

Inhaltsverzeichnis

1 Modelle für Lastabtragung und Werkstoffbeanspruchung	13
1.1 Die grundlegenden Tragmodelle	14
1.1.1 Die Bernoulli-Hypothese	14
1.1.2 Die Fachwerkanalogie	14
1.1.3 Anwendungsgrenzen	15
1.1.3.1 Die Systemfindung ist widersprüchlich	15
1.1.3.2 Bernoulli-Hypothese und Fachwerkanalogie gelten in Teilbereichen nicht	16
1.1.3.3 Großvolumige, gedrungene Bauteile	17
1.2 Die lineare Elastizitätstheorie	19
1.2.1 Theoretischer Hintergrund	19
1.2.2 Beispiele für Simulationen	21
1.2.2.1 Balken auf 2 Stützen mit/ohne Aussparung	21
1.2.2.2 Scheibe unter zentrischer/exzentrischer Druckbeanspruchung	27
1.2.3 Anwendung der Elastizitätstheorie auf den Werkstoff Stahlbeton	30
1.2.4 Eine Anleihe aus der Plastizitätstheorie	31
1.3 Die Lastpfadmethode zum Modellieren von D-Bereichen	32
1.3.1 Zentrische Lasteinleitung in eine Scheibe	32
1.3.2 Exzentrische Lasteinleitung in eine Scheibe	35
1.3.3 Wandartige Träger	36
2 Stabwerkmodelle	38
2.1 D-Bereiche	38
2.1.1 Festlegung der Geometrie	38
2.1.2 Die Neigung der Druck- und Zugstäbe	39
2.1.3 Die Schnittstelle zwischen dem D-Bereich und dem B-Bereich	40
2.2 Die Konstruktion und Bemessung	41
2.2.1 Identifizieren und Herausschneiden der D-Bereiche	42
2.2.2 Konstruktion des Stabwerkes	43
2.2.3 Ermittlung der Stabkräfte	44

2.2.4	Nachweis der Knoten	44
	Knotentyp 1: Druck-Knoten ohne Zugkraftverankerung	44
	Knotentyp 2: Druck-Zug-Knoten mit Bewehrung in einer Richtung	47
	Knotentyp 3: Druck-Zug-Knoten mit Bewehrung in 2 Richtungen	49
	Knotentyp 4: Druck-Zug-Knoten mit Zugstreben in 2 Richtungen	49
	Knotentyp 5: Bewehrungsverankerung im Beton	51
	Knotentyp 6: Druck-Zug-Knoten als Eckverankerung	52
2.2.5	Nachweis der Druckstreben	53
2.2.6	Konstruktive Bewehrung ergänzen	53
2.3	Anwendungsbeispiele für Stabwerkmodelle	54
	Stabwerkmodell Bsp. 1: Verschiebliches Zwischenauflager als Druck-Knoten	54
	Stabwerkmodell Bsp. 2: Verschiebliches Zwischenauflager als Druck-Zug-Knoten	57
	Stabwerkmodell Bsp. 3: Konstruktion eines abgesetzten Auflagers	62
3	Standardisierte Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit	67
3.1	Konsolen	67
3.1.1	Der Lasteinleitungsbereich	67
	Standardisierte Nachweise Bsp. 1: Auslegung eines Lagerungsbereiches	68
3.1.2	Modelgeometrie und Tragmodell	70
	Standardisierte Nachweise Bsp. 2: Konsole	73
3.2	Durchstanzen	76
3.2.1	Versagensmechanismus	76
3.2.2	Bemessungsansatz	77
	3.2.2.1 Bemessungswert der einwirkenden Querkraft	77
	3.2.2.2 Der kritische Rundschnitt	78
	3.2.2.3 Nachweis für Platten ohne Durchstanzbewehrung	80
	3.2.2.4 Nachweis für Platten mit Durchstanzbewehrung	81
3.2.3	Bemessungsbeispiele	85
	Standardisierte Nachweise Bsp. 3: Platte ohne Durchstanzbewehrung	85
	Standardisierte Nachweise Bsp. 4: Platte mit Durchstanzbewehrung	87
3.3	Torsion von Rechteckquerschnitten	91
3.3.1	Mechanischer Hintergrund	91

