

Inhaltsverzeichnis

Teil A Grundlagen und Bemessung von Tragwerken	1
1 Grundlagen des Stahlbetons	1
1.1 Allgemeines	1
1.1.1 Zielsetzung	1
1.1.2 Historische Entwicklung und Stand der Technik	2
1.2 Stahlbeton als Verbundbaustoff	4
1.2.1 Allgemeines	4
1.2.2 Beton	5
1.2.3 Betonstahl	10
1.2.4 Herstellen des Verbundes zwischen Stahl und Beton	11
1.2.5 Verhalten des Verbundbaustoffs	14
1.2.6 Anmerkungen zur Dauerhaftigkeit von Stahlbeton	18
1.3 Grundsätzliche Hinweise zur Bemessung von Stahlbetonbauteilen	25
2 Sicherheitskonzept	31
2.1 Allgemeines	31
2.2 Einwirkungen	33
2.2.1 Allgemeines	33
2.2.2 Einwirkungen	33
2.2.3 Einwirkungskombinationen	34
2.3 Baustoffe	35
2.3.1 Allgemeines	35
2.3.2 Beton	35
2.3.3 Betonstahl	36
2.4 Anmerkungen zur Sicherheit und Nachhaltigkeit	36
3 Bemessungsschnittgrößen	37
3.1 Allgemeines	37
3.2 Festlegungen zum statischen System	38
3.2.1 Allgemeines	38
3.2.2 Auflagerbedingungen	38
3.2.3 Stützweiten, Systemlinien	39
3.3 Anpassung der Schnittgrößen an tatsächliche lokale Gegebenheiten	40
3.3.1 Momentenausrundung	40
3.3.2 Anschnittmomente	41
3.3.3 Mindestbemessungsmomente	41
3.3.4 Bemessungsmomente an Rahmenecken	41
3.4 Hinweise zu Verformungen und Zwangsschnittgrößen	43
3.4.1 Verformungen	43
3.4.2 Zwangsschnittgrößen	44

4 Bemessung bei überwiegender Biegung	45
4.1 Allgemeines	45
4.2 Grenzzustand der Tragfähigkeit für die Querschnittsbemessung	46
4.3 Spannungs-Dehnungslinien	47
4.3.1 Allgemeines	47
4.3.2 Beton	47
4.3.3 Betonstahl	48
4.4 Herleitung der Bemessungsgleichungen	49
4.5 Bemessungsverfahren für Rechteckquerschnitte	54
4.5.1 Allgemeine Bemessungsdiagramme für den Rechteckquerschnitt	55
4.5.2 Bemessungsverfahren mit dimensionsgebundenen Beiwerten: „ k_d -Verfahren“	59
4.5.3 Bemessungsverfahren mit dimensionslosen Beiwerten: „ ω -Verfahren“	64
4.6 Konstruktive Gesichtspunkte zur Wahl und Anordnung der Bewehrung	70
4.6.1 Allgemeines	70
4.6.2 Regeln zur Mindest- und Höchstbewehrung eines Querschnittes	70
4.6.3 Mindestbewehrung aus Gründen der Rissbreitenbegrenzung	71
4.6.4 Abstände parallel liegender Bewehrungsstäbe untereinander	71
4.7 Bemessungsbeispiele	72
4.7.1 Reine Biegung	72
4.7.2 Reine Biegung, Variation der Betonfestigkeiten	78
4.7.3 Reine Biegung, einfache Bewehrung (statisch bestimmtes System)	81
4.7.4 Biegung mit Längsdruck, doppelte Bewehrung	83
4.7.5 Biegung mit Längskraft, doppelte Bewehrung	85
4.7.6 Reine Biegung, nicht-rechteckiger Querschnitt	88
5 Bemessung bei überwiegender Längskraft	91
5.1 Allgemeines	91
5.2 Bemessungsverfahren bei bekannten Schnittgrößen	92
5.2.1 Allgemeines	92
5.2.2 Bemessungsverfahren für den Rechteckquerschnitt mit symmetrischer Bewehrung und einachsiger Biegung mit Längskraft	93
5.2.3 Bemessungsverfahren für den Rechteckquerschnitt mit symmetrischer und mit punktsymmetrischer Bewehrung und Doppelbiegung mit Längskraft	98
5.2.4 Bemessungsverfahren bei zentrischer Druckkraft	99
5.3 Bemessungsbeispiele	100
5.3.1 Rechteckquerschnitt mit doppelter Bewehrung	100
5.3.2 Rechteckquerschnitt mit doppelter Bewehrung	102
5.3.3 Bemessung bei zentrischer Druckkraft	103
5.3.4 Bemessung bei zentrischer Druckkraft – Einfluss hoher Betonfestigkeit	104
5.3.5 Rechteckquerschnitt mit Doppelbiegung und Längskraft	106
6 Bemessung bei Querkraft	107
6.1 Allgemeines	107
6.2 Bemessungskonzept	110
6.3 Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Schubbewehrung	111
6.4 Bauteile mit rechnerisch erforderlicher Schubbewehrung	112
6.4.1 Fachwerkmodell zur Herleitung der Bemessungsgleichungen	112

