

Inhalt

Teil G. Stahlbau (J. Lindner)

1. Einführung	1
1.1 Vorbemerkung	1
1.2 Kennzeichnende Eigenschaften von Stahlbauten	2
1.3 Der Werkstoff Stahl.	4
2. Berechnung und Dimensionierung	5
2.1 Allgemeines	5
2.1.1 Brauchbarkeitsnachweise	5
2.1.2 Konzept der zulässigen Spannungen	5
2.1.3 Untersuchung von Grenzzuständen	6
2.1.4 Beispiel 1.1-1. Seitlich unverschieblicher Rahmen	9
2.2 Elastische Beanspruchbarkeit	10
2.2.1 Allgemeines	10
2.2.2 Normalspannungen	11
2.2.3 Schubspannungen aus Querkraft	14
2.2.4 Spannung aus Torsion	16
2.2.5 Vergleichsspannungen	19
2.3 Vorbemessung	20
2.4 Ermüdungsfestigkeit	22
2.4.1 Dauerfestigkeit	22
2.4.2 Betriebsfestigkeit	23
2.4.3 Nachweise für Krane und Kranbahnen	25
2.5 Plastische Beanspruchbarkeit	26
2.5.1 Allgemeines	26
2.5.2 Plastisches Moment	28
2.5.3 Einfluß von Normalkräften	34
2.5.4 Einfluß von Querkräften	36
2.5.5 Mindestdicken	38
3. Stabilitätsuntersuchungen	38
3.1 Einführung	38
3.2 Planmäßig zentrisch gedrückte Stäbe.	39
3.2.1 Begriffe.	39
3.2.2 Verzweigungslasten N_{K1}	41
3.2.3 Verzweigungslasten N_K	43

3.2.4	Traglast N_{kr} nach Jezek	43
3.2.5	Elastizitätstheorie II. Ordnung	44
3.2.6	Nachweis nach DIN 4114	46
3.2.7	Europäische Knickspannungslinie	50
3.2.8	Nachweis nach DIN 18 800 Teil 2 (11.90)	51
3.3	Planmäßig einachsige Biegung mit Normalkraft	57
3.3.1	Nachweis nach DIN 4114	57
3.3.2	Nachweis nach DIN 18 800 Teil 2 (11.90)	59
3.3.2.1	Nachweis der Tragsicherheit allgemein	59
3.3.2.2	Imperfektionsannahmen	59
3.3.2.3	Biegeknicken in der Lastebene	61
3.4.	Zweiachsige Biegung mit Normalkraft	63
3.4.1	Nachweis nach DIN 4114	63
3.4.2	Nachweis nach DIN 18 800 Teil 2 (11.90)	63
3.5	Systemstabilität	63
3.5.1	Allgemeines	63
3.5.2	Nachweis nach DIN 4114	63
3.5.3	Nachweis nach der Elastizitätstheorie II.Ordnung	66
3.5.4	Nachweis nach DIN 18 800 Teil 2 (11.90)	68
3.6	Elastisch gestützte Stäbe.	70
3.6.1	Statisch bestimmte Systeme	70
3.6.2	Federnd gestützte Durchlaufträger.	71
3.6.3	Elastisch gebetteter Druckstab	72
3.7	Biegendrillknicken	72
3.7.1	Einleitung	72
3.7.2	Ideale Verzweigungslasten	73
3.7.2.1	Allgemeines	73
3.7.2.2	Momenten- und Querlastbeanspruchung ohne Normalkräfte.	73
3.7.2.3	Normalkraftbeanspruchung	77
3.7.2.4	Biegendrillknicken mit gebundener Drehachse	79
3.7.3	Nachweis nach DIN 4114.	80
3.7.3.1	Normalkraftbeanspruchung	80
3.7.3.2	Momenten- und Querlastbeanspruchung	80
3.7.4	Nachweis nach DIN 18 800 Teil 2 (11.90)	81
3.7.4.1	Normalkräfte allein	81
3.7.4.2	Momente und Querlasten allein	82
3.7.4.3	Momente und Normalkräfte	83
3.7.4.4	Plamäßig zweiachsige Biegung und Normalkraft	86
3.7.5	Konstruktive Maßnahmen	88
3.7.5.1	Allgemeines	88
3.7.5.2	Mindeststeifigkeiten	89
3.8	Knicken von mehrteiligen Stäben	90
3.8.1	Allgemeines	90
3.8.2	Knicken rechtwinklig zur Stoffachse	90
3.8.3	Knicken rechtwinklig zur stofffreien Achse	90
3.8.3.1	Allgemeines	90
3.8.3.2	Ideelle Schubsteifigkeit des Ersatzstabes.	92
3.8.3.3	Nachweis nach DIN 4114	94
3.8.3.4	Nachweis nach DIN 18 800 Teil 2 (11.90)	95

