

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	24
2 Sicherheitskonzept	29
2.1 Allgemeines	29
2.2 Einwirkungen	31
2.2.1 Allgemeines	31
2.2.2 Einwirkungen	31
2.2.3 Einwirkungskombinationen	32
2.3 Baustoffe	33
2.3.1 Allgemeines	33
2.3.2 Beton	34
2.3.3 Betonstahl	34
3 Bemessungsschnittgrößen	35
3.1 Allgemeines	35
3.2.1 Allgemeines	36
3.2.2 Auflagerbedingungen	36
3.2.3 Stützweiten, Systemlinien	37
3.3 Anpassung der Schnittgrößen an tatsächliche lokale Gegebenheiten	38
3.3.1 Momentenausrundung	38
3.3.2 Anschnittmomente	39
3.3.3 Mindestbemessungsmomente	39
3.3.4 Bemessungsmomente an Rahmenecken	39
3.4 Hinweise zu Verformungen und Zwangsschnittgrößen	41
3.4.1 Verformungen	41
3.4.2 Zwangsschnittgrößen	42

4 Bemessung bei überwiegender Biegung	43
4.1 Allgemeines	43
4.2 Grenzzustand der Tragfähigkeit für die Querschnittsbemessung	44
4.3 Spannungs-Dehnungslinien	45
4.3.1 Allgemeines	45
4.3.2 Beton	45
4.3.3 Betonstahl	46
4.4 Herleitung der Bemessungsgleichungen	47
4.5 Bemessungsverfahren für Rechteckquerschnitte	52
4.5.1 Allgemeine Bemessungsdiagramme für den Rechteckquerschnitt	53
4.5.2 Bemessungsverfahren mit dimensionsgebundenen Beiwerten: „ k_d -Verfahren“	57
4.5.3 Bemessungsverfahren mit dimensionslosen Beiwerten: „ ω -Verfahren“	62
4.6 Konstruktive Gesichtspunkte zur Wahl und Anordnung der Bewehrung	68
4.6.1 Allgemeines	68
4.6.2 Regeln zur Mindest- und Höchstbewehrung eines Querschnittes	68
4.6.3 Mindestbewehrung aus Gründen der Rissbreitenbegrenzung	69
4.6.4 Abstände parallel liegender Bewehrungsstäbe untereinander	69
4.7 Bemessungsbeispiele	70
4.7.1 Reine Biegung	70
4.7.2 Reine Biegung, Variation der Betonfestigkeiten	76
4.7.3 Reine Biegung, einfache Bewehrung (statisch bestimmtes System)	79
4.7.4 Biegung mit Längsdruck, doppelte Bewehrung	81
4.7.5 Biegung mit Längskraft, doppelte Bewehrung	83
4.7.6 Reine Biegung, nicht-rechteckiger Querschnitt	86
5 Bemessung bei überwiegender Längskraft	89
5.1 Allgemeines	89
5.2 Bemessungsverfahren bei bekannten Schnittgrößen	90
5.2.1 Allgemeines	90
5.2.2 Bemessungsverfahren für den Rechteckquerschnitt mit symmetrischer Bewehrung und einachsiger Biegung mit Längskraft	91
5.2.3 Bemessungsverfahren für den Rechteckquerschnitt mit symmetrischer und mit punktsymmetrischer Bewehrung und Doppelbiegung mit Längskraft	96
5.2.4 Bemessungsverfahren bei zentrischer Druckkraft	97
5.3 Bemessungsbeispiele	98
5.3.1 Rechteckquerschnitt mit doppelter Bewehrung	98
5.3.2 Rechteckquerschnitt mit doppelter Bewehrung	100
5.3.3 Bemessung bei zentrischer Druckkraft	101
5.3.4 Bemessung bei zentrischer Druckkraft – Einfluss hoher Betonfestigkeit	102
5.3.5 Rechteckquerschnitt mit Doppelbiegung und Längskraft	104
6 Bemessung bei Querkraft	105
6.1 Allgemeines	105
6.2 Bemessungskonzept	108
6.3 Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Schubbewehrung	109
6.4 Bauteile mit rechnerisch erforderlicher Schubbewehrung	110
6.4.1 Fachwerkmodell zur Herleitung der Bemessungsgleichungen	110