6.4.2 Das Verfahren mit veränderlicher Druckstrebeneigung	114
6.5 Sonderfälle der Schubbemessung	115
6.5.1 Einfluss von Längskräften N_{Ed}	115
6.5.2 Einfluss einer auflagernahen Einzellast	115
6.5.3 Schubnachweise bei Querschnitten mit veränderlicher Höhe	116
6.5.4 Anschluss indirekt gelagerter Nebenträger an den als Auflager dienenden Hauptträger	117
6.6 Konstruktive Bedingungen nach EC 2	118
6.6.1 Elemente zur Schubsicherung	118
6.6.2 Mindestschubbewehrung	119
6.6.3 Abstand der Schubbewehrung in Längs- und Querrichtung	120
6.6.4 Hinweise außerhalb der Norm	121
6.7 Besonderheiten bei Öffnungen in den Stegen	121
6.8 Nachweis von Fugen	122
6.9 Beispiele zur Schubbemessung	124
6.9.1 Balken auf zwei Stützen mit Rechteckquerschnitt	124
6.9.2 Balken auf zwei Stützen mit Plattenbalkenquerschnitt und auflagernahen Einzellasten	128
6.9.3 Plattenbalken mit Strecken- und Einzellasten	133
7 Bemessung von Plattenbalken	139
7.1 Allgemeines	139
7.2 Ermittlung der mitwirkenden Plattenbreite	141
7.2.1 Allgemeines	141
7.2.2 Festlegung der effektiven Trägerspannweite	143
7.2.3 Näherungsweise Ermittlung der mitwirkenden Plattenbreite	143
7.2.4 Genaue Ermittlung der mitwirkenden Plattenbreite	143
7.2.5 Beispiel zur Ermittlung der mitwirkenden Plattenbreite	144
7.3 Biegebemessung von Plattenbalken	148
7.3.1 Allgemeines	148
7.3.2 „Direktes“ Bemessungsverfahren	150
7.3.3 Beispiele zur Biegebemessung von Plattenbalken	153
7.4 Schubbemessung von Plattenbalken	156
7.4.1 Allgemeines	156
7.4.2 Nachweise im Steg	157
7.4.3 Anschluss der Flansche	157
8 Zugkraftdeckung und Grundlagen der Bewehrungsführung	163
8.1 Die Folgen des Schub-Fachwerkmodells für die Biegezugbewehrung	163
8.2 Ermittlung der Zugkraftlinie	164
8.3 Zugkraftdeckungslinie	165
8.4 Grundlagen der Bewehrungsführung	167
8.4.1 Allgemeines	167
8.4.2 Grundmaße der Verankerungslängen und Stababstände	167
8.4.3 Verankerungsformen	169
8.4.4 Erforderliche Verankerungslänge $l_{b,net}$	170
8.4.5 Verankerung an Endauflagern	171
8.4.6 Verankerung an Zwischenauflagern	171
8.4.7 Verankerung gestaffelter Stäbe außerhalb von Auflagern	172