3.9 Beulen von Platten	96
3.9.1 Allgemeines	96
3.9.2 Ideale kritische Beulspannung nach der Elastizitätstheorie	97
3.9.3 Grenzbeulspannung bei einachsiger Beanspruchung	99
3.9.3.1 Allgemeines	99
3.9.3.2 Nachweis nach DAST-Richtlinie 012	99
3.9.3.3 Berechnung nach DIN 18 800 Teil 3	100
3.9.4 Mehrachsige Beanspruchungen	101
3.9.4.1 Nachweis nach DAST-Richtlinie 012	101
3.9.4.2 Nachweis nach DIN 18 800 Teil 3	102
3.9.5 Sonderfragen	104
3.9.5.1 Beulen ausgesteifter Platten	104
3.9.5.2 Erforderliche Beulsicherheiten	105
3.9.5.3 Knickstabähnliches Verhalten	105
3.9.5.4 Wirksame Breite von versteiften Blechen	106
3.9.5.5 Beulknicken	107
3.9.5.6 Überkritisches Tragverhalten	107
3.10 Schalenbeulen.	109
3.10.1 Allgemeines	109
3.10.2 Nachweis nach DAST-Richtlinie 013	110
3.10.3 Beispiel 3.10-1. Untersuchung des Normalbereiches eines Kalksilos	111
3.10.4 Nachweis nach DIN 18 800 Teil 4	112
4. Stabilisierungskräfte	113
4.1 Allgemeines	113
4.2 Aussteifung eines Druckstabes mit konstanter Normalkraft	113
4.3 Aussteifung eines Druckstabes mit veränderlicher Normalkraft	116
4.4 Anschlußmomente bei der Aussteifung von Biegeträgern	116
5. Abtragung von Horizontallasten	117
5.1 Allgemeines	117
5.2 Art und Größe von Horizontallasten.	117
5.3 Konstruktionselemente zur Abtragung von Horizontallasten	118
5.3.1 Grundsätze für die Anordnung von Aussteifungen	118
5.3.2 Geschoßbauten	119
5.3.3 Hallen	121
5.3.4 Brücken	122
5.4 Beanspruchung von Verbänden	123
5.4.1 Beanspruchungen aus Querkräften.	123
5.4.2 Zusatzbeanspruchung aus elastischer Zusammendrückung	124
6. Verbindungen	126
6.1 Allgemeines	126
6.2 Allgemeine Angaben zu Verbindungen mit Schrauben.	127
6.2.1 Schrauben	127
6.2.2 Ausführungsformen für Schraubenverbindungen	128
6.2.3 Schraubenabstände	128

6.3	Scher-Lochleibungsverbindungen	129
6.3.1	Versagensarten und Tragfähigkeit einer einzelnen Schraube	129
6.3.2	Tragwirkung bei mehreren Schrauben hintereinander	133
6.3.3	Trägerstöße	134
6.3.3.1	Anteilige Schnittgrößen	134
6.3.3.2	Stegstoß	135
6.3.3.3	Stegblechlängsstoß	136
6.4	Zugverbindungen	136
6.5	Gleitfeste planmäßig vorgespannte Verbindungen	137
6.6	Biegesteife Kopfplattenanschlüsse	139
6.7	Verbindungen mit Schweißnähten	142
6.7.1	Schweißvorgang und Schweißverfahren	142
6.7.2	Einfluß der Schweißwärme	143
6.7.3	Prüfung von Schweißnähten	145
6.7.4	Gestaltungsgrundsätze	145
6.7.5	Maße und Querschnittswerte von Schweißnähten	146
6.7.6	Schweißnahtspannungen	147
6.8	Zusammenwirken verschiedener Verbindungsmittel	148
	Literatur zu Teil G. Stahlbau	148

