1.3	Das neue Konzept zur Bestimmung der Tragwerkssicherheit	3
1.3.1	Allgemeines	3
1.3.2	Grundlagen	3
1.3.3	Anforderungen	3
1.3.4	Theoretische Zusammenhänge	3
1.3.4.1	Verteilung, Häufigkeit, Wahrscheinlichkeit	3
1.3.4.2	Definitionen	5
1.3.5	Verteilungsfunktionen	6
1.3.5.1	Gaußsche Normalverteilung	6
1.3.5.2	Die logarithmische Normalverteilung	7
1.3.5.3	Die Extremwert I-Verteilung	9
1.3.6	Die Versagenswahrscheinlichkeit	10
1.3.7	Der Sicherheitsindex	11
1.3.8	Nachweisverfahren der Stufe II	13
1.3.8.1	Allgemeines	13
1.3.8.2	Nachweis bei zwei Einzeleinflüssen	13
1.3.8.3	Nachweis bei mehreren Einzeleinflüssen	17
1.3.8.4	Verschiedene Verteilungsfunktionen	19
1.3.9	Herleitung von Teilsicherheitsbeiwerten (Stufe I)	19
1.3.9.1	Allgemeines	19
1.3.9.2	Teilsicherheitsbeiwerte γ_m für Widerstände R	20
1.3.9.3	Teilsicherheitsbeiwerte γ_f für Einwirkungen	21
1.3.9.4	Kombinationsbeiwerte ψ für Einwirkungen	24
1.3.9.5	Sicherheitselemente für Zufallsvariable mit dem Mittelwert Null	25
1.3.9.6	Systembeiwert γ_{sys}	27
1.3.9.7	Der Einfluß des Bezugszeitraumes T	28
1.3.9.8	Vorgabe des Sicherheitsindex β	29
1.3.10	Nachweisverfahren der Stufe I mit Teilsicherheitsbeiwerten	30
1.3.10.1	Allgemeines	30
1.3.10.2	Grenzzustände	30
1.3.10.3	Zahlenwerte für die Teilsicherheitsbeiwerte γ_f	31
1.3.10.4	Teilsicherheitsbeiwert γ_{sys}	31
1.3.10.5	Kombinationsregeln für Einwirkungen	32
1.3.10.6	Zahlenwerte für die Teilsicherheitsbeiwerte γ_m	32
1.3.11	Zusammenfassung und Ausblick	33
2	Baustähle - Herstellung und Eigenschaften	35
2.1	Grundbegriffe der Stahlerzeugung	35
2.2	Die wichtigsten Stahl-Herstellungsverfahren	35
2.3	Vergießung des Stahles	36
2.3.1	Allgemeines	36
2.3.2	Kokillenguß	36
2.3.2.1	Unberuhigter Stahl (U)	36
2.3.2.2	Beruhigter Stahl (R)	36
2.3.2.3	Doppeltberuhigter Stahl (RR)	37
2.3.2.4	Vakuumbehandlung	37
2.3.3	Strangguß	37
2.4	Einflüsse der Eisenbegleiter	38
2.5	Kurzer Abriß aus der Metallphysik	40
2.5.1	Allgemeines	40
2.5.2	Kristalline Struktur	40
2.5.3	Plastische Eigenschaften	41
2.5.4	Fließen	42
2.5.5	Beeinflussung der Festigkeitseigenschaften	42
2.6	Wärmebehandlung und Eigenspannungen	42
2.6.1	Allgemeines	42
2.6.2	Normalglühen	42

2.6.3	Spannungsarmglühen	43
2.6.4	Härten	44
2.6.5	Vergüten	44
2.6.6	Eigenspannungen	44
2.6.6.1	Allgemeines	44
2.6.6.2	Eigenspannungen durch partielles Erwärmen (Warmrichten)	45
2.6.6.3	Schweißigenspannungen	46
2.6.6.4	Walzeigenspannungen	47
2.7	Kennzeichnende Eigenschaften und Begriffe	48
2.7.1	Allgemeines	48
2.7.2	Der Zugversuch	48
2.7.3	Die Streckgrenze (Fließgrenze)	51
2.7.3.1	Allgemeines	51
2.7.3.2	Stabfaser	52
2.7.3.3	Stabquerschnitt	53
2.7.3.4	Örtliche Einflüsse (Kerben)	55
2.7.3.5	Hohe Belastungsgeschwindigkeit	56
2.7.3.6	Kaltverfestigung, Alterung	56
2.7.3.7	Bauschinger-Effekt	57