8.4.8 Verankerung von Schubaufbiegungen	172
8.4.9 Stöße	172
8.4.10 Verankerung von Bügeln und Schubzulagen	176
8.4.11 Zulässige Krümmungen von Bewehrungsstäben	177
9 Momentenumlagerung	179
9.1 Allgemeines	179
9.2 Theoretische Grundlagen	182
9.2.1 Allgemeines	182
9.2.2 Das Momenten-Krümmungsdiagramm	184
9.2.3 Der aufnehmbare Rotationswinkel $\theta_{pl,d}$	186
9.2.4 Ermittlung des erforderlichen plastischen Rotationswinkels θ_{erf}	187
10 Nachweise der Gebrauchstauglichkeit	189
10.1 Allgemeines	189
10.2 Begrenzung der Spannungen	190
10.2.1 Allgemeines	190
10.2.2 Begrenzung der Betondruckspannungen	190
10.2.3 Begrenzung der Stahlspannungen	190
10.3 Grenzzustände der Verformung	190
10.3.1 Allgemeines	190
10.3.2 Begrenzung der Biegeschlankheit	191
10.3.3 Beispiel zur Begrenzung der Biegeschlankheit nach DIN 1045-1	192
10.4 Rissbreitenbegrenzung	193
10.4.1 Allgemeines zur Rissbildung	193
10.4.2 Anmerkungen zum Rissmechanismus	195
10.4.3 Mindestbewehrung	196
10.4.4 Begrenzung der Rissbreiten	200
10.4.5 Wirkung der Bewehrung auf die Begrenzung der Rissbreiten	202
11 Berechnungs- und Konstruktionsbeispiele	204
11.1 Allgemeines	204
11.2 Einfeldriger Plattenbalken mit Kragarm	204
11.3 Einachsig gespannte Deckenplatte mit Momentenumlagerung	236
11.4 Beispiel zur Ermittlung des erforderlichen Rotationswinkels	252
11.5 Kelleraußenwand unter zentrischem Zwang (weiße Wanne)	262
Teil B Stabilität von Bauwerken und Bauteilen	265
12 Räumliche Steifigkeit und Stabilität	265
12.1 Allgemeines	265
12.2 Stabilität	265
12.3 Steifigkeit	269
12.3.1 Tragwerke mit gesonderten Aussteifungssystemen	269
12.3.2 Rahmen ohne gesonderte Aussteifungssysteme	270

12.4 Lasten auf Aussteifungssysteme infolge von Imperfektionen	271
12.4.1 Allgemeines	271
12.4.2 Vertikale aussteifende Bauteile	272
12.4.3 Horizontale aussteifende Bauteile	272
12.5 Verteilung der H-Lasten auf vertikale aussteifende Bauteile	273
13 Druckglieder mit Einfluss der Verformungen	276
13.1 Grundlagen	276
13.1.1 Allgemeine Anmerkungen	276
13.1.2 Imperfektionen	279
13.1.3 Auswirkung planmäßiger Ausmitten auf die Tragsicherheit	279
13.2 Hilfsmittel zur Berechnung der Ersatzstablänge $l_0 = \beta l_{col}$	281
13.2.1 Allgemeines	281
13.2.2 Verschiebliche zweistielige Rahmen	281
13.2.3 Über Gelenkriegel gekoppelte eingespannte Stützen	282
13.2.4 Eingespannte Aussteifungsstütze mit gelenkig angekoppelten Pendelstützen	283
13.2.5 Nomogramm für Stockwerkkrahmen („Leiterdiagramm“)	283
13.3 Tragfähigkeit von in einer Ebene verformbaren Einzelstäben	285
13.3.1 Allgemeines	285
13.3.2 Kragstützen mit einachsiger Biegung	286
13.3.3 Rahmenstütze in unverschieblichem System mit einachsiger Biegung	290
13.3.4 Rahmenstütze in verschieblichem System mit einachsiger Biegung	293
13.3.5 Einfluss der Kriechverformungen	296
13.4 Bemessungsbeispiele	298
13.4.1 Innenstütze eines horizontal ausgesteiften Hochbau-Rahmens	298
13.4.2 Randstütze eines horizontal unverschieblichen Rahmens	304
13.4.3 Kragstütze als aussteifendes Bauteil eines verschieblichen Systems	309
13.4.4 Hallenstütze	316
13.4.5 Konstruktionsbeispiele	322
13.5 Tragfähigkeitsnachweis mit Nomogrammen	325
13.5.1 Allgemeines	325
13.5.2 Die „ μ - Nomogramme“	326
13.5.3 Die „ e_i/h - Nomogramme“	326
13.6 Nachrechnung der Beispiele aus Abschnitt 13.4	336
13.6.1 Innenstütze eines horizontal ausgesteiften Hochbaurahmens (13.4.1)	336
13.6.2 Randstütze eines horizontal unverschieblichen Rahmens (13.4.2)	336
13.6.3 Kragstütze als aussteifendes Bauteil eines verschieblichen Systems (13.4.3)	337
13.6.4 Hallenstütze (13.4.4)	338
13.7 Tragfähigkeit von räumlich verformbaren Einzelstäben	339
13.7.1 Allgemeines	339
13.7.2 Lösung über Entkoppelung der Nachweise	339
13.7.3 Beispiel zur Berücksichtigung von Längskraft mit Doppelbiegung	341
13.8 Kippssicherheit schlanker Träger	345
13.8.1 Allgemeines	345
13.8.2 Abschätzung der Kippssicherheit nach EC 2	346
13.8.3 Näherungslösung nach Stiglat	347

