



Stahlbau Handbuch

Für Studium und Praxis

BAND 1 Teil A

dritte, neu bearbeitete Auflage

Herausgegeben vom
Deutschen Stahlbau-Verband · Köln

Grundlagen

Einführung · Methoden der Ingenieurmathematik · Baustatik ebener Stabwerke · Baustatik der Flächentragwerke · Gekrümmte Träger und Tragwerke · Zweiachsige Biegung und Torsion · Baudynamik · Stähle und Stahlerzeugnisse · Zur Sicherheitsphilosophie in der Bautechnik · Verbindungstechnik · Tragsicherheitsnachweise der Konstruktion · Grundlagen der Betriebsfestigkeit · Verbundkonstruktionen · Dünnwandige Bauteile · Raumabschließende Bauelemente · Optimierte Verbundbauteile · Hohlprofilkonstruktionen

Stahlbau-Verlagsgesellschaft mbH · Köln 1993

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	1
O. Steinhardt	
2 Methoden der Ingenieurmathematik	
F. G. Herschel/H. Unger	
2.1 Zahlen, Fehler, Verfahren, Kondition	5
2.2 Rechnen mit elektronischen Hilfsmitteln	10
2.3 Algebraische und transzendente Gleichungen	12
2.3.1 Verfahren zur Lösung algebraischer Gleichungen	13
2.3.2 Iterationsverfahren	16
2.4 Matrizen	20
2.4.1 Matrizenalgebra	22
2.4.2 Norm, Kondition	24
2.4.3 Eigenwerte und Eigenvektoren	25
2.4.4 Differenzieren und Integrieren von Matrizen	29
2.4.5 Übertragungsmatrizenverfahren	29
2.5 Lineare Gleichungssysteme	30
2.5.1 Gaußscher Algorithmus	31
2.5.2 Austauschverfahren	33
2.5.3 Cholesky-Zerlegung	34
2.5.4 Iterationsverfahren	35
2.6 Nichtlineare Gleichungssysteme	37
2.7 Interpolation und Approximation	38
2.7.1 Interpolation durch Polynome	38
2.7.2 Interpolation durch kubische Splines	40
2.7.3 Approximation nach der Gaußschen Fehlerquadratmethode	41
2.7.4 Tschebyscheff-Approximation	43
2.7.5 Numerische Differentiation	46
2.7.6 Numerische Integration	47
2.8 Differentialgleichungen und deren Lösungsmethoden	48
2.8.1 Anfangswertprobleme	49
2.8.2 Randwertprobleme	53
2.8.3 Eigenwertprobleme	55
2.8.4 Ersatzbalkenverfahren	56
2.8.5 Partielle Differentialgleichungen	57
2.8.6 Variationsmethoden	59
2.8.7 Methode der finiten Elemente	61
2.8.8 Integralgleichungen	62
2.9 Ingenieurstatistik	64
2.9.1 Wahrscheinlichkeit, Zufallsgrößen	64
2.9.2 Verteilungsfunktion, Testverteilungen	67
2.9.3 Stichproben, Datenanalyse	69
3 Baustatik ebener Stabwerke	
H. Rubin: Abschnitt 3.1 bis 3.4	
U. Vogel: Abschnitt 3.5 und 3.6	
3.1 Allgemeines	73
3.1.1 Vorbemerkungen	73
3.1.2 Theorie I. Ordnung – Theorie II. Ordnung	74
3.1.3 Vorverformungen	76
3.1.4 Elastizitätstheorie – Fließgelenktheorie	79
3.1.5 Tragsicherheitsnachweis	80

3.2	Beziehungen für den Einzelstab	82
3.2.1	Lösungskonzept	82
3.2.2	Allgemeine Vereinbarungen	83
3.2.3	Der gerade Stab, konstanter Querschnitt, Theorie I. und II. Ordnung, M -, Q - und N -Verformungen	87
3.2.4	Der gerade Stab, veränderlicher Querschnitt, Theorie I. und II. Ordnung, M - und N -Verformungen	116
3.2.5	Der gerade Stab, konstanter Querschnitt, Theorie I. und II. Ordnung, M -, Q - und N -Verformungen, elastische Bettung, harmonische Schwingungen	134
3.2.6	Der kreisförmig gekrümmte Stab mit Belastung in Stabebene, konstanter Querschnitt, Theorie I. und II. Ordnung, M -, Q - und N -Verformungen	145
3.2.6.1	Richtungstreue Belastung	148
3.2.6.2	Normalentreue Belastung	160
3.3	Elastizitätstheorie I. und II. Ordnung für Stabwerke aus geraden Stäben mit konstantem oder veränderlichem Querschnitt	166
3.3.1	Gleichgewichtsbedingungen des Systems	166
3.3.2	Verschiebungsgrößen des Systems	168
3.3.2.1	Mohrsche Analogie	168
3.3.2.2	Mohrsches Verfahren für rahmenartige Systeme	168
3.3.2.3	Prinzip der virtuellen Kräfte	170
3.3.3	Kraftgrößenverfahren	172
3.3.3.1	Dreimomentengleichung 1. Art	172
3.3.3.2	Dreimomentengleichung 2. Art	174
3.3.4	Kraftgrößen-Drehwinkelverfahren	176
3.3.5	Drehwinkelverfahren für unverschiebliche und verschiebliche Systeme	179
3.3.6	Allgemeines Verschiebungsgrößenverfahren	183
3.3.7	Reduktionsverfahren (Übertragungsmatrizenverfahren)	187
3.3.7.1	Gerade Stabzüge mit verschieblichen Knoten	187
3.3.7.2	Stabzüge mit unverschieblichen Knoten	189
3.3.7.3	Abgewinkelte Stabzüge mit verschieblichen Knoten	191
3.4	Fließgelenktheorie I. und II. Ordnung für Stabwerke aus geraden Stäben mit konstantem oder veränderlichem Querschnitt	196
3.4.1	Idealisierende Annahmen der Fließgelenktheorie	196
3.4.2	Interaktionsbedingungen	197
3.4.3	Möglichkeiten der baustatischen Berücksichtigung eines Fließgelenks	199
3.4.4	Bedingungen für den Tragsicherheitsnachweis	199
3.4.5	Beziehungen für den Einzelstab	199
3.4.5.1	Beziehungen und Definitionen	199
3.4.5.2	Lage eines Fließgelenks im Feld bei Stäben mit konstantem Querschnitt	200
3.4.6	Kraftgrößenverfahren, Dreimomentengleichung 2. Art	202
3.4.7	Drehwinkelverfahren für unverschiebliche und verschiebliche Systeme	204
3.4.8	Allgemeines Verschiebungsgrößenverfahren	206
3.4.9	Reduktionsverfahren (Übertragungsmatrizenverfahren)	208
3.5	Berechnung von Bogentragwerken nach der Elastizitätstheorie II. Ordnung	211
3.5.1	Vorbemerkungen	211
3.5.2	Voraussetzungen und Annahmen	211
3.5.3	Die Grundgleichungen des Bogens für allgemeine Belastung	212
3.5.3.1	Definition der Schnittkraftkomponenten	212
3.5.3.2	Gleichgewicht am verformten Element	212
3.5.3.3	Kinematische Beziehungen zwischen Verschiebungen und Verzerrungen	213
3.5.3.4	Verzerrungen des Stabelements	213
3.5.3.5	Die Gleichgewichtsbedingungen für den Bogen nach der Theorie II. Ordnung (1. Grundgleichung)	213
3.5.4	Lösungsverfahren für die Grundgleichungen	215
3.5.4.1	Einführung eines Ersatzbalkens	215
3.5.4.2	Iterative Lösung für bestimmte Lastfälle	216
3.5.5	Zur Frage der Superposition von Lastfällen	218
3.5.6	Bogen mit aufgeständerter (oder abgehängter) Fahrbahn	219
3.5.7	Zahlenbeispiel	220
3.6	Berechnung von Hängebrücken nach der Theorie II. Ordnung	227
3.6.1	Vorbemerkungen	227
3.6.2	Voraussetzungen und Annahmen	227