Teil H. Verbundbau (*J. Lindner*)

1.	Einführung	151
1.1	Begriffsbestimmungen	151
1.2	Brückenbau	152
1.3	Hochbau	153
2.	Grenztragfähigkeit von Verbundträgern	154
2.1	Allgemeines	154
2.2	Grenztragfähigkeit von Stahlteilen	154
2.3	Grenztragfähigkeit von Betonquerschnitten	156
2.4	Verbundträger	157
2.5	Beispiel zur Berechnung der Grenztragfähigkeit	161
3.	Verbundsicherung	164
3.1	Verbundmittel	164
3.2	Dübelkräfte	164
3.3	Dübeltragfähigkeit	166
3.4	Teilweise Verdübelung	168

4. Berücksichtigung des Verformungsverhaltens des Betons	171
4.1 Allgemeines	171
4.2 Bezeichnungen	171
4.2.1 Materialkennwerte	171
4.2.2 Querschnittswerte	172
4.2.2.1 Betonquerschnitt	172
4.2.2.2 Stahlquerschnitt	172
4.2.2.3 Verbundquerschnitt	173
4.2.2.4 Querschnittskennwerte	173
4.2.3 Schnittgrößen	174
4.2.3.1 Gesamtschnittgrößen	174
4.2.3.2 Teilschnittgrößen	174
4.2.3.3 Hilfswerte	174
4.2.4 Spannungen	174
4.2.5 Verformungen	174
4.3 Formänderungen des Betons	174
4.3.1 Elastische Formänderungen	174
4.3.2 Plastische Formänderungen	175
4.3.3 Zeitintervall	175
4.3.4 Berücksichtigung der Gesamtverformungen über fiktive Elastizitätsmoduln	177
4.4 Verteilungsgrößen	178
4.4.1 Allgemeines	178
4.4.2 Verteilungsgrößen für kurzzeitige Belastung	178
4.4.3 Verteilungsgrößen für langzeitige Belastung	180
4.5 Verbundträgerberechnung über die Lösung von Differentialgleichungen	180
4.5.1 Umlagerungsgrößen	180
4.5.2 Umlagerungsgrößen für konstante Einwirkungen	180
4.5.2.1 Differentialgleichungen	180
4.5.2.2 Umlagerungsgrößen für den Sonderfall: nur Normalkräfte	182
4.5.2.3 Umlagerungsgrößen für ausschließliche Momentenbelastung bei doppelsymmetrischem Querschnitt	183
4.5.2.4 Umlagerungsgrößen bei gleichzeitiger Einwirkung von Normalkraft und Moment	183
4.5.2.5 Gesamtbeanspruchungen	183
4.5.2.6 Größe von Schwindspannungen	184
4.5.3 Umlagerungsgrößen aus Schnittgrößen, die sich affin zum Kriechen aufbauen	184
4.5.3.1 Allgemeines	184
4.5.3.2 Differentialgleichungen und ihre Lösungen	185
4.6 Verbundträgerberechnung mit Hilfe fiktiver Elastizitätsmoduln	185
4.6.1 Allgemeines	185
4.6.2 Zeitlich konstante Normalkraftbelastung	186
4.6.3 Zusammenstellung von Kriechbeiwerten für beliebige Belastungsfälle	187
4.6.4 Spannungen	190
4.7 Vorspannung	191
4.8 Beispiel einer Verbundbrücke, berechnet mit der Methode der fiktiven Elastizitätsmoduln	192