2.7.4	Innere Dämpfung	58
2.7.5	Dauerstandfestigkeit, Kriechen, Relaxation	58
2.7.6	Zähigkeit und Sprödigkeit (Duktilität)	58
2.7.6.1	Allgemeines	58
2.7.6.2	Aufschweißbiegeprobe	59
2.7.6.3	Kerbschlagzähigkeit	59
2.7.6.4	Weitere Prüfverfahren	60
2.7.7	Härte	61
2.7.8	Bruchformen	61
2.8	Fließ- und Bruchhypothesen	62
2.8.1	Allgemeines	62
2.8.2	Der Mohrsche Kreis für den räumlichen Spannungszustand	62
2.8.3	Der Mohrsche Kreis für den ebenen Spannungszustand	65
2.8.4	Die Fließbedingung nach Mises-Huber-Hencky	65
2.9	Ermüdung - Dauerfestigkeit - Betriebsfestigkeit	67
2.9.1	Allgemeines	67
2.9.2	Begriffe	67
2.9.3	Bruchentstehung	69
2.9.4	Gestaltfestigkeit von Bauteilen	69
2.9.5	Die Zeitfestigkeit - die Wöhlerlinie	72
2.9.6	Faktoren, die die Festigkeit beeinflussen	74
2.9.7	Dauerfestigkeitsdiagramme	74
2.9.7.1	Allgemeines	74
2.9.7.2	Darstellung nach Weyrauch, Gerber, Kommerell	75
2.9.7.3	Darstellung nach Smith	75
2.9.7.4	Das Haigh-Diagramm	76
2.9.7.5	Darstellung nach Moore	77
2.9.8	Betriebsfestigkeit	78
2.9.8.1	Allgemeines	78
2.9.8.2	Das Spannungskollektiv	78
2.9.8.3	Die Miner-Regel	81
2.9.9	Grundlagen der Bemessung	83
2.9.9.1	Allgemeines	83
2.9.9.2	Klassifizierungsgruppen der Kerbwirkung	83
2.9.9.3	Krane und Kranbahnen	83
2.9.10	Der neue Betriebsfestigkeitsnachweis der DB für stählerne Eisenbahnbrücken	84
2.9.10.1	Einführung	84
2.9.10.2	Das Sicherheitskonzept	87
2.9.10.3	Ermüdungswirksame Belastungskollektive	88
2.9.10.4	Zuordnung der Kerbfälle	91
2.9.10.5	Versuchswerte der Dauerfestigkeit	91
2.9.10.6	κ -Abhängigkeit	92
2.10	Baustahlorten	96
2.10.1	Baustähle St 37 und St 52	96
2.10.2	Wahl der Gütegruppen	96
2.10.3	Wetterfeste Stähle WT St 37 und WT St 52	97
2.10.4	Hochfeste, schweißgeeignete Feinkornbaustähle	97

2.10.5	Zulässige Spannungen	97
2.10.6	Andere Stähle	98
2.11	Ausgangserzeugnisse	99
2.11.1	Walzerzeugnisse	99
2.11.2	Sonstige Erzeugnisse	100
2.12	Korrosionsschutz	101
2.12.1	Allgemeines	101
2.12.2	Organische Überzüge	101
2.12.3	Metallische Überzüge	101
2.12.4	Anorganische Überzüge	102
2.12.5	Kathodische Schutzverfahren	102
3	Elastizitätstheorie 1. Ordnung	103
3.1	Einleitung	103
3.2	Einachsige Biegung	104
3.2.1	Bezeichnungen	104
3.2.2	Voraussetzungen und Definitionen	104
3.2.3	Normalspannungen bei einachsiger Biegung	105
3.2.4	Nachweis der Normalspannungen	106
3.2.5	Vorbemessung	107
3.2.5.1	Allgemeines	107
3.2.5.2	Vernachlässigung des Steganteiles (Fachwerkträger)	108
3.2.5.3	Doppelsymmetrischer Träger: $F_o = F_u = F_g$	108
3.2.5.4	Einfachsensymmetrischer Träger	109
3.2.5.5	Beispiel zur Vorbemessung	110
3.2.6	Querschnittswerte (Trägheits- und Widerstandsmomente)	111
3.2.7	Querschnittsabstufungen	113
3.2.8	Gültigkeitsgrenzen der elementaren Biegelehre	114
3.2.8.1	Allgemeines	114
3.2.8.2	Wandartiger Träger	114