3.6.3	Die Grundgleichungen für einfeldrige Hängebrücken mit Versteifungsträger	227
3.6.3.1	Lastfall Eigengewicht (g)	227
3.6.3.2	Lastfall Eigengewicht + Verkehr + Temperatur (g+p+T)	228
3.6.4	Lösungsverfahren für die Grundgleichungen	230
3.6.4.1	Einführung eines Ersatzbalkens	230
3.6.4.2	Iterative Lösung für bestimmte Lastfälle	231
3.6.4.3	Beschränkt gültige Einflußlinien	231
3.6.5	Mehrfeldrige Hängebrücken mit Versteifungsträger	236
3.6.5.1	Versteifungsträger nicht durchlaufend	236
3.6.5.2	Versteifungsträger durchlaufend	236

4 Baustatik der Flächentragwerke

D. Bamm: Abschnitt 4.1

J. Lindner/D. Bamm: Abschnitt 4.2

4.1	Allgemeines zu Platten, Schalen und Membranen. Theoretische Grundlagen, baupraktische Näherungen	251
4.1.1	Definition	251
4.1.2	Platten	251
4.1.3	Schalen und Membrane	254
4.1.3.1	Allgemeines	254
4.1.3.2	Membrantheorie	255
4.1.3.3	Rotationsschalen	256
4.2	Berechnung von orthotropen Platten und Trägerrosten	260
4.2.1	Allgemeines	260
4.2.2	Isotrope Platten	261
4.2.3	Orthotrope Platten	262
4.2.3.1	Überblick	262
4.2.3.2	Zur Berechnung der orthotropen Platte	265
4.2.3.3	Lösung von Pelikan/EBlinger	266
4.2.3.4	Berücksichtigung des Schwerachsensprunges	270
4.2.3.5	Behandlung als diskretes System	270
4.2.3.6	Auswertungen	271
4.2.3.7	Beispiel zur Bemessung einer orthotropen Fahrbahnplatte	273
4.2.3.8	Betriebsfestigkeit	276
4.2.4	Trägerroste	277
4.2.4.1	Allgemeines	277
4.2.4.2	Querverteilung nach Engeßer	277
4.2.4.3	Querverteilung nach Cornelius	278
4.2.4.4	Querverteilung nach Guyon/Massonnet	278
4.2.4.5	Vereinfachte Trägerrostberechnung Leonhardt/Andrä	279
4.2.4.6	Parameter-Untersuchungen	284
4.2.4.7	Berechnung von Trägerrosten als diskretes System	285

5 Gekrümmte Träger und Tragwerke

W. Heil

5.1	Einführung	287
5.2	Geschichtlicher Rückblick	287
5.3	Kreisförmig gekrümmte Träger	288
5.3.1	Voraussetzungen	288
5.3.2	Die Differentialgleichungen und ihre Lösungen	288
5.3.2.1	Torsion und Biegung	289
5.3.2.2	Wölbkrafttorsion	290
5.3.2.3	Formänderungsgrößen	302
5.3.2.4	Berücksichtigung eines geraden Trägerfeldes	303
5.3.3	Berechnung von gekrümmten Durchlaufträgern mit Hilfe eines statisch unbestimmten Grundsystems	303
5.3.3.1	Voraussetzungen	303
5.3.3.2	Umrechnung allgemeiner Lasten in Streckenlast q und Streckentorsionsmoment m_T	304
5.3.3.3	Rechengang	305
5.3.3.4	Berechnungsbeispiel	307

5.3.4	Berechnung kreisförmig gekrümmter Träger mit Hilfe des Übertragungsmatrizenverfahrens	310
5.4	Drillweiche, gekrümmte Tragwerke	313
5.4.1	Allgemeines	313
5.4.2	Voraussetzungen	314
5.4.3	Das Übertragungsmatrizenverfahren für den Schubelastischen Biegeträger	314
5.4.3.1	Der Grundgedanke des Übertragungsmatrizenverfahrens	314
5.4.3.2	Die Übertragungsmatrix für den Schubelastischen Stab nach Theorie I. Ordnung	315
5.4.3.3	Die Punktmatrix (bekannte Unstetigkeiten)	316
5.4.3.4	Behandlung der Randbedingungen	317
5.4.3.5	Behandlung von Zwischenbedingungen	318
5.4.4	Das Übertragungsmatrizenverfahren für drillweiche, gekrümmte Tragwerke	319
5.4.4.1	Grundsätzliche Vorgehensweise	319
5.4.4.2	Die Übertragungsmatrix	320
5.4.4.3	Die Punktmatrix	321
5.4.4.4	Behandlung der Rand- und Zwischenbedingungen	322
5.4.5	Berechnungsbeispiel	325
6	Zweiachsiges Biegen mit Torsion	
	G. Sedlacek	
6.1	Grundbeziehungen der Biegung ohne Torsion	329
6.1.1	Verwölbungen	329
6.1.2	Verwölbungen bei Verformungen in mehreren Achsenrichtungen	329
6.1.3	Verformungen und Dehnungen	329
6.1.4	Grundgleichungen für die Dehnung und Biegung	330
6.1.5	Ermittlung der Hauptachsen	331
6.1.6	Vereinfachte Vorgehensweise bei der Ermittlung der Querschnittswerte	333
6.1.7	Ermittlung von Schubspannungen	333
6.1.8	Berechnung der Einheitsverteilungen der sekundären Schubspannungen	334
6.1.9	Einheitsverteilungen der sekundären Schubspannungen bei geschlossenen Profilen	335
6.1.10	Schubspannungsergebnisse	336
6.1.11	Einfluß von Schubverformungen	336
6.2	Grundbeziehungen der Schubtorsion ohne Wölbbehinderung	339
6.2.1	Verdrehung eines einzelligen Hohlprofils, Bredtsche Formeln	339
6.2.2	Verallgemeinerung der Bredtschen Formeln	340
6.2.3	Verdrehung von mehrzelligen Kastenträgern	341
6.2.4	Berechnungsbeispiele	341
6.2.5	Einleitung der Torsionsbelastung	343
6.2.6	Beachtung von Verwölbungsmöglichkeiten	343
6.2.7	Hohlprofile mit Fachwerkwänden	344
6.2.8	Verdrehung offener dünnwandiger Profile	344
6.3	Biegetorsion und gemischte Torsion für mehrteilige Querschnitte	345
6.3.1	Abtragung exzentrischer Lasten durch Doppelbiegung	345
6.3.2	Ermittlung des Schubmittelpunktes bei verschiedener Steifigkeit der Einzelträger	346
6.3.3	Biegetorsion bei mehrteiligen Querschnitten	346
6.3.4	Gemischte Torsion (Wölbkrafttorsion)	347
6.3.5	Lösung der Grundgleichung für die gemischte Torsion	348
6.3.6	Anwendungsbeispiel	348
6.3.7	Verformungsempfindlichkeit der Berechnungsergebnisse	348
6.4	Wölbkrafttorsion für allgemeine, offene Profile	351
6.4.1	Grundgleichung für die Ermittlung der Einheitsverwölbungen	351
6.4.2	Reinigung der Grundverwölbung und Querschnittswerte	352
6.4.3	Ermittlung der Schubspannungen	353
6.5	Wölbkrafttorsion für allgemeine, geschlossene Profile	354
6.5.1	Ermittlung der Einheitsverwölbungen und Querschnittswerte	354
6.5.2	Besonderheit der Wölbkrafttorsion bei Hohlprofilen gegenüber offenen Profilen	355
6.5.3	Grundgleichungen der Torsion unter Berücksichtigung sekundärer Schubverformungen	356
6.5.4	Ermittlung der Wölbspannungen bei Hohlkörper torsion unter Berücksichtigung sekundärer Schubverformungen	358