4.8.1	System, Abmessungen, Baustoffe	192
4.8.2	Allgemeines	193
4.8.2.1	Herstellung und Lastfälle	193
4.8.2.2	Berechnung des statisch unbestimmen Systems für langzeitige Belastung	193
4.8.3	Lastannahmen	194
4.8.4	Querschnittswerte	195
4.8.5	Spannungen über der Mittelstütze	197
5.	Verbundträger im Hochbau	199
5.1	Allgemeines	199
5.2	Erläuterungen zu den Nachweisen	201
5.2.1	Bauzustand	201
5.2.2	Nachweis unter Grenzlasten	201
5.2.2.1	Allgemeines	201
5.2.2.2	Querschnittsmittwirkung	201
5.2.2.3	Biegedrillknicken	201
5.2.2.4	Plastische Grenzlast für Verbundträger	203
5.2.2.5	Betongurt	203
5.2.3	Nachweis unter Gebrauchslasten	204
5.3	Beispiel eines Zweifeldträgers im Hochbau	204
5.3.1	System und Abmessungen	204
5.3.2	Belastungen	204
5.3.3	Bemessung der Betonplatte	205
5.3.4	Nachweis des Stahlträgers im Bauzustand	206
5.3.5	Nachweis des Verbundträgers im Grenzzustand	207
5.3.6	Verbundsicherung durch Dübel	211
5.3.7	Nachweis der Schubdeckung in der Dübelumrißfläche	213
5.3.8	Nachweis der Hauptzugspannungen und Schubdeckung im Betongurt	214
5.3.9	Bewehrungsführung	215
5.3.10	Abschätzung der Verformung	215
6.	Stahldecken mit Flächenverbund	220
6.1	Allgemeines	220
6.2	Verbundwirkung beim Flächenverbund	221
6.3	Verwendung von Versuchsergebnissen	223
6.4	Montagezustand	223
6.5	Biegeträgfähigkeit für Feldmomente	225
6.6	Biegeträgfähigkeit für Stützenmomente	226
6.7	Verbundsicherung	227
6.8	Querkrafttragfähigkeit	228
6.9	Verformungsberechnung	229
6.10	Rissebeschränkung	229
6.11	Querbewehrung	229
6.12	Scheibenwirkung	229
6.13	Beispiel: Verbunddecke über 4 Felder	230

7. Verbundstützen	234
7.1 Allgemeines	234
7.2 Grenztragfähigkeit von Verbundstützen	235
7.2.1 Allgemeines, Werkstoffkennwerte	235
7.2.2 Normalkraft	236
7.2.3 Normalkraft und Biegemoment	236
7.2.3.1 Allgemeines	236
7.2.3.2 Einbetonierte I-Profile	237
7.2.3.3 Hohlprofile	241
7.2.3.4 Interaktionsgleichungen	241
7.2.4 Anwendungsgrenzen	243
7.3 Planmäßig mittiger Druck	244
7.4 Normalkraft und einachsige Biegung	245
7.4.1 Allgemeines	245
7.4.2 Näherungsverfahren nach DIN 18 806 Teil 1	245
7.5 Verbundsicherung	247
7.5.1 Allgemeines	247
7.5.2 Schubkräfte zum Zeitpunkt $t = 0$	248
7.5.3 Schubkräfte zur Zeit $t \rightarrow \infty$	248
7.6 Beispiel	250
7.6.1 Allgemeines	250
7.6.2 Traglast um die y -Achse	253
7.6.3 Traglast um die z -Achse	256
7.6.4 Verbundsicherung	256
8. Anschlußtechnik und Brandschutz	261
8.1 Brandschutz	261
8.1.1 Allgemeines	261
8.1.2 Beispiel	262
8.2 Anschlüsse	264
Literatur zu Teil H. Verbundbau	265

Teil I. Stahlbetonbau (*J. Roth*)

1. Verbundbaustoff Stahlbeton	268
1.1 Beton	268
1.1.1 Zement	269
1.1.2 Betonzuschlag	270
1.1.3 Zugabewasser	270
1.1.4 Betonzusammensetzung	270
1.1.5 Frischbetoneigenschaften	271
1.1.6 Festbetoneigenschaften	271

