

Andreas Fischer  
Michael Kramp  
Frank Prietz  
Michael Rösler

# Stahlbeton nach DIN 1045-1



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	1
1.1	Entwicklung der Bauart.....	1
1.2	Entwicklung und Stand der technischen Regeln.....	3
<b>2</b>	<b>Grundlagen und Tragverhalten von Stahlbeton</b> .....	5
2.1	Einführung.....	5
2.2	Elementare Tragwirkungen und Werkstoffgesetze.....	6
2.2.1	Verhalten von Beton auf Zug .....	7
2.2.2	Verhalten des Betons auf Druck.....	8
2.2.3	Verhalten des Stahls.....	10
2.2.4	Verbundverhalten des Stahlbetons .....	10
2.3	Tragverhalten von Stahlbetonbauteilen .....	13
2.3.1	Stahlbetonbauteile unter Druckbeanspruchung .....	14
2.3.2	Stahlbetonbauteile unter Zugbeanspruchung.....	15
2.3.3	Stahlbetonbauteile unter Biegebeanspruchung.....	17
2.3.4	Stahlbetonbauteile unter Querkraftbeanspruchung.....	19
2.4	Duktilität .....	22
2.5	Umlagerungsvermögen statisch unbestimmter Konstruktionen.....	22
2.6	Zeitabhängiges Verhalten von Stahlbeton.....	24
2.7	Wirkung einer Vorspannung .....	26
<b>3</b>	<b>Sicherheit der Tragkonstruktionen</b> .....	29
3.1	Grundlagen des Sicherheitskonzeptes .....	29
3.2	Einwirkungen .....	30
3.2.1	Arten von Einwirkungen .....	30
3.2.2	Charakteristische Werte der Einwirkungen: $F_k$ .....	31
3.2.3	Repräsentative Werte von veränderlichen Einwirkungen.....	32
3.2.4	Charakteristische Werte des Bauteilwiderstandes .....	33
3.3	Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit (GZT) .....	33
3.3.1	Versagen eines Tragwerkes oder seiner Teile .....	34
3.3.2	Verlust des statischen Gleichgewichtes, Nachweis der Lagesicherheit .....	41
3.4	Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit (GZG).....	42
3.5	Vereinfachte Bemessungswerte der Beanspruchung .....	43
3.6	Beispiel Einfeldträger mit Kragarm .....	43

<b>4</b>	<b>Dauerhaftigkeit</b> .....	47
4.1	Allgemeines.....	47
4.2	Expositionsklassen.....	48
4.3	Betondeckung.....	53
4.4	Beispiel.....	55
4.5	Rissbildung.....	58
<b>5</b>	<b>Baustoffe</b> .....	59
5.1	Allgemeines.....	59
5.2	Beton.....	60
5.2.1	Allgemeines.....	60
5.2.2	Druckfestigkeit.....	61
5.2.3	Zugfestigkeit.....	63
5.2.4	Elastizitätsmodul.....	63
5.2.5	Kriechen.....	64
5.2.6	Schwinden.....	67
5.3	Betonstahl.....	69
5.3.1	Allgemeines.....	69
5.3.2	Betonstahlsorten.....	69
5.3.3	Grundwerte.....	71
5.4	Spannstahl.....	72
5.4.1	Allgemeines.....	72
5.4.2	Grundwerte.....	72
<b>6</b>	<b>Schnittgrößenermittlung</b> .....	75
6.1	Grundlagen der Schnittgrößenermittlung.....	75
6.1.1	Definitionen und Vereinfachungen.....	75
6.1.2	Wirksame Stützweiten von Platten und Balken.....	76
6.1.3	Mitwirkende Plattenbreite.....	78
6.1.4	Bemessungsmomente.....	87
6.2	Verfahren der Schnittgrößenermittlung.....	92
6.2.1	Allgemeines.....	92
6.2.2	Einfluss des Grades der statischen Bestimmtheit.....	92
6.2.3	Querschnittsteifigkeiten.....	92
6.2.4	Werkstoffgesetze.....	94
6.2.5	Linear-elastische Schnittgrößenermittlung.....	96
6.2.6	Nichtlineare Schnittgrößenermittlung.....	97
6.2.7	Plastizitätstheorie.....	98