6.5.5	Einflußlinien der Wölbbimomente bei Hohlkörpertorsion	358
6.5.6	Ermittlung des Reduktionsbeiwertes $1/\sqrt{2}$	359
6.5.7	Zusammenstellung der Grundbeziehungen für Biegung und Torsion	359
6.6	Geführte Verdrehungen	362
6.6.1	Ermittlung der Zwangsachsen	362
6.6.2	Geführte Verformungen mit kontinuierlicher, elastischer Bettung	362
6.6.3	Lösung der Grundgleichung der Torsion mit drehelastischer Bettung	363
6.6.4	Anwendungsbeispiel	364
6.6.5	Träger, die an Einzelstellen elastisch gegen Verdrehen behindert werden	365
6.7	Ermittlung der Einflüsse von Querschnittsverformungen	369
6.7.1	Querschnittsverformungen bei Trägern mit offenen Profilen	369
6.7.2	Querschnittsverformungen bei Kastenprofilen	371
6.8	Auswirkung einer begrenzten, mittragenden Breite	376
6.8.1	Genauere Berücksichtigung der Schubverformungen	376
6.8.2	Anwendungsbeispiel	377
6.8.3	Schubverformungen in Fugen	378
7	Baudynamik	
	U. Peil	
7.1	Einleitung	379
7.2	Mechanische Grundlagen	379
7.2.1	Kinematik der Schwingungen	379
7.2.2	Einmassenschwinger	385
7.2.2.1	Allgemeines	385
7.2.2.2	Freie Schwingungen	386
7.2.2.3	Erzwungene Schwingungen	388
7.2.3	Mehrmassenschwinger	396
7.2.3.1	Zweimassenschwinger	396
7.2.3.2	Mehrmassenschwinger	398
7.2.3.3	Näherungsverfahren	404
7.2.4	Zufallsschwingungen	406
7.2.5	Hilfsmittel bei der Berechnung	410
7.3	Modellbildung bei Tragsystemen	411
7.3.1	Allgemeines	411
7.3.2	Systemsteifigkeiten	412
7.3.3	Systemmassen	413
7.3.4	Dämpfung	413
7.3.5	Belastung	417
7.4	Schwingungsverhalten von Tragwerken bei unterschiedlichen Anregungen	417
7.4.1	Periodische Erregung durch Maschinen oder Menschen	417
7.4.2	Stoßartige Erregung	419
7.4.3	Winderregung	420
7.4.3.1	Wirbelerregung	420
7.4.3.2	Böenerregung	422
7.4.3.3	Selbsterregte Windschwingungen	427
7.4.4	Erdbeberregung	429
7.4.5	Parametererregung	431
7.5	Ermüdung infolge Bauwerksschwingungen	431
7.5.1	Allgemeines	431
7.5.2	Determinierte Schwingungen	432
7.5.3	Zufallsschwingungen	433
7.5.3.1	Allgemeines	433
7.5.3.2	Schmalbandprozeß	433
7.5.3.3	Breitbandprozeß	435
7.5.3.4	Ermittlung des Summenkollektivs	435
7.6	Vorgehensweise beim Auftreten von Schwingungen	436
7.6.1	Ursachenforschung	436
7.6.1.1	Meßgrößen	436
7.6.1.2	Meßgeräte	436
7.6.1.3	Erregung	438
7.6.1.4	Auswertung der Messung	440

7.6.2 Schwingungsbeseitigung	444
7.6.2.1 Ursachenbeseitigung	444
7.6.2.2 Maßnahmen am schwingenden Tragwerk	444
7.7 Literatur	449
8 Stähle und Stahlerzeugnisse	
J. Degenkolbe/B. Müsen: Abschnitt 8.1 bis 8.4	
W. Schönherr: Abschnitt 8.5	
8.1 Stahlherstellung	453
8.1.1 Stahlerschmelzung	453
8.1.2 Pfannenmetallurgische Nachbehandlung von Stahl	454
8.1.2.1 Grundlagen	454
8.1.2.2 Desoxidation	456
8.1.2.3 Entschwefelung und Sulfideinformung	456
8.1.2.4 Entfernung des Wasserstoffs und Feinlegieren	458
8.1.3 Gießen und Erstarren	458
8.2 Warmwalzen	459
8.2.1 Warmgewalzte Stahlerzeugnisse	461
8.2.2 Walztechnik und Wärmebehandlung der Stähle	461
8.2.2.1 Normalglühen	461
8.2.2.2 Normalisierendes Walzen	462
8.2.2.3 Thermomechanisches Walzen	463
8.2.2.4 Beschleunigte Abkühlung aus der Walzhitze	463
8.2.2.5 Vergüten	463
8.3 Grundsätzliches über die kennzeichnenden Eigenschaften der Stähle für den Stahlbau und ihre Prüfung	465
8.3.1 Festigkeitseigenschaften bei statischer Beanspruchung	465
8.3.2 Festigkeitseigenschaften bei schwingender Beanspruchung	466
8.3.3 Zähigkeitseigenschaften	468
8.3.4 Härte	469
8.3.5 Umformbarkeit	469
8.3.6 Sprödbbruchwiderstand	470
8.3.7 Bruchmechanik	472
8.3.8 Schweißbeignung	473
8.3.9 Widerstand gegenüber atmosphärischer Korrosion	474
8.3.10 Oberflächenbeschaffenheit	475
8.3.11 Innere Beschaffenheit	475
8.4 Stähle für den Stahlbau und ihre Eigenschaften	476
8.4.1 Warmgewalzte Fertigerzeugnisse aus unlegierten Baustählen	476
8.4.2 Wetterfeste Baustähle	478
8.4.3 Hochfeste Feinkornbaustähle	478
8.4.4 Stähle für Schrauben, Muttern und Niete	480
8.4.5 Stähle für Seildrähte	481
8.5 Güteanforderungen an Baustähle für geschweißte Stahlbauteile	485
8.5.1 Einführung	485
8.5.2 Schweißbeignung	485
8.5.3 Rißarten: Beschreibung, Prüfverfahren, Gegenmaßnahmen	487
8.5.3.1 Heißriß	487
8.5.3.2 Kaltriß	488
8.5.3.3 Wiedererwärmungsriß	490
8.5.3.4 Versprödung durch Kaltverformung und anschließendes Auslagern (Verformungsalterung)	492
8.5.3.5 Terrassenbruch (Lamellenbruch)	493
8.5.3.6 Dauerbruch	495
8.5.3.7 Sprödbbruch (Spaltbruch)	495
8.5.4 Beurteilung von Rißneigungen aus Werkstoffdaten	498