Inhaltsverzeichnis	9
3.3.2 Räumliches Stabwerkmodell	91
3.3.3 Bemessungsansatz nach <i>Eurocode 2, Abs. 6.3</i>	93
3.3.3.1 Allgemeines	93
3.3.3.2 Konstruktion des Hohlkastens	94
3.3.3.3 Bemessung für die reine Torsion (ohne Querkraft)	94
3.3.3.4 Bemessung für die Interaktion von Querkraft und Torsion	95
3.4 Zusammengesetzte Bauteile	96
3.4.1 Der Anschluss Steg–Gurt bei einem Plattenbalkenquerschnitt	96
3.4.1.1 Konstruktionsregeln für Vollplatten aus Ortbeton	96
3.4.1.2 Problemstellung	97
3.4.1.3 Stabwerkmodell	97
3.4.1.4 Bemessungsansatz nach <i>Eurocode 2, Abs. 6.2.4</i>	98
Standardisierte Nachweise Bsp. 5: Anschnitte Steg–Gurte	99
3.4.2 Arbeits- und Verbundfugen	106
3.4.2.1 Erläuterungen an Anwendungsfällen	106
3.4.2.2 Bemessungsansatz nach <i>Eurocode 2, Abs. 6.2.5</i>	112
3.4.2.3 Hinweise zu Bewehrungsstößen an Arbeitsfugen	114
3.4.2.4 Bemessungsbeispiele	116
Standardisierte Nachweise Bsp. 6: Verbundfuge eines Plattenbalkens	116
3.5 Hochbaustütze	120
3.5.1 Einordnung Theorie I. und II. Ordnung	120
3.5.2 Das Verfahren mit Nennkrümmung nach <i>Eurocode 2, Abs. 5.8.8</i>	122
3.5.2.1 Imperfektionen	122
3.5.2.2 Ausmitte nach Theorie II. Ordnung	123
3.5.2.3 Bemessungsmoment und Nachweistführung	124
3.5.3 Bemessungsbeispiele	124
Standardisierte Nachweise Bsp. 7: Bemessung einer Pendelstütze	124
Standardisierte Nachweise Bsp. 8: Bemessung einer aussteifenden Rahmenstütze	127
4 Parameter der Bauteile	131
4.1 Vorbemerkungen	131
4.1.1 Simulation von Werkstoff und Beanspruchung	131

4.1.2	Die Auslegung der Bewehrung	132
4.2	Querschnittswerte für die Zustände I und II	134
4.2.1	Generelle Vorgehensweise	134
4.2.2	Parametrisierung symmetrischer Querschnitte bei einachsiger Biegung	136
4.2.2.1	Der Rechteckquerschnitt	137
4.2.2.2	Der symmetrische Plattenbalken	141
4.2.3	Der beliebig, polygonal begrenzte Querschnitt	147
4.2.3.1	Die Gaußschen Flächenformeln	147
4.2.3.2	Hauptachsentransformation	149
4.2.4	Beispiele	149
	Querschnittswerte Bsp. 1: Rechteckquerschnitt Zustand I und Zustand II	149
	Querschnittswerte Bsp. 2: Symmetrischer Plattenbalken	153
	Querschnittswerte Bsp. 3: Polygonal begrenzter Balken	158
	Querschnittswerte Bsp. 4: Hohlkasten	163
4.3	Zeitabhängiges Werkstoffverhalten	165
4.3.1	Kriechen des Betons unter Dauerlast	166
4.3.2	Beton-Schwinden	168
4.4	Die Momenten-Krümmungsbeziehung	171
4.4.1	Der linear-elastische Form für den Zustand I	171
4.4.2	Die nichtlineare Form für den Zustand II	171
4.4.2.1	Kinematik und Verzerrungen am Riss	172
4.4.2.2	Verzerrungen, Spannungen und innere Kräfte am Riss	174
4.4.2.3	Innere Kräfte und Gleichgewichtszustand am Riss	175
4.4.2.4	Ergebnisdarstellung und Interpretation	176
4.4.3	Die linearisierte Form für den Zustand II	179
4.4.3.1	Annahmen und Herleitung	179
4.4.3.2	Auswertung für reine Biegung	182
4.4.3.3	Bemessungsdiagramme für den Rechteckquerschnitt bei reiner Biegung	183
4.4.4	Mitwirkung des Betons auf Zug	184
4.4.4.1	Physikalischer Hintergrund	184
4.4.4.2	Der Parameteransatz nach Eurocode	187