6.4.2	Das Verfahren mit veränderlicher Druckstrebenneigung	112
6.5	Sonderfälle der Schubbemessung	113
6.5.1	Einfluss von Längskräften N_{Ed}	113
6.5.2	Einfluss einer auflagnahen Einzellast	113
6.5.3	Schubnachweise bei Querschnitten mit veränderlicher Höhe	114
6.5.4	Anschluss indirekt gelagerter Nebenträger an den als Auflager dienenden Hauptträger	115
6.6	Konstruktive Bedingungen nach DIN 1045-1	116
6.6.1	Elemente zur Schubsicherung	116
6.6.2	Mindestschubbewehrung	117
6.6.3	Abstand der Schubbewehrung in Längs- und Querrichtung	118
6.6.4	Hinweise außerhalb der Norm	119
6.7	Besonderheiten bei Öffnungen in den Stegen	119
6.8	Nachweis von Fugen	120
6.9	Beispiele zur Schubbemessung	123
6.9.1	Balken auf zwei Stützen mit Rechteckquerschnitt	123
6.9.2	Balken auf zwei Stützen mit Plattenbalkenquerschnitt und auflagnahen Einzellasten	127
6.9.3	Plattenbalken mit Strecken- und Einzellasten	132
7	Bemessung von Plattenbalken	137
7.1	Allgemeines	137
7.2	Ermittlung der mitwirkenden Plattenbreite	139
7.2.1	Allgemeines	139
7.2.2	Festlegung der effektiven Trägerspannweite	141
7.2.3	Näherungsweise Ermittlung der mitwirkenden Plattenbreite	141
7.2.4	Genauere Ermittlung der mitwirkenden Plattenbreite	141
7.2.5	Beispiel zur Ermittlung der mitwirkenden Plattenbreite	142
7.3	Biegebemessung von Plattenbalken	146
7.3.1	Allgemeines	146
7.3.2	„Direktes“ Bemessungsverfahren	148
7.3.3	Beispiele zur Biegebemessung von Plattenbalken	151
7.4	Schubbemessung von Plattenbalken	154
7.4.1	Allgemeines	154
7.4.2	Nachweise im Steg	155
7.4.3	Anschluss der Flansche	155
8	Zugkraftdeckung und Grundlagen der Bewehrungsführung	161
8.1	Die Folgen des Schub-Fachwerkmodells für die Biegezugbewehrung	161
8.2	Ermittlung der Zugkraftlinie	162
8.3	Zugkraftdeckungslinie	163
8.4	Grundlagen der Bewehrungsführung	164
8.4.1	Allgemeines	164
8.4.2	Grundmaße der Verankerungslängen und Stababstände	164
8.4.3	Verankerungsformen	166
8.4.4	Erforderliche Verankerungslänge $l_{b,net}$	166
8.4.5	Verankerung an Endauflagern	167
8.4.6	Verankerung an Zwischenauflagern	167
8.4.7	Verankerung gestaffelter Stäbe außerhalb von Auflagern	167