9 Regelwerke und Sicherheit

H. Eggert: Abschnitt 9.1

Ch. Petersen: Abschnitt 9.2

9.1 Regelwerke im Stahlbau	501
9.1.1 Geschichtliches, Abgrenzungen	501
9.1.2 Die Rechtsbedeutung der Regelwerke	504
9.1.2.1 Grundsätzliches, Thesen	504
9.1.2.2 Hinweise	505
9.1.2.3 Bewertung der allgemeinen Anerkennung	506
9.1.3 Normen	507
9.1.3.1 Einteilung	507
9.1.3.2 Zur Organisation des DIN	508
9.1.3.3 Normen für Stahlbauten (Bemessung und Konstruktion)	509
9.1.3.4 Euro-Normen	511
9.1.3.5 Eisen und Stahl	511
9.1.3.6 Materialprüfung für metallische Werkstoffe	511
9.1.3.7 Mechanische Verbindungselemente	511
9.1.3.8 Rohre, Rohrverbindungen und Rohrleitungen	511
9.1.3.9 Schweißtechnik	512
9.1.3.10 Drahtseile	512
9.1.4 Europäische Normen	512
9.1.5 ISO-Normen	513
9.1.6 Zulassungen, Prüfzeichen	513
9.1.6.1 Raumtragwerke	514
9.1.6.2 Dächer aus dünnwandigen Blechen	514
9.1.6.3 Decken aus dünnwandigen Blechen	514
9.1.6.4 Fassadensysteme	516
9.1.6.5 Verbundtragwerke	516
9.1.6.6 Behälter	516
9.1.6.7 Gerüste	517
9.1.6.8 Baustahl	518
9.1.6.9 Sonderfälle, sonstige Metallzulassungen	519
9.1.6.10 Brückenlager	519
9.1.7 Europäische Zulassungen	520
9.1.8 DAST-Richtlinien	521
9.1.9 Sonstige technische Regelwerke	522
9.1.9.1 KTA-Regeln	523
9.1.9.2 AD-Merkblätter	524
9.1.9.3 Stahl-Eisen-Blätter	524
9.1.9.4 DVS-Richtlinien/DVS-Merkblätter	524
9.1.9.5 Freileitungsmaste	525
9.1.9.6 VdTÜV-Merkblätter	525
9.1.9.7 Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten (TRbF)	525
9.1.9.8 Technische Regeln für Dampfkessel (TRD)	525
9.1.9.9 Technische Regeln Druckbehälter (TRB) und Rohre (TRR)	526
9.1.9.10 Schiffsbau	526
9.1.9.11 VDI-Richtlinien	526
9.1.9.12 Regelwerk der Bundesbahn	526
9.1.9.13 RAL	527
9.2 Zur Sicherheitsphilosophie in der Bautechnik	529
9.2.1 Sicherheit in der Technik	529
9.2.1.1 Von den Verpflichtungen des Ingenieurs und Technikers	529
9.2.1.2 Risikobereitschaft der Gesellschaft	529
9.2.2 Sicherheit in der Bautechnik	530
9.2.2.1 Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit baulicher Anlagen	530
9.2.2.2 Gefährdungen durch menschliche Fehlhandlungen und Gegenstrategien	530
9.2.2.3 Unsicherheiten bei der statisch-konstruktiven Auslegung – Der wahrscheinlichkeitstheoretische Sicherheitsansatz	531
9.2.2.4 Versagenswahrscheinlichkeit p_f – Sicherheitsindex β – Sicherheitsfaktor γ	532
9.2.2.5 Anmerkungen zum wahrscheinlichkeitstheoretischen Sicherheitsansatz	534
9.2.3 Sicherheitsanalysen auf Stufe III (Level III)	534

9.2.4	Sicherheitsanalysen auf Stufe II (Level II)	537
9.2.4.1	Einführung – R-S-Problem	537
9.2.4.2	Verallgemeinerung	540
9.2.5	Sicherheitsanalysen auf Stufe I (Level I)	542
9.2.6	Sicherheitskonzept des Regelwerks DIN 18800 T1 bis T4	542

10 Verbindungstechnik

10.1 Allgemeine Hinweise

O. Steinhardt

10.1.1	Begriffe	545
10.1.2	Schrauben- (bzw. Niet-)Verbindungen in Bauteilen bei vorwiegend ruhender Beanspruchung	546
10.1.3	Schrauben- (bzw. Niet-)Verbindungen in Bauteilen bei nicht vorwiegend ruhender Beanspruchung	547
10.1.4	Schweißverbindungen unter vorwiegend ruhender Beanspruchung	548
10.1.5	Schweißverbindungen unter „nicht vorwiegend ruhender Beanspruchung“	549
10.1.6	Vorgespannte Kleb- (VK-)Verbindungen	551

10.2 Schraubenverbindungen

G. Valtinat

10.2.1	Allgemeines	552
10.2.2	Schraubenmaterial	552
10.2.3	Grundprinzipien bei der Berechnung von Schraubenverbindungen	557
10.2.3.1	Kräfte in Schraubenverbindungen	557
10.2.3.2	Verformungen in Schraubenverbindungen und deren Einfluß	558
10.2.3.3	Schraubenverbindungen mit Kraftübertragung senkrecht zur Schraubenachse (Scherverbindung) im Traglastbereich	558
10.2.3.4	Schraubenverbindungen mit Kraftübertragung in Richtung der Schraubenachse (Zugverbindungen) im Traglastbereich	560
10.2.3.5	Prinzipien bei Ermittlung der Tragfähigkeiten einer Schraubenverbindung	561
10.2.3.6	Duktilität der Verbindungen im Traglastbereich	561
10.2.3.7	Duktilität der Bauteile mit Schraubenverbindungen	562
10.2.3.8	Schraubenverbindungen mit Kraftübertragung senkrecht zur Schraubenachse (Scherverbindungen) im Gebrauchslastbereich	563
10.2.3.9	Schraubenverbindungen mit Kraftübertragung in Richtung der Schraubenachse (Zugverbindungen) im Gebrauchslastbereich	563
10.2.4	Berechnung von Schraubenverbindungen im Traglastzustand	564
10.2.4.1	Scherverbindungen Typ A, B und C	564
10.2.4.2	Gleitfeste vorgespannte Verbindungen (Typ D)	565
10.2.4.3	Zugverbindungen ohne und mit Vorspannung (Typ E und F)	565
10.2.4.4	Kombinierte Beanspruchung	566
10.2.5	Berechnung der Bauteile im Traglastbereich	566
10.2.6	Querkraftanschlüsse mit Winkeln	567
10.2.7	Biegesteifer Trägerstoß	569
10.2.8	Biegesteife Stirnplatten-Verbindungen mit hochfesten vorgespannten Schrauben	570
10.2.8.1	Allgemeines	570
10.2.8.2	Berechnung einer T-Verbindung mit hochfesten vorgespannten Schrauben, Tragnachweis und Gebrauchsnachweis	571
10.2.8.3	Berechnung einer biegesteifen Stirnplatten-Verbindung mit hochfesten vorgespannten Schrauben bei Walzträgern	572
10.2.9	Einfluß der Nachgiebigkeit in Verbindungen auf Bauwerksverformungen	574