3.2.8.3	Breite Gurte	114
3.2.8.4	Querschnittsverformungen bei geraden Stäben	115
3.2.8.5	Stark gekrümmter Träger	115
3.3	Einachsige Biegung und Normalkraft	116
3.3.1	Allgemeines	116
3.3.2	Die Kernpunkte	116
3.3.3	Die Kernpunktmomente	117
3.3.4	Kernpunktmomenten-Einflußlinie	117
3.3.5	Anwendungsbeispiel	118
3.4	Querkraftschubspannungen	120
3.4.1	Allgemeines	120
3.4.2	Offene, dünnwandige Querschnitte	120
3.4.2.1	Herleitung	120
3.4.2.2	Näherungsberechnung	124
3.4.2.3	Beispiel	124
3.4.3	Der Schubmittelpunkt	127
3.4.4	Einfluß der Schubverzerrungen	128
3.4.4.1	Allgemeines	128
3.4.4.2	Die mittragende Breite	129
3.4.4.3	Die mittragende Gurtstärke	132
3.4.5	Geschlossene, dünnwandige Querschnitte	134
3.4.5.1	Allgemeines	134
3.4.5.2	Einzellige Hohlquerschnitte	134
3.4.5.3	Mehrzellige Hohlquerschnitte	136
3.4.5.4	Berücksichtigung der "mittragenden Breite"	137
3.4.5.5	Zahlenbeispiele	138
3.5	Zweiachsige Biegung	143
3.5.1	Allgemeines	143
3.5.2	Vorzeichenfestlegungen	143
3.5.3	Querkraftbiegung um die y-Achse	144
3.5.4	Querkraftbiegung um die z-Achse	146
3.5.5	Normalspannungen bei zweiachsiger Biegung	148
3.5.6	Schubspannungen bei zweiachsiger Beanspruchung	148
3.5.7	Zahlenbeispiel Normalspannungen aus zweiachsiger Biegung	149

3.6	St. Venantsche Torsion	151
3.6.1	Allgemeines	151
3.6.2	Wölbfreie Querschnitte	151
3.6.3	Voraussetzungen	153
3.6.4	Der dünnwandige Rechteckquerschnitt	153
3.6.5	Offene Querschnitte	155
3.6.6	Einzellige, geschlossene Querschnitte	156
3.6.7	Mehrzellige, geschlossene Querschnitte	159
3.6.8	Ideelle Wanddicke	161
3.6.8.1	Aufgelöste Kastenwände	161
3.6.8.2	Verbundquerschnitte	164
3.6.9	Die Gabellagerung	166
3.6.10	Berechnung der Schnittgrößen-Querkraftanalogie	166
3.6.11	Zahlenbeispiel	168
3.7	Wölbkrafttorsion - Zwangsdrillung	173
3.7.1	Allgemeines	173
3.7.2	Voraussetzungen	174
3.7.3	Verwölbung des Querschnittes	174
3.7.3.1	Allgemeines	174
3.7.3.2	Verwölbung offener Querschnitte	175
3.7.3.3	Verwölbung geschlossener Querschnitte	178
3.7.4	Querschnittswerte und Normierung	181
3.7.4.1	Allgemeines	181
3.7.4.2	Grundsystem	182
3.7.4.3	Einheitssystem	184
3.7.4.4	Hauptsystem	185
3.7.5	Die Differentialgleichung	186
3.7.6	Berechnung der Spannungen	191
3.7.6.1	Primäre Schubspannungen	191
3.7.6.2	Wölbnormalspannungen	191
3.7.6.3	Wölbschubspannungen	191
3.7.7	Analogiesystem "Biegeträger mit Zugkraft"	192
3.7.8	Zwangsdrillachse	195
3.7.9	Einfluß der sekundären Schubverformung	198
3.7.10	Berücksichtigung schubweicher Querschnittsteile	200
3.7.11	Einfluß der Profilverformung	201
3.7.12	Zusammenstellung der Spannungen	202
3.7.13	Näherungslösungen	203
3.7.13.1	Allgemeines	203
3.7.13.2	Geschlossene Querschnitte	204
3.7.13.3	Offene Querschnitte	204
3.7.13.4	Gemischt offene - geschlossene Querschnitte	207