Teil C Besondere Bauteile	349
14 Fundamente	349
14.1 Allgemeines	350
14.2 Gründungsarten	350
14.3 Bodenpressungsverteilung (die statisch unbestimmte Größe)	354
14.3.1 Allgemeines	354
14.3.2 Bettungszahlverfahren	354
14.3.3 Steifezahlverfahren	355
14.3.4 Finite Elemente	356
14.3.5 Tragverhalten von elastisch gebetteten Gründungen	357
14.4 Streifenfundamente	359
14.4.1 Allgemeines	359
14.4.2 Unbewehrte Streifenfundamente	359
14.4.3 Bewehrte Streifenfundamente	361
14.5 Einzelfundamente mit zentrischer Belastung	364
14.5.1 Allgemeines	364
14.5.2 Biegebemessung	364
14.5.3 Nachweis der Sicherheit gegen Durchstanzen	368
14.5.4 Bemessungsbeispiele	374
14.6 Einzelfundamente mit exzentrischer Belastung	384
14.6.1 Allgemeines	384
14.6.2 Nachweis der globalen Standsicherheit (Sicherheit gegen Kippen)	384
14.6.3 Biegebemessung	385
14.6.4 Nachweis der Sicherheit gegen Durchstanzen	387
14.6.5 Beispiel	387
14.7 Fundamentbalken auf elastischer Bettung	395
14.7.1 Allgemeines	395
14.7.2 Herleitung der Differentialgleichung	395
14.7.3 Lösung der Differentialgleichung für den Balken mit mittiger Einzellast	396
14.7.4 Anwendung von Zahlentafeln	397
14.7.5 Hinweise zur Ermittlung von Bettungszahlen	401
14.7.6 Beispiel: Balken auf elastischer Bettung mit zwei Einzellaste	402
14.7.7 Beispiel: Balken auf elastischer Bettung mit vier Einzellasten	407
15 Rahmen	409
15.1 Allgemeines	409
15.2 Bewehrungsführung allgemein	409
15.3 Bewehrungsführung in Rahmenecken	412
15.3.1 Allgemeines	412
15.3.2 Rahmenecke mit positivem Moment	413
15.3.3 Rahmenecke mit negativem Moment	414
15.4 Beispiel: Rahmenecke mit positivem Moment	415

16 Konsolen	417
16.1 Allgemeines	417
16.2 Tragverhalten von Konsolen	418
16.3 Konsolen mit einfacher Zugbandbewehrung	419
16.4 Konsolen mit kombinierter Zugbandbewehrung	421
16.5 Einfluss von Lastexzentritäten	422
16.5.1 Exzentritäten in Kragrichtung	422
16.5.2 Exzentritäten senkrecht zur Kragrichtung	422
16.6 Bewehrungsführung	422
16.6.1 Allgemeines	422
16.6.2 Verankerung der Zugbandbewehrung unter der Last	423
16.6.3 Verankerung der Zugbandbewehrung in der Stütze	424
16.6.4 Ergänzende Bügelbewehrung	424
16.7 Bemessungsbeispiel: Konsole mit einfacher Zugbandbewehrung	425
17 Torsionsbeanspruchte Bauteile	429
17.1 Allgemeines	429
17.2 Wirkung der Torsion	431
17.2.1 Allgemeines	431
17.2.2 Hinweise zu Verformungen	432
17.3 Bemessung für Torsion	433
17.3.1 Allgemeines	433
17.3.2 Ersatzhohlkästen	434
17.3.3 Räumliches Fachwerkmodell	434
17.3.4 Bemessung bei reiner Torsion T_{Ed}	435
17.3.5 Bemessung bei Torsion T_{Ed} und Querkraft V_{Ed}	435
17.4 Konstruktive Bedingungen	436
17.5 Bemessungsbeispiel	436
18 Zweiachsig gespannte Platten	450
18.1 Allgemeines	450
18.2 Tragverhalten	451
18.3 Schnittgrößenermittlung bei Einzelplatten	455
18.3.1 Allgemeines	455
18.3.2 Schnittgrößenermittlung nach der Elastizitätstheorie	455
18.3.3 Schnittgrößenermittlung mit nichtlinearen Berechnungsverfahren	461
18.4 Bemessung	464
18.4.1 Allgemeines	464
18.4.2 Biegebemessung im Normalfall	465
18.4.3 Biegebemessung bei Abweichung von Bewehrungsrichtung und Hauptmomentenrichtung	465
18.4.4 Biegebemessung bei Berechnung mit der Fließgelenklinientheorie	466
18.4.5 Schubbemessung	466
18.5 Beispiele zu Einfeldplatten	468
18.5.1 Ermittlung von Auflagerkräften	468
18.5.2 Treppenpodest	469