10.3 Schweißen und Schweißverbindungen

F. Mang/P. Knödel

10.3.1	Einleitung	577
10.3.2	Begriffe und Definitionen	577
10.3.3	Tragverhalten von Schweißverbindungen	581
10.3.3.1	Allgemeines	581
10.3.3.2	Vorwiegend ruhende Beanspruchung	581

	Inhaltsverzeichnis	XV
10.3.3.3	Zeitlich veränderliche Beanspruchung	584
10.3.4	Berechnung von Schweißverbindungen	585
10.3.4.1	Allgemeines	585
10.3.4.2	Vorwiegend ruhende Beanspruchung	585
10.3.4.3	Zeitlich veränderliche Beanspruchung	587
10.3.5	Ermittlung der Resttragfähigkeit	590
10.3.5.1	Bedarf	590
10.3.5.2	Bauwerksinspektion, Folgerungen	590
10.3.5.3	Lineare Schadensakkumulation nach Palmgren-Miner	591
10.3.5.4	Methoden der Bruchmechanik	591
10.3.6	Schweißverfahren	594
10.3.6.1	Allgemeines	594
10.3.6.2	E-Hand	594
10.3.6.3	WIG	596
10.3.6.4	MIG	596
10.3.6.5	MAG	596
10.3.6.6	UP	596
10.3.6.7	MF	597
10.3.6.8	Bolzen	597
10.3.6.9	Sonstige	597
10.3.7	Schweißzusatzwerkstoffe und Hilfsstoffe	597
10.3.7.1	Allgemeines	597
10.3.7.2	Stabelektroden zum Elektro-Handschiessen	597
10.3.7.3	Drahtelektroden zum Schutzgasschiessen	599
10.3.8	Schweißnahtvorbereitung	599
10.3.9	Schrumpfungen, Eigenspannungen	600
10.3.10	Wärmebehandlung	601
10.3.11	Schweißplan	602
10.3.12	Qualitätssicherung	604
10.3.12.1	Allgemeines	604
10.3.12.2	Ermittlung des erforderlichen Qualitätssicherungsniveaus	604
10.3.12.3	Planung	606
10.3.12.4	Fertigung	608
10.3.12.5	Montage	609
10.3.12.6	Bauwerksinspektion	609
Literatur		610
Fachveröffentlichungen		610
Normen, Regelwerke, Richtlinien		611
10.4	Sonderverbindungen	
	G. Sedlacek/H. Stoverink	
10.4.1	Herkömmliche Stahlbauverbindungen	613
10.4.2	Beispiele für besondere Schraubverbindungen	613
10.4.3	Bolzenverbindungen	614
10.4.4	Weitere Verbindungsprinzipien	615
10.4.5	Beispiele für Einhakverbindungen	617
10.4.6	Beispiele für Keilverbindungen	618
10.4.7	Beispiele für Klemmverbindungen	619
11	Tragsicherheitsnachweise der Konstruktion	
11.1	Allgemeine Grundlagen	621
	O. Steinhardt/W. Maier	
11.2	Tragsicherheitsnachweise für Stabwerke mit gedregenen Querschnittsteilen	
11.2.1	Druck- und Biegedruckfälle	
	U. Vogel	
11.2.1.1	Vorbemerkungen	627
11.2.1.2	Einführung	627
11.2.1.3	Allgemeine Berechnungsgrundlagen	630

11.2.1.4	Tragsicherheitsnachweise für planmäßig gerade, einteilige, einfeldrige Stäbe	633
11.2.1.5	Tragsicherheitsnachweise für planmäßig gerade, mehrteilige, einfeldrige Stäbe mit unveränderlichem Querschnitt und konstanter Längskraft	646
11.2.1.6	Tragsicherheitsnachweise für unverschiebbliche ebene Stockwerkrahmen, Durchlaufträger und Stützen (planmäßig einachsige Biegung und Längsdruckkraft in den Stabachsen)	654
11.2.1.7	Tragsicherheitsnachweise für verschiebbliche ebene Stockwerkrahmen (planmäßig einachsige Biegung und Längsdruckkraft in den Stabachsen)	657
11.2.1.8	Tragsicherheitsnachweise für Durchlaufträger und durchlaufende Stützen mit elastisch verschiebblichen Knotenpunkten (planmäßig einachsige Biegung und Längsdruckkraft)	663
11.2.1.9	Tragsicherheitsnachweise für Bogenträger	663
11.2.2	Biegedrillknicken	
	J. Lindner	
11.2.2.1	Einführung	669
11.2.2.2	Wann ist ein Biegedrillknicknachweis entbehrlich?	671
11.2.2.3	Einachsige Biegung durch M_y , Behinderung der Verformung	672
11.2.2.4	Konstruktive Ausbildung	674
11.2.2.5	Einachsige Biegung durch M_y , Nachweis des Druckgurtes als Druckstab	674
11.2.2.6	Beanspruchung durch Biegemomente M_y allein	675
11.2.2.7	Planmäßig mittiger Druck	678
11.2.2.8	Einachsige Biegung durch M_y mit Normalkraft N	679
11.2.2.9	Zweiachsige Biegung durch M_y und M_z mit oder ohne Normalkraft	680
11.2.2.10	Torsion	680
11.3	Flächige, ebene Bauteile: Festigkeit und Stabilität	
	J. Scheer: Abschnitt 11.3.1 bis 11.3.3	
11.3.1	Bedeutung, Beispiele, Abgrenzung	684
11.3.2	Festigkeit	686
11.3.2.1	Allgemeines	686
11.3.2.2	Zur Auswirkung von Schubverformungen in breiten Gurten	686
11.3.2.3	Erfassung der Wirkung von Schubverformungen in breiten Gurten über voll mitwirkende Gurtquerschnitte	689
11.3.2.4	Bedeutung der Schubverformungen in breiten Gurten	690
11.3.2.5	Ergebnisse von Parameterstudien	690
11.3.2.6	Vorschläge für die Praxis	691
11.3.2.7	Grenzen der linearen Betrachtung	693
11.3.3	Stabilität	693
11.3.3.1	Allgemeines	693
11.3.3.2	Kurze Hinweise auf die Entwicklung und auf den Stand der Beulforschung	694
11.3.3.3	Grenzwerte für Verhältnisse von Breite b zu Dicke t unverteilter Platten oder Plattenbalken	696
11.3.3.4	Zur Anwendung von DIN 18800 Teil 3	697
11.3.4	Das Tragverhalten orthotroper Platten nach der nichtlinearen Beultheorie	
	V. Morgen	
11.3.4.1	Einleitung	700
11.3.4.2	Die Differentialgleichungen der nichtlinearen Beultheorie	700
11.3.4.3	Das überkritische Tragverhalten, „Wirksame Breite“, Forschungsergebnisse	703
11.3.4.4	Praktische Anwendung der nichtlinearen Beultheorie auf plattenartige Gurte kastenförmiger Träger	705
11.3.4.5	Interaktion von wirksamer und mitwirkender Breite	707
11.3.4.6	Schlußbemerkung	708