3.7.14	Rechenbeispiele	209
3.7.14.1	Verwölbung und Schubmittelpunkt eines offenen Querschnittes	209
3.7.14.2	Genauigkeitsvergleich einer Näherungsberechnung	212
3.7.15	Zusammenfassung	216
3.7.15.1	Allgemeines	216
3.7.15.2	Lösung der Differentialgleichung	216
3.7.15.3	Ermittlung der Schnittgrößen	217
3.7.15.4	Ermittlung der Spannungen	217
3.7.15.5	Ermittlung der Verformungen	218
3.7.15.6	Schlußbetrachtung	218
4	Einige Probleme der Elastizitätstheorie 2. Ordnung	219
4.1	Das allgemeine Biegetorsionsproblem	219
4.1.1	Die Differentialgleichungen	219
4.1.2	Das Potential	225
4.2	Einachsige Biegung mit Normalkraft	226
4.2.1	Einleitung	226
4.2.2	Die Differentialgleichungen und ihre allgemeinen Lösungen	227
4.2.2.1	Biegeträger mit Druckkraft ohne Einfluß der Schubverformungen	227
4.2.2.2	Druckkraft mit Einfluß der Schubverformungen	228
4.2.2.3	Biegeträger mit Zugkraft ohne Einfluß der Schubverformungen	229
4.2.2.4	Zugkraft mit Einfluß der Schubverformungen	229
4.2.3	Lösungen für einige Lastfälle	230
4.2.3.1	Lösungen für Druckkraft und Biegung	230

4.2.3.2	Lösungen für Zugkraft und Biegung	232
4.2.4	Näherungslösungen	235
4.2.4.1	Näherungslösungen für Druckkraft	235
4.2.4.2	Näherungslösungen für Zugkraft	238
4.2.4.3	Der elastisch gebettete, vorverformte Druckstab	239
4.2.5	Beschränkte Superposition	240
4.2.6	Einfluß der Schubverformungen bei stat. unbestimmten Systemen mit Zugkraft .	241
4.2.7	Zahlenbeispiel	241
4.3	Reine Torsionsbelastung und zentrische Normalkraft	243
4.4	Seilkonstruktionen	244
4.4.1	Allgemeines	244
4.4.2	Drahtseilarten und Begriffe	244
4.4.3	Festigkeit und Elastizität des Seiles	245
4.4.4	Die Verformungslinie (Durchhang) des Seiles	246
4.4.5	Seil unter gleichmäßig verteilter vertikaler und horizontaler Belastung . .	249
4.4.6	Beanspruchung und Deformationen bei Belastungsänderung	250
4.4.6.1	Allgemeines	250
4.4.6.2	Der Vorspannzustand	250
4.4.6.3	Dehnstarres Seil	251
4.4.6.4	Elastische Seildehnung und Temperatureinfluß	253
4.4.6.5	Deformationsänderung gegenüber einem Ausgangszustand	253
4.4.6.6	Abgespannte Maste	254
4.4.6.7	Der fiktive E-Modul eines durchhängenden Seiles bei Schrägseilbrücken . . .	257
5	Fließgelenktheorie 1. Ordnung - Das Traglastverfahren	259
5.1	Einleitung	259
5.2	Grundlagen	263
5.2.1	Begriffsbestimmungen	263
5.2.2	Materialgesetz	263
5.2.3	Das Fließgelenk-Modell	264
5.3	Grenztragfähigkeit des Querschnittes	266
5.3.1	Allgemeines	266
5.3.2	Das vollplastische Moment M_{pl}	266
5.3.3	Die vollplastische Normalkraft N_{pl}	268
5.3.4	Die vollplastische Querkraft Q_{pl}	268
5.3.5	Zusammenstellung der Werte M_{pl} , N_{pl} , Q_{pl}	269
5.3.6	Biegung und Normalkraft; M-N-Interaktion	269
5.3.7	Biegung und Querkraft; M-Q-Interaktion	271
5.3.8	Normalkraft und Querkraft; N-Q-Interaktion	272