18.5.3 Kellerschacht	480
18.5.4 Berechnung einer Platte unter Ansatz von Fließgelenklinien	486
18.6 Durchlaufende Plattsysteme	488
18.6.1 Allgemeines	488
18.6.2 Das „Schachbrettverfahren“	489
18.6.3 Das Verfahren nach Pieper und Martens	492
18.6.4 Das Verfahren nach Hahn und Brunner	493
18.7 Berechnungsbeispiel eines Durchlaufsystems	496
18.7.1 Durchlaufplatte über drei Felder nach Hahn und Brunner	496
18.7.2 Durchlaufplatte über drei Felder nach Pieper und Martens	497
18.7.3 Ergebnisvergleich der Beispiele	501
18.8 Konstruktive Ausbildung von Platten	502
18.8.1 Allgemeines	502
18.8.2 Biegebewehrung	503
18.8.3 Schubbewehrung	503
18.8.4 Torsions-/Drillbewehrung	504
18.9 Deckengleiche Unterzüge	504
18.9.1 Allgemeines	504
18.9.2 Tragverhalten der Platte im Bereich unterbrochener Stützung	505
18.10 Öffnungen in Platten	508
18.10.1 Allgemeines	508
18.10.2 Kleine Öffnungen	509
18.10.3 Mittlere Öffnungen	509
18.10.4 Große Öffnungen	510
18.11 Platten auf elastischer Bettung	513
18.11.1 Allgemeines	513
18.11.2 Anmerkungen zum Ansatz von Einzellasten	513
18.11.3 Beispiel: Stahlbetonbodenplatte eines Kellers mit Mauerwerkspfeilern	514
18.12 Schnittgrößenermittlung mit Finiten Elementen (FEM)	517
18.12.1 Allgemeines	517
18.12.2 Treppenpodest	519
18.12.3 Durchlaufplatte über drei Felder	522
18.13 Flachdecken	526
18.13.1 Allgemeines	526
18.13.2 Tragverhalten	526
18.13.3 Ermittlung der Biegemomente	529
18.13.4 Nachweis der Sicherheit gegen Durchstanzen	532
18.13.5 Beispiel	540
19 Scheiben, Wände	551
19.1 Allgemeines	551
19.2 Tragverhalten von Scheiben	552
19.3 Ermittlung von Schnittgrößen bzw. Spannungen	554
19.3.1 Schnittgrößenermittlung allgemein	554
19.3.2 Schnittgrößenermittlung einfacher wandartiger Träger	555

19.4 Bemessung	557
19.4.1 Allgemeine Anmerkungen	557
19.4.2 Zugstrebennachweis	558
19.4.3 Druckstrebennachweis	558
19.4.4 Druckspannungsnachweise in ebenen Knoten	558
19.5 Stabilitätsprobleme bei Scheiben	564
19.5.1 Allgemeines	564
19.5.2 Wandscheiben	564
19.5.3 Wandartige Träger	565
20 Teilflächenbelastung	566
20.1 Allgemeines	566
20.2 Lokale Teilflächenpressung	567
20.3 Querzugspannungen	568
20.4 Berechnungsbeispiel	569
Literaturverzeichnis	572
Sachwortverzeichnis	579