11.3.5 Leichte Vollwandträger ohne Zwischensteifen

H. Nölke

11.3.5.1	Einführung	710
11.3.5.2	Wirkungsweise bei Schubbeanspruchung	710
11.3.5.3	Wirkungsweise bei Biegung	713
11.3.5.4	Interaktion bei Biegung und Querkraft	714
11.3.5.5	Weitere Einflüsse auf die Traglast	715
11.3.5.6	Konstruktive Einzelheiten	716
11.3.5.7	Montagelastfall	717

11.3.6 Vollwandträger mit schlanken Stegen und Vertikalsteifen

G. Valtinat

11.3.6.1	Einführung	719
11.3.6.2	Geltungsbereich	719
11.3.6.3	Zur Traglasttheorie von Vollwandträgern mit schlanken Stegen und Vertikalsteifen	719
11.3.6.3.1	Ermittlung der Traglast	719
11.3.6.3.2	Vertikalsteifen	723
11.3.6.4	Zur praktischen Berechnung von Vollwandträgern mit schlanken Stegen und Vertikalsteifen	727
11.3.6.4.1	Allgemeines	727
11.3.6.4.2	Vereinfachter Nachweis der Tragsicherheit von Vollwandträgern mit schlanken Stegen und Vertikalsteifen	727
11.3.6.4.3	Vereinfachungen beim Nachweis der Vertikalsteifen	728
11.3.6.5	Gebrauchsfähigkeitsnachweis und Verformungen	729
11.3.6.5.1	Allgemeines	729
11.3.6.5.2	Schnittgrößenverteilung und Verformungen des Vollwandträgers	729
11.3.6.5.3	Begrenzung der Stegbeulentiefe im Gebrauchszustand	729

11.3.7 Rippenlose Stahlkonstruktionen

G. Valtinat

11.3.7.1	Allgemeines	731
11.3.7.2	Rippenlose Lasteintragung in Biegeträger	731
11.3.7.3	Rippenlose Rahmenecken mit Walzprofilen in nicht seitverschieblichen Rahmen	735

11.4 Flächig gekrümmte Bauteile – Tragsicherheitsnachweise**11.4.1 Beulsicherheitsnachweise für isotrope Schalen**

F. W. Bornscheuer

11.4.1.1	Entwicklung und Stand der Normung	741
11.4.1.2	Vergleich des grundsätzlichen Verhaltens von Stab, Platte und Schale	741
11.4.1.3	Berechnungsgrundlagen für das Schalenbeulen im elastischen Bereich nach dem α -Konzept	742
11.4.1.4	Plastisches Beulen für das α -Konzept	747
11.4.1.5	Herstellungstoleranzen	749
11.4.1.6	Inhalt der DAST-Richtlinie 013 und der DIN 18800, Teil 4	750
11.4.1.7	Überführung der DAST-Richtlinie 013 in die DIN 18800, Teil 4	751
11.4.1.8	Bemessungsformeln für axialgedrückte Kreiszyylinder nach der DAST-Richtlinie 013 und DIN 18800, Teil 4	754
11.4.1.9	Beispiele	754
11.4.1.10	Vergleich der „zulässigen“ Spannungen verschiedener Regelwerke	756
11.4.1.11	Schlußbetrachtungen	758

11.4.2 Beulsicherheitsnachweise für bestimmte orthotrope Kreiszyinderschalen

M. Pfeiffer

11.4.2.1	Einleitung	761
11.4.2.2	Grundlagen zum Stabilitätsversagen isotroper und orthotroper Kreiszyinderschalen und Axialdruck	761

11.4.2.3	Rechnerische Erfassung des Tragverhaltens isotroper und orthotroper Kreiszyinderschalen unter Axiallast mit baustatischen Berechnungsmethoden unter Berücksichtigung von Vorverformungen	765
11.4.2.4	Vorteile der orthotropen Bauweise	770
11.4.2.5	Zusammenfassung	773

11.4.3 Beulsicherheitsnachweise für weitere versteifte Kreiszyinderschalen sowie allgemeingültige Rechenkonzepte für komplexere Schalenstrukturen

H. Schmidt

11.4.3.1	Einleitung	774
11.4.3.2	Grundsätzliche Anmerkungen zum Entwurf DAST-Ri 017	775
11.4.3.2.1	Beulwiderstand	775
11.4.3.2.2	Beulmembrankräfte	775
11.4.3.2.3	Plastischer Bezugswiderstand	776
11.4.3.3	Torikonische und torisphärische Schalen unter Außendruck	777
11.4.3.3.1	Allgemeines	777
11.4.3.3.2	Regeln für Außenwände im Entwurf DAST-Ri 017	778
11.4.3.4	Versteifte Kreiszyinderschalen	779
11.4.3.4.1	Allgemeines	779
11.4.3.4.2	Gleichmäßig ringversteifte Kreiszyinderschalen unter Außendruck	780
11.4.3.4.3	Gleichmäßig längsversteifte Kreiszyinderschalen unter Axialdruck – Regeln im Entwurf DAST-Ri 017	781
11.4.3.5	Kreiszyinderschalen mit Mantelöffnungen unter Axialdruck	783
11.4.3.6	Beulsicherheitsnachweis mit Hilfe numerisch ermittelter Beulwiderstände	784
11.4.3.6.1	Allgemeines	784
11.4.3.6.2	Berechnungskonzept I	786
11.4.3.6.3	Berechnungskonzept II	788
11.4.3.6.4	Berechnungskonzept III	789

11.5 Lagesicherheit/Standsicherheit

G. Valtinat

11.5.1	Allgemeines	791
11.5.2	Abmessungen der Fundamente	792
11.5.3	Belastungen der Fundamente	792
11.5.4	Fundamentberechnung und Bodenpressung	792
11.5.4.1	Mittige Druckkraft P	792
11.5.4.2	Mittige Zugkraft Z	792
11.5.4.3	Druckkraft P , Horizontalkraft H_z und einachsige Biegung M_y	793
11.5.4.4	Druckkraft P , Horizontalkräfte H_x und H_y und zweiachsige Biegung M_x und M_y	793
11.5.5	Gleitsicherheit	795
11.5.6	Einfluß der Fundamentnachgiebigkeit auf Rahmen-Tragwerke	795

12 Grundlagen der Betriebsfestigkeit

T. Seeger

Der in der 2. Auflage (1985, Kapitel 10.8) von D. Kosteas dargebotene Wissensstand ist neu strukturiert und erweitert worden. Siehe Gliederung. 801

13 Verbundkonstruktionen

H. Bode

13.1	Grundlagen	803
13.1.1	Allgemeines	803
13.1.2	Grenzzustand der Tragfähigkeit	804
13.1.3	Grenzzustand der Gebrauchsfähigkeit	805
13.1.4	Geltende Normen und ihr Einfluß auf den Entwurf	805
13.1.5	Baustoffe	806