1.2 Betonstahl	273
1.3 Zusammenwirken von Beton und Stahl.	274
2. Bauelemente und Tragverhalten	276
2.1 Stahlbetonbalken	276
2.2 Stahlbetonstützen	279
2.3 Torsionsbeanspruchte Stahlbetonstäbe	280
2.4 Stahlbetonplatten	280
2.4.1 Einachsig gespannte Platten.	280
2.4.2 Vierseitig gelagerte Platten	281
2.4.3 Sonstige Platten	282
2.5 Stahlbetonscheiben	283
2.6 Faltwerke und Schalen	284
2.7 Ermittlung der Schnittgrößen statisch unbestimmter Stahlbetontragwerke	285
3. Bemessung für Biegung und Normalkraft	285
3.1 Grundlagen der Biegebemessung.	286
3.1.1 Vorbemerkung	286
3.1.2 Spannungs-Dehnungs-Linien von Beton und Stahl	286
3.1.3 Dehnungen und Sicherheitsbeiwerte	287
3.1.4 Äußere Schnittgrößen.	289
3.2 Rechteckquerschnitt unter einachsiger Biegung mit Normalkraft.	290
3.2.1 Innere Schnittgrößen	290
3.2.2 Zusammenstellung einiger Hilfswerte	291
3.2.2.1 Nulllinie innerhalb des Querschnittes (Zustand II)	291
3.2.2.2 Nulllinie außerhalb des Querschnittes (Zustand I)	293
3.2.2.3 Darstellung der Hilfswerte	294
3.2.2.4 Bezeichnung der Bewehrungsgrade	295
3.2.3 Gleichgewichtsbedingungen	295
3.2.3.1 Zustand II	295
3.2.3.2 Zustand I	295
3.2.4 Entwicklung von Bemessungshilfsmitteln.	296
3.2.4.1 Allgemeines Bemessungsdiagramm für mittlere bis große Lastausmitte	297
3.2.4.2 Zahlentafeln für mittlere bis große Lastausmitte.	302
3.2.4.3 „Dimensionsgebundene“ Zahlentafeln für mittlere bis große Lastausmitte (k_h -Verfahren)	306
3.2.4.4 Bemessungsdiagramme für symmetrische Bewehrung bei Druckkraft mit kleiner Ausmitte (Interaktionsdiagramme).	309
3.2.4.5 Diagramme für beliebiges Bewehrungsverhältnis A_{s1}/A_{s2} für Längskraft mit kleiner, mittlerer und großer Ausmitte	314
3.2.5 Mittige Druckkraft ohne Knickgefahr	317
3.2.5.1 Nachweis der Tragfähigkeit	317
3.2.5.2 Bemessung	317
3.2.6 Näherungsverfahren bei gering ausmittiger Druckkraft	318
3.2.7 Mittige und gering ausmittige Zugkraft	318

3.3	Plattenbalkenquerschnitte	319
3.3.1	Mitwirkende Plattenbreite.	319
3.3.2	Bemessung	321
3.3.2.1	Bemessung mit Zahlentafeln	322
3.3.2.2	Bemessung nach Näherungsverfahren.	323
3.3.2.2.1	Schlanke Plattenbalken	326
3.3.2.2.2	Gedrungene Plattenbalken	327
3.3.3	Plattenbalken mit schief verlaufender Nulllinie	331
3.4	Beliebige Form der Betondruckzone	333
3.5	Rechteckquerschnitt unter schiefer Biegung.	334
3.6	Umschnürte Druckglieder	337
3.7	Unbewehrte Betonquerschnitte.	339
4.	Bemessung für Querkraft	340
4.1	Grundlagen.	340
4.2	Maßgebende Querkraft	342
4.3	Stabkräfte nach der Fachwerkanalogie	344
4.4	Ermittlung der Schubspannungen	346
4.4.1	Homogene Querschnitte	346
4.4.2	Stahlbetonquerschnitte im Zustand II	347
4.5	Grundwert der Schubspannung	348
4.6	Schubbereiche und Bemessungswert der Schubspannungen	349
4.7	Erforderliche Schubbewehrung.	351
4.7.1	Ermittlung aus der bezogenen Schubkraft	351
4.7.2	Vereinfachter Nachweis der Schubbewehrung	353
4.8	Sonderfälle der Schubbemessung.	354
4.8.1	Anschluß von Druck- und Zuggurten	354
4.8.2	Durchstanzen von Platten.	357
4.8.3	Konsolen.	359
5.	Bemessung für Torsion	360
5.1	Grundlagen.	360
5.2	Schubspannungen unter Gebrauchslast.	362
5.3	Erforderlicher Bewehrungsquerschnitt	363
5.4	Zusammengesetzte Querschnitte	365
6.	Bemessung schlanker Druckglieder	365
6.1	Grundlagen.	365
6.1.1	Verhalten rein elastischer Stäbe	366
6.1.2	Verhalten von Stahlbetonstäben.	367
6.1.3	Ermittlung der Knicklänge	370
6.1.4	Abgrenzung zwischen verschieblichen und unverschieblichen Systemen	373
6.1.5	Ungewollte Ausmitte	374
6.1.6	Einfluß der Verteilung der Biegemomente	375
6.1.7	Einfluß des Kriechens.	376