Inhaltsverzeichnis	11
4.4.5 Balkenkrümmung infolge von innerem Zwang	187
5 Rechnerische Nachweise im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	189
5.1 Vorbemerkungen	189
5.1.1 Basis der Nachweisführung	189
5.1.2 Ein Referenzsystem	191
5.1.2.1 System und Belastung	191
5.1.2.2 Bemessungsschnittgrößen	192
5.1.2.3 Querschnittsbemessung für den GZT	194
5.1.2.4 Bewehrungskonstruktion	195
5.1.2.5 Kriechen und Schwinden des Betons	197
5.1.2.6 Querschnittswerte des Verbundquerschnitts	197
5.2 Verformungsberechnung im Stahlbetonbau	199
5.2.1 Definitionen	199
5.2.2 Berechnungsgrundlagen	200
5.2.2.1 Der Arbeitssatz der Statik	200
5.2.2.2 Nichtlineares Werkstoffverhalten	202
5.2.2.3 Der Übergang von Zustand I nach Zustand II	203
5.2.3 Computerorientierte Berechnung	204
5.2.3.1 Die prinzipielle Abfolge einer Verformungsberechnung im Stahlbetonbau	204
5.2.3.2 Querschnittswerte des Verbundquerschnitts	205
5.2.3.3 Definition von Tragwerksabschnitten	208
5.2.3.4 Biegemomentenverlauf der maßgebenden Einwirkungskombination (EWK)	209
5.2.3.5 Tension-Stiffening	209
5.2.3.6 Bereichsweise Anwendung des Arbeitssatzes	211
5.2.4 Handrechenverfahren für reine Biegung	213
5.2.5 Beispiele zur Verformungsberechnung am Referenzsystem	215
Verformung Bsp. 1: Variation der Druckbewehrung	215
Verformung Bsp. 2: Berücksichtigung der Lastgeschichte	216
Verformung Bsp. 3: Probelastung	218
5.3 Die Beschränkung von Rissbreiten	220
5.3.1 Bewehrungskorrosion	220

5.3.1.1	Allgemeines	220
5.3.1.2	Konstruktiver Schutz und Rissbildung	221
5.3.1.3	Hinweise zur Schadenserkenkung und Sanierung	223
5.3.2	Berechnung der Rissbreite nach Eurocode 2	224
5.3.2.1	Zulässige Grenzwerte der Rissbreiten w_{max}	225
5.3.2.2	Der Wirkungsbereich der Bewehrung $A_{c,eff}$	226
5.3.2.3	Plausibilisierung der Nachweisführung	227
5.3.2.4	Die empirischen Bestimmungsgleichungen	229
5.3.3	Beispiele zur rechnerischen Begrenzung von Rissbreiten	231
	Rissbreiten Bsp. 1: Dicke Fundamentplatte	231
	Rissbreiten Bsp. 2: Rissbreitenberechnung unter Belastung	234
6	Übungsbeispiele	236
	Stabwerkmodell Ü.Bsp. 1: Lasteinleitung und komplexe Balkengeometrie	236
	Stabwerkmodell Ü.Bsp. 2: Versatz innerhalb eines Balkens	238
	Standardisierte Nachweise Ü.Bsp. 3: Halbfertigteildecke mit Ortbetonergänzung	239
	Standardisierte Nachweise Ü.Bsp. 4: Torsion	240
A	Anhang: Werkstoffkennwerte für Normalbeton	242
A.1	Festigkeits-, Elastizitäts- und Verbundeigenschaften	242
A.2	Zeitabhängiges Verformungsverhalten	245
B	Anhang: Sicherstellung von Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit	248
B.1	Expositionsklassen und Anforderungen an die Konstruktion	248
B.2	Mindestbetondeckung	250
C	Anhang: Bemessungsdiagramme Rechteckquerschnitt	251
	Literaturverzeichnis	262
	Begriffe und Formelzeichen	264
	Sachwortverzeichnis	267