13.2	Bezeichnungen	807
13.2.1	Allgemeines	807
13.2.2	Elastische und plastische Ermittlung der Schnittgrößen	807
13.2.3	Gesamtschnittgrößen – Teilschnittgrößen	807
13.2.4	Starrer und nachgiebiger Verbund	808
13.2.5	Vollständige und teilweise Verdübelung (Teilverbund)	808
13.2.6	Steife und flexible Dübel	810
13.2.7	Decken- und Trägerverbund	810
13.3	Verbundmittel, Dübel	810
13.3.1	Allgemeines	810
13.3.2	Verdübelungsarten und ihre Eigenschaften	811
13.3.3	Rechenwerte der Dübeltragfähigkeit	812
13.3.3.1	Allgemeines	812
13.3.3.2	Kopfbolzendübel	813
13.3.3.3	Reibungsverbund	818
13.3.4	Hinweis auf weitere Verdübelungsarten	819
13.4	Verbundträger	821
13.4.1	Allgemeines	821
13.4.2	Grenztragfähigkeit des Verbundquerschnittes	822
13.4.2.1	Allgemeines	822
13.4.2.2	Die elastische Grenztragfähigkeit des Querschnittes	822
13.4.2.3	Die plastische Grenztragfähigkeit des Querschnittes	823
13.4.2.4	Elastisch-plastische Grenztragfähigkeit des Querschnittes	826
13.4.2.5	Schlanke und kompakte Verbundträger	827
13.4.2.6	Querschnitte mit Kammerbeton	827
13.4.3	Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit	828
13.4.3.1	Allgemeines	828
13.4.3.2	Elastische Schnittgrößen und elastische Querschnittstragfähigkeit	830
13.4.3.3	Elastische Schnittgrößen und plastische Querschnittstragfähigkeit	830
13.4.3.4	Elastische Schnittgrößen und elastisch-plastische Querschnittstragfähigkeit	830
13.4.3.5	Plastische Schnittgrößen und plastische Querschnittstragfähigkeit	831
13.4.3.6	Elastisch-plastische Schnittgrößen und elastisch-plastische Querschnittstragfähigkeit	831
13.4.3.7	Biegedrillknicken	831
13.4.4	Grenzzustand der Gebrauchsfähigkeit	831
13.4.4.1	Allgemeines	831
13.4.4.2	Rißbreitenbeschränkung	832
13.4.5	Einfluß des Verformungsverhaltens des Betons	834
13.4.5.1	Allgemeines	834
13.4.5.2	Kurzzeitige Belastungen	834
13.4.5.3	Einfluß des Betonkriechens	835
13.4.5.4	Einfluß der Hydratationswärme	837
13.4.6	Vorspannung	838
13.4.6.1	Allgemeines	838
13.4.6.2	Arten der Vorspannung	838
13.4.6.3	Einfluß der Vorspannung auf die Grenztragfähigkeit	839
13.4.7	Verbundsicherung	840
13.4.7.1	Allgemeines	840
13.4.7.2	Vollständige Verdübelung	840
13.4.7.3	Teilweise Verdübelung	840
13.4.7.4	Verteilung der Dübel	841
13.4.7.5	Verformungen unter Gebrauchslast	842
13.4.7.6	Weiterleitung der Schubkräfte	843
13.4.7.7	Unterbrochener Betongurt	844
13.4.8	Einbetonierte Stahlträger	844
13.4.9	Träger mit unterbrochener Verbundfuge	844
13.5	Verbundkonstruktionen unter Verwendung von Stahlprofilblechen	844
13.5.1	Einleitung	844
13.5.2	Montagezustand	845
13.5.3	Stahlprofilblech-Verbunddecken	845
13.5.3.1	Allgemeines	845

13.5.3.2	Nachweis der Verbundsicherung	845
13.5.3.3	Feuerwiderstandsdauer	855
13.5.4	Trägerverbund	856
13.5.4.1	Allgemeines	856
13.5.4.2	Grenztragfähigkeit des Verbundträgers	856
13.5.4.3	Abgeminderte Dübeltragfähigkeit	857
13.5.4.4	Zur Durchschweißtechnik	858
13.6	Verbundstützen	858
13.6.1	Allgemeines	858
13.6.2	Grenztragfähigkeit des Querschnittes	859
13.6.2.1	Allgemeines	859
13.6.2.2	Die vollplastische Normalkraft N_{pl}	860
13.6.2.3	Das vollplastische Moment M_{pl}	861
13.6.2.4	Die Querschnittsgrenztragfähigkeit für Druck und einachsige Biegung (M - N -Interaktion)	865
13.6.2.5	Näherungsberechnung für die M - N -Interaktion	865
13.6.3	Grenztragfähigkeit der knickgefährdeten (schlanken) Verbundstütze	867
13.6.3.1	Allgemeines	867
13.6.3.2	Planmäßig mittige Druckbeanspruchung	867
13.6.3.3	Beanspruchung auf Druck und einachsige Biegung	868
13.6.3.4	Druck und zweiachsige Biegung	869
14	Berechnungsgrundlagen für dünnwandige Bauteile	873
	R. Schardt	
14.1	Der Begriff „dünnwandig“	873
14.1.1	Versagensformen dünnwandiger Bauteile	873
14.1.2	Das Rundrohr unter Axialdruck	874
14.1.3	Das Quadratrohr unter Axialdruck	874
14.2	Allgemeine Beschreibung der Querschnittswerte und der Umlenkkräfte nach Theorie II. Ordnung	876
14.2.1	Querschnittswerte für dünnwandige offene Profile	876
14.2.2	Die Umlenkkräfte aus Normalspannungen	879
14.3	Grundlagen der geometrisch nichtlinearen Rechnung	880
14.3.1	Kinematische Verschiebungsanteile aus der Faserkrümmung	880
14.3.2	Berücksichtigung von Formabweichungen	881
14.3.3	Vergleich verschiedener Ansätze	881
14.4	Das überkritische Verhalten	882
14.4.1	Die Rechteckplatte mit Normalkraft	882
14.4.1.1	Die Rechteckplatte mit konstanter Längsspannung	882
14.4.1.2	Die Rechteckplatte mit konstanter Querverschiebung u	883
14.4.2	Die Rechteckplatte mit Normalkraft und Biegemoment	887
14.4.3	Einfluß und Festlegung der Imperfektionen	888
14.4.4	Die Definitionen der mitwirkenden Breite	890
14.4.5	Beispiel: Quadratrohr unter außermittigem Druck	891
14.4.5.1	Anwendung der „mitwirkenden Breite“	891
14.4.5.2	Beispiel für die Anwendung der wirksamen Steifigkeiten	892
14.5	Längssteifen	893
14.5.1	Allgemeines	893
14.5.2	Schrägsicken	894
14.5.3	V-Sicken	894
14.6	Zusammenwirken von Knicken und Beulen	895
14.7	Kaltprofilfetten	896
15	Raumabschließende Bauelemente	
	R. Bachre	
15.1	Einführung	901
15.2	Funktionsanforderungen bei raumabschließenden Bauelementen	903
15.2.1	Anforderungen seitens der Baubehörden	903
15.2.2	Anforderungen seitens der Nutzer	903
15.2.3	Anforderungen seitens der Bauherrn	904
15.2.4	Konsequenzen und Folgerungen	904