8.4.8 Verankerung von Schubaufbiegungen	168
8.4.9 Stöße	168
8.4.10 Verankerung von Bügeln und Schubzulagen	172
8.4.11 Zulässige Krümmungen von Bewehrungsstäben	173
9 Momentenumlagerung	175
9.1 Allgemeines	175
9.2 Theoretische Grundlagen	178
9.2.1 Allgemeines	178
9.2.2 Das Momenten-Krümmungsdiagramm	180
9.2.3 Der aufnehmbare Rotationswinkel $\theta_{pl,d}$	182
9.2.4 Ermittlung des erforderlichen plastischen Rotationswinkels θ_{erf}	183
10 Nachweise der Gebrauchstauglichkeit	185
10.1 Allgemeines	185
10.2 Begrenzung der Spannungen	186
10.2.1 Allgemeines	186
10.2.2 Begrenzung der Betondruckspannungen	186
10.2.3 Begrenzung der Stahlspannungen	186
10.3 Grenzzustände der Verformung	186
10.3.1 Allgemeines	186
10.3.2 Begrenzung der Biegeschlankheit	187
10.3.3 Beispiel zur Begrenzung der Biegeschlankheit nach DIN 1045-1	188
10.4 Rissbreitenbegrenzung	188
10.4.1 Allgemeines zur Rissbildung	188
10.4.2 Anmerkungen zum Rissmechanismus	190
10.4.3 Mindestbewehrung	190
10.4.4 Begrenzung der Rissbreiten	194
10.4.5 Wirkung der Bewehrung auf die Begrenzung der Rissbreiten	196
11 Berechnungs- und Konstruktionsbeispiele	199
11.1 Allgemeines	199
11.2 Einfeldriger Plattenbalken mit Kragarm	199
11.3 Einachsig gespannte Deckenplatte mit Momentenumlagerung	229
11.4 Beispiel zur Ermittlung des erforderlichen Rotationswinkels	244
11.5 Kelleraußenwand unter zentrischem Zwang (weiße Wanne)	254
Teil B Stabilität von Bauwerken und Bauteilen	257
12 Räumliche Steifigkeit und Stabilität	257
12.1 Allgemeines	257
12.2 Stabilität	257
12.3 Steifigkeit	261
12.3.1 Tragwerke mit gesonderten Aussteifungssystemen	261
12.3.2 Rahmen ohne gesonderte Aussteifungssysteme	262

12.4 Lasten auf Aussteifungssysteme infolge von Imperfektionen	263
12.4.1 Allgemeines	263
12.4.2 Vertikale aussteifende Bauteile	263
12.4.3 Horizontale aussteifende Bauteile	264
12.5 Verteilung der H-Lasten auf vertikale aussteifende Bauteile	264
13 Druckglieder mit Einfluss der Verformungen	267
13.1 Grundlagen	267
13.1.1 Allgemeine Anmerkungen	267
13.1.2 Imperfektionen	270
13.1.3 Auswirkung planmäßiger Ausmitten auf die Tragsicherheit	270
13.2 Hilfsmittel zur Berechnung der Ersatzstablänge $l_0 = \beta l_{col}$	272
13.2.1 Allgemeines	272
13.2.2 Verschiebliche zweistielige Rahmen	272
13.2.3 Über Gelenkriegel gekoppelte eingespannte Stützen	273
13.2.4 Eingespannte Aussteifungsstütze mit gelenkig angekoppelten Pendelstützen	274
13.2.5 Nomogramm für Stockwerkrahmen („Leiterdiagramm“)	275
13.3 Tragfähigkeit von in einer Ebene verformbaren Einzelstäben	276
13.3.1 Allgemeines	276
13.3.2 Kragstützen mit einachsiger Biegung	277
13.3.3 Rahmenstütze in unverschieblichem System mit einachsiger Biegung	281
13.3.4 Rahmenstütze in verschieblichem System mit einachsiger Biegung	284
13.3.5 Einfluss der Kriechverformungen	287
13.4 Bemessungsbeispiele	290
13.4.1 Innenstütze eines horizontal ausgesteiften Hochbau-Rahmens	290
13.4.2 Randstütze eines horizontal unverschieblichen Rahmens	295
13.4.3 Kragstütze als aussteifendes Bauteil eines verschieblichen Systems	300
13.4.4 Hallenstütze	308
13.4.5 Konstruktionsbeispiele	314
13.5 Tragfähigkeitsnachweis mit Nomogrammen	317
13.5.1 Allgemeines	317
13.5.2 Die „ μ - Nomogramme“	318
13.5.3 Die „ e_1/h - Nomogramme“	318
13.6 Nachrechnung der Beispiele aus Abschnitt 13.4	328
13.6.1 Innenstütze eines horizontal ausgesteiften Hochbaurahmens (13.4.1)	328
13.6.2 Randstütze eines horizontal unverschieblichen Rahmens (13.4.2)	328
13.6.3 Kragstütze als aussteifendes Bauteil eines verschieblichen Systems (13.4.3)	329
13.6.4 Hallenstütze (13.4.4)	330
13.7 Tragfähigkeit von räumlich verformbaren Einzelstäben	331
13.7.1 Allgemeines	331
13.7.2 Lösung über Entkoppelung der Nachweise	331
13.7.3 Beispiel zur Berücksichtigung von Längskraft mit Doppelbiegung	333
13.8 Kippsicherheit schlanker Träger	337
13.8.1 Allgemeines	337
13.8.2 Abschätzung der Kippsicherheit nach DIN 1045-1	338
13.8.3 Näherungslösung nach Stiglat	339