5.3.9	Biegung, Normalkraft und Querkraft; M-N-Q-Interaktion	273
5.3.10	Zweiachsiges Biegung; M_y - M_z -Interaktion	274
5.3.11	Zweiachsiges Biegung und Querkraft; M_y - M_z -Q-Interaktion	275
5.3.12	Zweiachsiges Biegung, Normalkraft und Querkraft; M_y - M_z -N-Q-Interaktion . .	275
5.3.13	Allgemeine Beanspruchung	277
5.4	Berechnung der plastischen Grenzlaster	277
5.4.1	Einführung	277
5.4.2	Traglastsätze	280
5.4.3	Das Probiervorgehen	284
5.4.4	Kombination von Elementarketten	285
5.4.5	Weitere Methoden zur plastischen Bemessung	288
5.5	Ermittlung der Verformungen	288
5.5.1	Allgemeines	288
5.5.2	Ungeeignete Systeme	288
5.5.3	Berechnung durch schrittweise elastische Rechnung	291
5.5.4	Unmittelbare Berechnung der Verformung für den Grenzzustand	292
5.6	Stabilitätsfragen	292
5.6.1	Allgemeines	292
5.6.2	Örtliches Ausbeulen	292
5.6.3	Seitliches Ausweichen des Druckgurtes	293
5.7	Anschlüsse, Stöße und Verbindungsmittel	294
5.8	Anwendung des Traglastverfahrens	295
5.9	Folgerungen aus den Traglastsätzen	296

6	Stabilitätsprobleme der Stäbe	298
6.1	Einführung	298
6.1.1	Allgemeines	298
6.1.2	Der Modellkörper	299
6.2	Das Verzweigungsproblem	300
6.2.1	Allgemeines	300
6.2.2	Das Ersatzstabverfahren	300
6.2.3	Voraussetzungen, Bezeichnungen und Definitionen	300
6.2.4	Die verschiedenen Arten des Gleichgewichtes	301
6.2.5	Die Verzweigungslast bei richtungstreuer Belastung	301
6.2.6	Der Eulerstab	302
6.2.7	Ermittlung der Knicklänge s_{ki} bei richtungstreuer Belastung	304
6.2.7.1	Die vier Eulerfälle	304
6.2.7.2	Rahmen-Ersatzsysteme	305
6.2.7.3	Federsteifigkeit bei Ersatzsystemen	308
6.2.7.4	Der Druckstab mit elastischen Randlagerungen	309
6.2.7.5	Der elastisch gebettete Druckstab	314
6.2.7.6	Stab mit elastischen Einzelstützen	317
6.2.8	Poltreue Belastung	320
6.2.8.1	Allgemeines	320
6.2.8.2	Modellkörper mit poltreuer Belastung	321
6.2.8.3	Der eingespannte Stab mit poltreuer Belastung	323
6.2.9	Integralgleichungsmethode	325
6.2.9.1	Allgemeines	325
6.2.9.2	Das Verfahren nach Engeßer-Vianello	325
6.2.9.3	Das Durchbiegungsverfahren nach Sattler	326
6.2.10	Energiemethode	328
6.2.10.1	Allgemeines	328
6.2.10.2	Modellkörper	329
6.2.10.3	Potential des Knickstabes	331
6.2.10.4	Näherungslösungen des Verzweigungsproblems (Ritzsches Verfahren)	332
6.2.11	Das Verzweigungsproblem als Grenzwert des Schwingungsproblems	335
6.2.11.1	Allgemeines	335
6.2.11.2	Modellkörper	336
6.2.11.3	Der Druckstab	337
6.2.12	Die Verzweigungslast bei unelastischem Materialverhalten	337
6.2.12.1	Allgemeines	337
6.2.12.2	Das Materialgesetz	338
6.2.12.3	Vernachlässigung des Entlastungsmoduls	338
6.2.12.4	Berücksichtigung des Entlastungsmoduls	339
6.2.12.5	Der Einfluß einer Laststeigerung	343
6.2.12.6	Zusammenfassung	344
6.3	Das Spannungsproblem Theorie 2. Ordnung	346