6.2 Durchführung des Knicksicherheitsnachweises nach dem Ersatzstabverfahren	377
6.2.1 Kriterien für den Verzicht auf einen Knicksicherheitsnachweis	377
6.2.2 Mäßig schlanke Stäbe mit Schlankheiten $20 < \lambda \leq 70$	378
6.2.3 Sehr schlanke Stäbe mit Schlankheiten $70 < \lambda \leq 200$	380
6.3 Direkter Stabilitätsnachweis	384
6.3.1 Momenten-Krümmungs-Linien	384
6.3.2 Iterative Ermittlung der Stabausbiegungen und Momente	389
6.3.3 Ermittlung der Stabausbiegungen und Momente ohne Iteration für die Biegelinie	394
6.4 Bemessung mit Hilfe von Traglastdiagrammen	396
6.5 Nachweis am Gesamtsystem	398
6.6 Knicken nach zwei Richtungen	398
6.7 Sonderfälle des Knicksicherheitsnachweises	402
6.7.1 Umschnürte Stützen	402
6.7.2 Stahlbetonwände	404
6.7.3 Druckglieder aus unbewehrtem Beton	405
7. Nachweise unter Gebrauchslast	406
7.1 Durchbiegungen von Stahlbetonbauteilen	406
7.1.1 Allgemeines	406
7.1.2 Ermittlung von Durchbiegungen	406
7.1.3 Begrenzung der Biegeschlankheit	407
7.2 Beschränkung der Rißbreite	407
7.2.1 Allgemeines	407
7.2.2 Nachweis nach DIN 1045	411
7.2.2.1 Mindestbewehrung	411
7.2.2.2 Regeln für die statisch erforderliche Bewehrung	411
7.2.3 Wasserundurchlässige Betonkonstruktionen	413
7.3 Stahlspannungen unter nicht vorwiegend ruhender Belastung	414
Formelzeichen, Größen und Einheiten	416
Literatur zu Teil I. Stahlbetonbau	418

Teil J. Spannbeton (*K.-W. Bieger*)

1. Einführung	425
1.1 Vor- und Nachteile des Spannbetons	425
1.2 Abgrenzung zum Stahlbeton	426
2. Die Erzeugung der Vorspannung	429
2.1 Spannbettvorspannung	429
2.2 Vorspannung ohne Verbund	430

2.3 Vorspannung mit nachträglichem Verbund	432
2.4 Besondere Vorspannarten	434
3. Der Gebrauchszustand	437
3.1 Lastfall Vorspannung	437
3.1.1 Spannbettvorspannung	437
3.1.2 Vorspannung ohne Verbund	440
3.1.2.1 Statisch bestimmte Systeme	440
3.1.2.2 Statisch unbestimmte Systeme	443
3.1.3 Umlenkkraftmethode	448
3.1.4 Reibungsbehinderung	453
3.2 Lastfälle Eigen- und Nutzlasten	456
3.2.1 Vorspannung mit Verbund	456
3.2.2 Vorspannung ohne Verbund	457
3.2.3 Teilweise Vorspannung	459
3.3 Lastfall Schwinden und Kriechen	463
3.3.1 Grundlagen	463
3.3.2 Einführung eines Relaxationskennwerts	465
3.3.3 Spannkraftabsfall bei Vorspannung ohne Verbund in statisch bestimmten Systemen	466
3.3.4 Spannkraftabsfall bei Vorspannung mit Verbund in statisch bestimmten Systemen	467
3.3.5 Methode der Kriechintervalle	470
3.3.6 Systemschwinden	473
3.3.7 Zwängungen infolge Spannkraftabsfall	474
3.3.8 Stützensenkungen und Systemänderungen	478
3.4 Hauptspannungen infolge Gebrauchslasten	480
3.5 Querschnittswahl und Spanngliedführung	482
3.6 Ermittlung der Spannwege	484
3.7 Berechnung der Verformungen	487
4. Die Beschränkung der Rißbreite	488
4.1 Grundlagen	488
4.2 Schnittgrößen und Stahlspannungen	489
4.3 Spannglieder mit nachträglichem Verbund	492
5. Der rechnerische Bruchzustand	496
5.1 Versagen infolge Biegung mit Längskraft	496
5.1.1 Grundlagen und Schnittgrößen	496
5.1.2 Vorspannung mit Verbund	498
5.1.2.1 Halbgraphisches Verfahren (Mörsch)	498
5.1.2.2 Rechnerisches Verfahren (Rüsch)	500
5.1.3 Vorspannung ohne Verbund	500
5.2 Versagen infolge Querkraft und Torsion	503
5.2.1 Hauptspannungen im rechnerischen Bruchzustand	503
5.2.1.1 Grundlagen und Schnittgrößen	503