15.2.5	Spezielle Funktionsanforderungen (Qualitätsprofile)	904
15.2.6	Geeignete Baumaterialien und Komponenten	906
15.3	Werkstoffe und Produkte	906
15.3.1	Stahlkomponenten	906
15.3.2	Kompositwerkstoffe	908
15.3.3	Verbindungen und Verbindungsmittel	909
15.3.3.1	Blindniete	911
15.3.3.2	Gewindefurchende Schrauben und Blechtreibschrauben	911
15.3.3.3	Bohrschrauben (selbstbohrende Schrauben)	911
15.3.3.4	Gewindeschneidschrauben	911
15.3.3.5	Setzbolzen	911
15.3.3.6	Punktschweißung	912
15.3.3.7	Holzschrauben	912
15.3.3.8	Klebstoffe	912
15.3.3.9	Hinweise zur Tragfähigkeit von Verbindungen	912
15.4	Grundsätzliches zur Verbundwirkung	914
15.5	Profilbleche und Kaltprofile als Tragwerkskomponenten	918
15.5.1	Bemessungsgrundlagen	918
15.5.2	Hinweise zur konstruktiven Gestaltung der Tragwerkskomponenten	921
15.5.2.1	Druck- und biegebeanspruchte Querschnitte	922
15.5.2.2	Querkraftbeanspruchte Querschnitte	926
15.5.2.3	Scheibenwirkung von profilierten oder ausgesteiften ebenen Blechtafeln	927
15.5.3	Hinweise zur Profilloptimierung	931
15.5.4	Berechnungsvorschriften	932
15.6	Konstruktive Gestaltung von raumabschließenden Bauelementen	932
15.6.1	Dächer	932
15.6.2	Wände	933
15.6.3	Decken	934
15.7	Entwicklungstendenzen im Leichtbau	937

16 Optimierte Verbundbauteile

O. Jungbluth

16.1	Die Bedeutung des Werkstoffverbundes	941
16.1.1	Traglasterhöhung und Steifigkeitsverbesserung	941
16.1.2	Feuerwiderstand durch Werkstoffverbund	942
16.1.3	Bauphysikalische Eigenschaften	943
16.2	Verbundprofilkonstruktionen	944
16.2.1	Der Profilverbund	944
16.2.2	Verbundprofil-Biegeträger	945
16.2.2.1	Bemessung für Raumtemperatur	945
16.2.2.2	Bemessung für Feuerwiderstand	947
16.2.3	Verbundprofil-Stützen	950
16.2.3.1	Bemessung für Raumtemperatur	950
16.2.3.2	Bemessung für Feuerwiderstand	951
16.2.4	Verbundprofil-Rahmentragwerke	952
16.2.4.1	Grenztragfähigkeit von Verbundprofilknoten	952
16.2.4.2	Verbundprofil-Rostwerk	955
16.3	Verbunddecken	956
16.3.1	Der Flächenverbund	956
16.3.1.1	Verbundwirkungen	956
16.3.1.2	Haftverbund	957
16.3.1.3	Flächiger Dübelverbund	957
16.3.2	Bemessung für Raumtemperatur	958
16.3.2.1	Plastische Grenztragfähigkeit	959
16.3.2.2	Verbundsicherung	961
16.3.2.3	Querkraftaufnahme	961
16.3.2.4	Verformungen	961
16.3.3	Bemessung für Feuerwiderstand	962
16.3.4	Bauphysikalische Bemessung	963
16.4	Verbunddach- und Wandbauteile	966
16.4.1	Allgemeines	966

16.4.2	Entwurf und Konstruktion	966
16.4.2.1	Sandwichplatten mit organischer Kernschicht	966
16.4.2.2	Verbundplatten mit anorganischer Kernschicht	968
16.4.2.3	Sandwichfaltwerke	968
16.4.3	Bemessung für Sandwichplatten	970
16.4.3.1	Belastungsannahmen	970
16.4.3.2	Werkstoffkenngrößen	970
16.4.3.3	Schnittgrößen	972
16.4.3.4	Tragspannungen	972
16.4.3.5	Sicherheitsnachweise	973
16.4.4	Feuerwiderstand anorganischer Verbundplatten	974
16.4.5	Bauphysikalische Nachweise	974
17	Hohlprofilkonstruktionen	
	F. Mang/Ö. Bucak	
17.1	Allgemeines	977
17.1.1	Eigenschaften von Hohlprofilen	979
17.1.2	Definitionen zu Hohlprofilknotenpunkten	984
17.1.3	Besonderheiten von Stahlkonstruktionen	986
17.2	Bemessung ebener Fachwerke nach DIN 18808	987
17.2.1	Allgemeines	987
17.2.2	Bemessung von Fachwerken	988
17.3	Schweißverbindungen bei Fachwerkknoten	993
17.3.1	Allgemeines	993
17.3.2	Schweißkantenvorbereitung bei Rund- und Rechteckhohlprofilen	994
17.3.3	Einfache Schweißkantenvorbereitung mittels ebener Schnitte	995
17.4	Biegesteife Rahmenecken	1003
17.4.1	Das Tragverhalten von versteiften und unverteiften Rahmenecken	1003
17.4.2	Die Bemessung von Rahmenecken	1005
17.5	T-Knoten aus Rechteckhohlprofilen	1011
17.5.1	Allgemeines	1011
17.5.2	Unverteifte T-Knoten aus Rechteckhohlprofilen	1011
17.5.3	Vierendeelträger aus Rechteckhohlprofilen	1014
17.6	Bemessung von Hohlprofilkonstruktionen nach dem Entwurf Eurocode 3	1018
17.6.1	Allgemeines	1018
17.6.2	Formeln für die Bemessung der Knotenpunkte	1018
17.7	Räumliche Knotenpunkte	1029
17.8	Ermüdungsverhalten von Hohlprofil-Fachwerkkonstruktionen	1034
17.8.1	Allgemeines	1034
17.8.2	Bruchkriterienmethode zur Bemessung von Fachwerkknoten aus runden und rechteckigen Hohlprofilen	1034
17.8.3	Steigerung der Zeit- und Dauerstandfestigkeit von Knotenpunkten	1037
17.8.4	Neuer Vorschlag für eine Kerbklasseneinteilung	1039
17.8.4.1	Allgemeines	1039
17.8.4.2	Bestimmung der zulässigen Spannungen bzw. der Beanspruchungsklassen unter Berücksichtigung der Steigerung der Wöhlerlinien	1042
17.8.4.3	Empfehlungen für die Bemessung	1046
17.8.5	Vorschlag gemäß Eurocode 3	1051
17.9	Stirnplattenanschlüsse bei Hohlprofilen	1054
17.10	Einfache Rohranschlüsse mittels Abplattung der Rohrenden	1056
17.10.1	Allgemeines	1056
17.10.2	Grundformen der Abplattung	1058
17.10.2.1	Werkstoffverhalten bei der Formgebung	1059
17.10.2.2	Schweißbeignung von bei Raumtemperatur abgeplatteten Rohrenden	1059
17.10.3	Bemessungsempfehlungen	1060
17.11	Hohlprofilkonstruktionen aus hochfesten Baustählen	1061
17.11.1	Allgemeines	1061
17.11.2	Biegesteife Rahmenecken aus Rechteckhohlprofilen	1061
17.11.3	T-Knoten aus Rechteckhohlprofilen	1062
17.11.4	Ermüdungsverhalten bei verschiedenen Kerbfällen	1064
17.11.5	Konstruktive Empfehlungen	1065
17.11.6	Gestaltung von Längssteifen an Hohlprofilen aus hochfesten Stählen	1065