6.3.1	Einleitung	346
6.3.2	Die elastische Grenzlast	346
6.3.2.1	Allgemeines	346
6.3.2.2	Der Modellkörper	346
6.3.2.3	Stäbe	348
6.3.3	Das Spannungsproblem mit Verzeigungspunkt	349
6.3.3.1	Allgemeines	349
6.3.3.2	Modellkörper	349
6.3.3.3	Stäbe und Stabsysteme	350
6.4	Das Traglastproblem	352
6.4.1	Einleitung	352
6.4.2	Der planmäßig zentrisch gedrückte Stab mit Imperfektionen	354
6.4.2.1	Voraussetzungen	354
6.4.2.2	Unelastisches Materialverhalten	354
6.4.2.3	Geometrische Imperfektionen	355
6.4.2.4	Strukturelle Imperfektionen	355
6.4.2.5	Auswirkungen der strukturellen Imperfektionen	356
6.4.2.6	Die Traglastkurve	357
6.4.2.7	Die Fließgelenktheorie 2. Ordnung	359
6.4.2.8	Die Perry-Robertson- und Merchant-Rankine-Formeln	360
6.4.3	Der Druckstab mit planmäßiger Biegebeanspruchung	360
6.4.4	Rahmen	363
6.4.4.1	Allgemeines	363

6.4.4.2	Unverschiebbliche Rahmen	363
6.4.4.3	Verschiebbliche Rahmen	365
6.5	Biegedrillknicken	367
6.5.1	Einleitung	367
6.5.2	Die Differentialgleichungen des elastischen Biegetorsionsproblems Theorie 2. Ordnung	368
6.5.3	Stäbe mit unsymmetrischem, offenem Querschnitt	368
6.5.3.1	Außermittige Druckkraft N	368
6.5.3.2	Zentrische Druckkraft N	370
6.5.4	Stäbe mit einfachsymmetrischem, offenem Querschnitt	372
6.5.4.1	Allgemeines	372
6.5.4.2	Druckkraft N greift in der Symmetrieachse an	372
6.5.4.3	Zentrische Druckkraft N	374
6.5.4.4	Konstantes Biegemoment M_y ohne Normalkraft (Kippen)	375
6.5.5	Stäbe mit doppeltsymmetrischem, offenem Querschnitt	376
6.5.5.1	Allgemeines	376
6.5.5.2	Druckkraft N greift in einer Symmetrieachse an	376
6.5.5.3	Zentrische Druckkraft	378
6.5.5.4	Reine Biegung ohne Normalkraft (Kippen)	379
6.5.5.5	Gleichzeitige Wirkung von Biegung und Normalkraft	382
6.5.5.6	Darstellung der "Kippspannungen"	383
6.5.5.7	Querlasten und Endmomente	385
6.5.5.8	Einfluß einer drehelastischen Bettung	385
6.5.6	Lage der Drillruheachse	388
6.5.7	Zwangsdrillachse	390
6.5.7.1	Allgemeines	390
6.5.7.2	Biegedrillknicken mit Zwangsdrillachse	390
6.5.7.3	Gebundene Kippung	391
6.5.8	Zusammenstellung der Elementarfälle	393
6.5.9	Die Energiemethode (Ritzsches Verfahren)	394
6.5.10	Die Verzweigungslast bei unelastischem Materialverhalten	395
6.5.11	Das Traglastproblem	395
6.5.11.1	Allgemeines	395
6.5.11.2	Die elastische Grenzlast Theorie 2. Ordnung	395
6.5.11.3	Die Fließgelenktheorie 2. Ordnung	396
6.5.11.4	Die Traglast	397
6.5.11.5	Einfluß der Querschnittsverformungen	398
7	Die Ermittlung der Tragfähigkeit stabilitätsgefährdeter gerader Stäbe und Stabwerke	399
7.1	Einleitung	399
7.2	Der einfeldrige, planmäßig mittig beanspruchte Druckstab	399
7.2.1	Allgemeines	399
7.2.2	Nachweis nach DIN 4114 - Das ω -Verfahren	399
7.2.3	Nachweis nach DIN 18800, Teil 2 - Die Europäischen Knickspannungskurven	402
7.2.3.1	Allgemeines	402