5.2.1.2 Hauptspannungen in Zone a	505
5.2.1.3 Rechenwert der Schubspannung in Zone b	507
5.2.2 Nachweis der Schubbewehrung	507
6. Der Verbund zwischen Spannglied und Beton.	510
7. Die Einleitung der Vorspannkräfte.	512
7.1 Ankerkörper am Trägerende	512
7.2 Verankerungen innerhalb des Trägers	514
7.3 Verankerung durch Verbund	515
8. Einige Konstruktionshinweise.	516
8.1 Spannglieder im Querschnitt	516
8.2 Aufnahme der Umlenkkräfte	517
8.3 Zwischenverankerungen	518
Formelzeichen, Größen und Einheiten	519
Literatur zu Teil J. Spannbeton	522

Teil K. Anwendungen des Stahl- und Spannbetons (*J. Lierse*)

1. Bewehren von Stahlbetonbauwerken	527
1.1 Vorbemerkungen	527
1.2 Allgemeine Bewehrungsregeln	527
1.3 Mindestbewehrung	529
1.4 Verankerung der Bewehrung	530
1.5 Bewehrungsstöße	533
1.6 Verlegen der Bewehrung	536
2. Stahlbetonbauteile	540
2.1 Druck- oder zugkraftbeanspruchte Bauelemente	540
2.1.1 Stahlbetonstützen	541
2.1.2 Betonwände	543
2.1.3 Zugglieder	544
2.2 Stahlbetonbalken und -plattenbalken	545
2.2.1 Allgemeines	545
2.2.2 Biegezugbewehrung	546
2.2.3 Schubbewehrung	549
2.2.4 Torsionsbeanspruchte Balken	551
2.2.5 Balkenauflagerung	551
2.2.6 Rahmenecken und Rahmenknoten	554

2.2.7 Balken und Plattenbalken aus Fertigteilen	557
2.2.8 Stahlbetonrippendecken	559
2.3 Konsolen	560
2.4 Stahlbetonplatten	563
2.4.1 Allgemeines	563
2.4.2 Einachsig gespannte Platten	564
2.4.3 Zweiachsig gespannte Platten	568
2.4.4 Punktförmig gestützte Platten	569
2.4.5 Platten aus Fertigteilen	573
2.4.6 Sonderfälle	575
2.5 Treppen	575
2.6 Scheibentragwerke	578
2.6.1 Allgemeines	578
2.6.2 Wandartige Träger	578
2.6.3 Decken- und Wandscheiben zur Gebäudeaussteifung	581
3. Anwendungen des Stahl- und Spannbetons im Hoch- und Industriebau	582
3.1 Einführung	582
3.2 Stockwerkbauten	582
3.2.1 Vorbemerkungen	582
3.2.2 Einwirkungen, Lastannahmen	583
3.2.2.1 Vertikale Lasten	583
3.2.2.2 Horizontale Lasten	584
3.2.2.3 Weitere Einwirkungen	584
3.2.3 Wandbauten	585
3.2.3.1 Mischbauweise	585
3.2.3.2 Betonbauweise	585
3.2.3.3 Tafelbauweise	586
3.2.4 Stahlbeton skelettbauten	589
3.2.4.1 Allgemeines	589
3.2.4.2 Deckenkonstruktionen	590
3.2.4.3 Gebäudeaussteifung	590
3.2.4.4 Fertigteilbauweise	591
3.2.4.5 Besondere Bauverfahren	592
3.2.4.6 Dehnungsfugen	594
3.2.5 Hochhäuser	595
3.2.5.1 Allgemeines	595
3.2.5.2 Hochhäuser mit durchgängigem Traggerüst	596
3.2.5.3 Hochhäuser mit Abfangungen	598
3.2.5.4 Hängehochhäuser	600
3.2.5.5 Hochhäuser aus Fertigteilen	601
3.3 Hallenbauten und weitgespannte Dachkonstruktionen	602
3.3.1 Allgemeines	602
3.3.2 Flachdachhallen	603
3.3.2.1 Klassische Bauweise	603
3.3.2.2 Hallen aus Großfertigteilen	605
3.3.2.3 Rahmenkonstruktionen	606