Teil C Besondere Bauteile	341
14 Fundamente	341
14.1 Allgemeines	341
14.2 Gründungsarten	342
14.3 Bodenpressungsverteilung (die statisch unbestimmte Größe)	346
14.3.1 Allgemeines	346
14.3.2 Bettungszahlverfahren	346
14.3.3 Steifenzahlverfahren	347
14.3.4 Finite Elemente	348
14.3.5 Tragverhalten von elastisch gebetteten Gründungen	349
14.4 Streifenfundamente	351
14.4.1 Allgemeines	351
14.4.2 Unbewehrte Streifenfundamente	351
14.4.3 Bewehrte Streifenfundamente	353
14.5 Einzelfundamente mit zentrischer Belastung	356
14.5.1 Allgemeines	356
14.5.2 Biegebemessung	356
14.5.3 Nachweis der Sicherheit gegen Durchstanzen	360
14.5.4 Nachweis der Sicherheit gegen Durchstanzen bei gedungenen Einzel- fundamenten	365
14.5.5 Bemessungsbeispiele	366
14.6 Einzelfundamente mit exzentrischer Belastung	379
14.6.1 Allgemeines	379
14.6.2 Nachweis der globalen Standsicherheit (Sicherheit gegen Kippen)	379
14.6.3 Biegebemessung	380
14.6.4 Nachweis der Sicherheit gegen Durchstanzen	382
14.6.5 Beispiel	382
14.7 Fundamentbalken auf elastischer Bettung	385
14.7.1 Allgemeines	385
14.7.2 Herleitung der Differentialgleichung	385
14.7.3 Lösung der Differentialgleichung für den Balken mit mittiger Einzellast	386
14.7.4 Anwendung von Zahlentafeln	387
14.7.5 Hinweise zur Ermittlung von Bettungszahlen	391
14.7.6 Beispiel: Balken auf elastischer Bettung mit zwei Einzellaste	392
14.7.7 Balken auf elastischer Bettung mit vier Einzellasten	397
15 Rahmen	399
15.1 Allgemeines	399
15.2 Bewehrungsführung allgemein	399
15.3 Bewehrungsführung in Rahmenecken	402
15.3.1 Allgemeines	402
15.3.2 Rahmenecke mit positivem Moment	403
15.3.3 Rahmenecke mit negativem Moment	404
15.4 Beispiel: Rahmenecke mit positivem Moment	405

16 Konsolen	407
16.1 Allgemeines	407
16.2 Tragverhalten von Konsolen	408
16.3 Konsolen mit einfacher Zugbandbewehrung	409
16.4 Konsolen mit kombinierter Zugbandbewehrung	411
16.5 Einfluss von Lastexzentrizitäten	412
16.5.1 Exzentrizitäten in Kragrichtung	412
16.5.2 Exzentrizitäten senkrecht zur Kragrichtung	412
16.6 Bewehrungsführung	412
16.6.1 Allgemeines	412
16.6.2 Verankerung der Zugbandbewehrung unter der Last	413
16.6.3 Verankerung der Zugbandbewehrung in der Stütze	414
16.6.4 Ergänzende Bügelbewehrung	414
16.7 Bemessungsbeispiel: Konsole mit einfacher Zugbandbewehrung	415
17 Torsionsbeanspruchte Bauteile	419
17.1 Allgemeines	419
17.2 Wirkung der Torsion	421
17.2.1 Allgemeines	421
17.2.2 Hinweise zu Verformungen	422
17.3 Bemessung für Torsion	423
17.3.1 Allgemeines	423
17.3.2 Ersatzhohlkasten	424
17.3.3 Räumliches Fachwerkmodell	424
17.3.4 Bemessung bei reiner Torsion T_{Ed}	425
17.3.5 Bemessung bei Torsion T_{Ed} und Querkraft V_{Ed}	425
17.4 Konstruktive Bedingungen	426
17.5 Bemessungsbeispiel	426
18 Zweiachsig gespannte Platten	439
18.1 Allgemeines	439
18.2 Tragverhalten	440
18.3 Schnittgrößenermittlung bei Einzelplatten	444
18.3.1 Allgemeines	444
18.3.2 Schnittgrößenermittlung nach der Elastizitätstheorie	444
18.3.3 Schnittgrößenermittlung mit nichtlinearen Berechnungsverfahren	450
18.4 Bemessung	453
18.4.1 Allgemeines	453
18.4.2 Biegebemessung im Normalfall	454
18.4.3 Biegebemessung bei Abweichung von Bewehrungsrichtung und Hauptmomentenrichtung	454
18.4.4 Biegebemessung bei Berechnung mit der Fließgelenklinientheorie	456
18.4.5 Schubbemessung	456
18.5 Beispiele zu Einfeldplatten	457
18.5.1 Ermittlung von Auflagerkräften	457
18.5.2 Treppenpodest	458