7.2.3.2	Die Europäischen Knickspannungskurven	402
7.2.3.3	Der Einfluß kleiner Querlasten	406
7.2.3.4	Biegedrillknicken	407
7.3	Der einfeldrige Stab unter reiner Biegebeanspruchung - Biegedrillknicken (Kippen)	408
7.3.1	Allgemeines	408
7.3.2	Nachweis nach DIN 4114	408
7.3.3	Nachweis nach DIN 18800, Teil 2	408
7.4	Der einfeldrige Stab unter Druckkraft und Biegung	412
7.4.1	Allgemeines	412
7.4.2	Nachweis nach der Elastizitätstheorie 2. Ordnung	413
7.4.3	Nachweis nach der Fließgelenktheorie 2. Ordnung	414
7.4.3.1	Allgemeines	414
7.4.3.2	Ersatzimperfektionen	414
7.4.3.3	Verwendung der "exakten" Lösungen	415
7.4.3.4	Einfache Näherungsformeln für einachsige Biegung und Druckkraft	415
7.4.3.5	Verbesserte Näherungsformeln für einachsige Biegung und Druckkraft	417
7.4.3.6	Näherungsformeln für Druck und zweiachsige Biegung	419

7.4.4	Nachweis mit Traglastdiagrammen	420
7.4.4.1	Allgemeines	420
7.4.4.2	Nachweis bei Druck und einachsiger Biegung	420
7.4.4.3	Nachweis bei Druck und zweiachsiger Biegung	421
7.4.4.4	Andere Näherungsformeln für zweiachsige Biegung	422
7.4.5	Berücksichtigung des Biegedrillknickens	424
7.4.5.1	Allgemeines	424
7.4.5.2	Nachweis nach DIN 4114	424
7.4.5.3	Nachweis nach DIN 18800/2	424
7.5	Mehrteilige Druckstäbe	427
7.5.1	Allgemeines	427
7.5.2	Bemessung nach DIN 4114	428
7.5.3	Bemessung nach DIN 18800, Teil 2	428
7.6	Durchlaufträger und unverschiebliche Rahmen	430
7.7	Verschiebliche Rahmen	431
7.7.1	Imperfektionen	431
7.7.2	Vollständige Berechnung nach der Fließgelenktheorie 2. Ordnung	431
7.7.3	Nachweis nach der Elastizitätstheorie 2. Ordnung (elastische Grenzlast)	432
7.7.4	Nachweis für das erste auftretende Fließgelenk	432
7.7.5	Nachweis für die Fließgelenkkette nach Theorie 2. Ordnung	432
7.8	Anmerkungen zur Ersatzstabmethode	433
7.8.1	Allgemeines	433
7.8.2	Planmäßig mittige Druckkraft	435
7.8.2.1	Unverschiebliche Knotenpunkte	435
7.8.2.2	Verschiebliche Knotenpunkte	436
7.8.3	Druck und einachsige Biegung	440
7.8.3.1	Systeme mit unverschieblichen Knotenpunkten	440
7.8.3.2	Seitlich verschiebliche Systeme	441
7.8.3.3	Stäbe mit geringen oder gar keinen Druckkräften	444
7.8.4	Druck und zweiachsige Biegung	448
7.9	Örtliche Instabilität	449
7.9.1	Allgemeines	449
7.9.2	Begrenzung der Plattenschlankheit von Querschnittsteilen	450
7.9.2.1	Allgemeines	450
7.9.2.2	Elastische Bereiche (außerhalb von Fließgelenken)	450
7.9.2.3	Bereiche mit Plastizierungen bei Berechnung bis zum 1. Fließgelenk	451
7.9.2.4	Bereiche mit Plastizierungen bei Berechnung nach der Fließgelenktheorie	452
7.9.3	Die Berücksichtigung ausgebeulter Querschnittsteile	453
7.9.3.1	Allgemeines	453
7.9.3.2	Die wirksame Breite b_s'	454
7.9.3.3	Die kritische Beulknickspannung σ_{Bk}	455
	Anhang	456
	Literatur	465
	Stichwortverzeichnis	468