3.3.3	Hallen mit geneigten Dachflächen	607
3.3.3.1	Shedhallen	607
3.3.3.2	Faltwerkdächer	609
3.3.3.3	Weitgespannte Schalendächer	611
3.3.3.4	Hängedächer	613
3.4	Behälter und Türme	615
3.4.1	Allgemeines	615
3.4.2	Silobauwerke	615
3.4.3	Wasserbehälter	618
3.4.4	Faulbehälter	621
3.4.5	Sicherheitsbehälter	623
3.4.6	Kühltürme	624
3.4.7	Schornsteine und Fernmeldeturme	626
4.	Brücken aus Stahl- und Spannbeton	628
4.1	Einführung	628
4.1.1	Entwicklung des Massivbrückenbaus	628
4.1.2	Begriffsbestimmungen	629
4.1.3	Allgemeine Grundsätze für Entwurf und Gestaltung	629
4.1.4	Vorschriften, Normen und Richtlinien für den Brückenbau	630
4.1.5	Einwirkungen, Lastannahmen	631
4.2	Durchlässe und tunnelartige Unterführungen	632
4.3	Plattenbrücken	636
4.3.1	Allgemeines	636
4.3.2	Schlaff bewehrte Massivplattenbrücken	638
4.3.3	Vorgespannte Massivplattenbrücken	639
4.3.4	Schiefwinkelige Plattenbrücken	641
4.3.5	Pilzbrücken	643
4.3.6	Plattenbrücken aus Fertigteilen	645
4.4	Balkenbrücken	646
4.4.1	Vorbemerkungen	646
4.4.2	Plattenbalkenbrücken	647
4.4.2.1	Allgemeines	647
4.4.2.2	Ermittlung der Schnittkräfte	648
4.4.2.3	Bewehrung von Plattenbalkenbrücken	649
4.4.2.4	Einstegige Plattenbalkenbrücken	650
4.4.2.5	Zweistegige, querträgerlose Plattenbalkenbrücken	652
4.4.2.6	Mehrstegige Plattenbalkenbrücken	654
4.4.2.7	Trogbücken	659
4.4.3	Kastenträgerbrücken	659
4.4.3.1	Allgemeines	659
4.4.3.2	Zur Bemessung und Konstruktion	661
4.4.3.3	Feldweiser Vorbau mit Vorschubrüstung	662
4.4.3.4	Spannbetonbrücken im Freivorbau	665
4.4.3.5	Brückenbau im Takschiebeverfahren	671
4.4.3.6	Kastenträgerbrücken aus Fertigteilen	675
4.5	Rahmenbrücken	677
4.6	Bogenbrücken	679

4.7	Seilabgespannte Brücken	684
4.8	Brückenausbau	686
4.8.1	Allgemeines	686
4.8.2	Randausbildung bei Straßenbrücken	686
4.8.3	Fahrbahnaufbau und Abdichtung	688
4.8.4	Rand- und Längsfugenausbildung bei Eisenbahnbrücken	689
4.8.5	Fahrbahnübergänge	691
4.9	Brückenlager	692
4.9.1	Allgemeines	692
4.9.2	Betonlagerung	693
4.9.3	Stählerne Lager	693
4.9.4	Bewehrte Elastomerlager	694
4.9.5	Topflager	695
4.9.6	Kalottenlager	695
4.10	Unterbauten	696
4.10.1	Allgemeines	696
4.10.2	Widerlager	696
4.10.3	Stützen und Pfeiler	697
	Literatur zu Teil K. Anwendungen des Stahl- und Spannbetons	699
	Sachverzeichnis.	713