18.5.3 Kellerschacht	469
18.5.4 Berechnung einer Platte unter Ansatz von Fließgelenklinien	475
18.6 Durchlaufende Plattensysteme	477
18.6.1 Allgemeines	477
18.6.2 Das „Schachbrettverfahren“	478
18.6.3 Das Verfahren nach Pieper und Martens	481
18.6.4 Das Verfahren nach Hahn und Brunner	482
18.7 Berechnungsbeispiel eines Durchlaufsystems	485
18.7.1 Durchlaufplatte über drei Felder nach Hahn und Brunner	486
18.7.2 Durchlaufplatte über drei Felder nach Pieper und Martens	490
18.7.3 Ergebnisvergleich der Beispiele	491
18.8 Konstruktive Ausbildung von Platten	491
18.8.1 Allgemeines	491
18.8.2 Biegebewehrung	492
18.8.3 Schubbewehrung	492
18.8.4 Torsions-/Drillbewehrung	493
18.9 Deckengleiche Unterzüge	493
18.9.1 Allgemeines	493
18.9.2 Tragverhalten der Platte im Bereich unterbrochener Stützung	494
18.10 Öffnungen in Platten	497
18.10.1 Allgemeines	497
18.10.2 Kleine Öffnungen	498
18.10.3 Mittlere Öffnungen	498
18.10.4 Große Öffnungen	499
18.11 Platten auf elastischer Bettung	502
18.11.1 Allgemeines.....	502
18.11.2 Anmerkungen zum Ansatz von Einzellasten.....	502
18.11.3 Beispiel: Stahlbetonbodenplatte eines Kellers mit Mauerwerks Pfeilern	503
18.12 Schnittgrößenermittlung mit Finiten Elementen (FEM).....	506
18.12.1 Allgemeines.....	506
18.12.2 Treppenpodest.....	508
18.12.3 Durchlaufplatte über drei Felder.....	511
18.13 Flachdecken.....	515
18.13.1 Allgemeines.....	515
18.13.2 Tragverhalten.....	515
18.13.3 Ermittlung der Biegemomente.....	518
18.13.4 Nachweis der Sicherheit gegen Durchstanzen.....	521
18.13.5 Beispiel.....	528
19 Scheiben, Wände	539
19.1 Allgemeines	539
19.2 Tragverhalten von Scheiben	540
19.3 Ermittlung von Schnittgrößen bzw. Spannungen	542
19.3.1 Schnittgrößenermittlung allgemein	542
19.3.2 Schnittgrößenermittlung einfacher wandartiger Träger	543

19.4 Bemessung	545
19.4.1 Allgemeine Anmerkungen	545
19.4.2 Zugstrebenachweis	545
19.4.3 Druckstrebenachweis	545
19.4.4 Druckspannungsnachweise in ebenen Knoten	545
19.5 Stabilitätsprobleme bei Scheiben	551
19.5.1 Allgemeines	551
19.5.2 Wandscheiben	551
19.5.3 Wandartige Träger	551
20 Teilflächenbelastung	553
20.1 Allgemeines	553
20.2 Lokale Teilflächenpressung	554
20.3 Querspannungen	555
20.4 Berechnungsbeispiel	556
Literaturverzeichnis	559
Sachwortverzeichnis	565