---

6.3	Regelungen zur Schnittgrößenermittlung nach DIN 1045-1 .....	104
6.3.1	Allgemeines.....	104
6.3.2	Linear-elastisches Verfahren .....	104
6.3.3	Linear-elastisches Verfahren mit anschließender begrenzter Momentenumlagerung.....	105
6.3.4	Verfahren auf Grundlage der Plastizitätstheorie .....	110
6.3.5	Nichtlineare Verfahren .....	120
<b>7</b>	<b>Grenzzustand der Tragfähigkeit infolge Biegung und Längskraft.....</b>	<b>123</b>
7.1	Allgemeines.....	123
7.2	Grundlagen des Tragverhaltens unter Biegebeanspruchung.....	124
7.3	Spannungs-Dehnungs-Beziehungen .....	126
7.3.1	Beton.....	126
7.3.2	Betonstahl .....	128
7.4	Grenzdehnungen bei der Bauteilbemessung.....	129
7.5	Biegung ohne und mit geringer Längskraft .....	131
7.5.1	Allgemeines.....	131
7.5.2	Reine Biegung.....	132
7.5.3	Biegung mit Längskraft.....	135
7.5.4	Beispiel zur Iteration.....	136
7.5.5	Das $k_d$ -Verfahren.....	140
7.5.6	Beispiel zum $k_d$ -Verfahren .....	142
7.5.7	Bemessungsverfahren mit dimensionslosen Beiwerten .....	143
7.5.8	Beispiel zum dimensionslosen Bemessungsverfahren.....	145
7.5.9	Druckbewehrung .....	146
7.5.10	Beispiel zur Druckbewehrung .....	148
7.6	Längsdruckkraft mit geringer Ausmitte.....	150
7.7	Mittige Längsdruckkraft.....	153
7.8	Plattenbalken.....	154
7.8.1	Bemessung von Plattenbalken mit Fallunterscheidung .....	155
<b>8</b>	<b>Grenzzustand der Tragfähigkeit infolge Querkraft.....</b>	<b>159</b>
8.1	Allgemeines.....	159
8.2	Grundlagen des Tragverhaltens.....	160
8.2.1	Balken unter Biegung mit Querkraft .....	160
8.2.2	Versagensfälle von Stahlbetonträgern infolge Biegung und Querkraft .....	162
8.2.3	Fachwerkanalogie für den gerissenen Zustand.....	163
8.3	Nachweiskonzept der DIN 1045-1 .....	165

8.3.1	Einführung.....	165
8.3.2	Bemessungswert der einwirkenden Querkraft.....	165
8.3.3	Bemessungswerte der Querkrafttragfähigkeit.....	169
8.4	Querkraftbewehrung.....	183
8.4.1	Querschnittsfläche $A_{sw}$ .....	183
8.4.2	Querkraftbewehrung in Balken.....	184
8.4.3	Beispiel.....	186
8.5	Platten.....	189
8.5.1	Bemessung für Querkraft.....	189
8.5.2	Querkraftbewehrung in Platten.....	189
8.5.3	Querkraftdeckung in Bauteillängsrichtung.....	190
8.6	Anschluss von Druck- und Zuggurten.....	190
8.6.1	Anschluss von Druckgurten.....	190
8.6.2	Anschluss von Zuggurten.....	194
8.6.3	Bewehrungsführung für den Druck- und Zuggurtanschluss.....	196
<b>9</b>	<b>Grenzzustand der Tragfähigkeit infolge Torsion.....</b>	<b>199</b>
9.1	Grundlagen des Tragverhaltens.....	199
9.1.1	Torsionsbeanspruchung.....	199
9.1.2	St. Venant'sche Torsion.....	202
9.1.3	Fachwerkmodell für Torsion.....	206
9.2	Einwirkung und Bauteilwiderstand.....	207
9.2.1	Einwirkung bei reiner Torsion und Torsion mit Querkraft.....	207
9.2.2	Bauteilwiderstand.....	208
9.3	Nachweis nach DIN 1045-1.....	210
9.3.1	Nachweis und Bemessung der Zugstreben.....	210
9.3.2	Nachweis der Druckstreben.....	211
9.3.3	Verzicht auf einen Nachweis.....	212
9.3.4	Bewehrung für reine Torsion und Torsion mit Querkraft.....	212
9.4	Beispiel.....	213
<b>10</b>	<b>Durchstanzen.....</b>	<b>219</b>
10.1	Allgemeines.....	219
10.2	Tragverhalten.....	220
10.2.1	Mindestbemessungsmomente.....	222
10.3	Nachweiskonzept.....	222
10.3.1	Der kritische Rundschnitt.....	224
10.3.2	Bemessungswert der Einwirkung.....	227
10.3.3	Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Durchstanzbewehrung.....	230

---

10.3.4	Bauteile mit rechnerisch erforderlicher Durchstanzbewehrung.....	234
10.4	Durchstanznachweis von Fundamenten.....	248
<b>11</b>	<b>Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit.....</b>	<b>253</b>
11.1	Allgemeines.....	253
11.2	Grundlagen der Berechnung im Gebrauchszustand.....	254
11.2.1	Verformungsverhalten von Stahlbetonbauteilen .....	254
11.2.2	Ermittlung der Rissschnittgrößen .....	256
11.2.3	Ermittlung der Betonzugfestigkeit.....	258
11.3	Berechnung im gerissenen Gebrauchszustand.....	261
11.3.1	Dehnungen und Spannungen von Stahl und Beton.....	261
11.3.2	Mitwirkung des Betons in der Zugzone .....	263
11.3.3	Stahlkräfte bei überwiegender Zugbeanspruchung infolge Last.....	264
11.3.4	Stahlkräfte bei überwiegender Zugbeanspruchung infolge Zwang.....	264
11.3.5	Stahlkräfte, Stahlspannungen und Betonspannungen bei überwiegender Biegebeanspruchung .....	265
11.3.6	Stahlkräfte, Stahlspannungen und Betonspannungen unter Rissschnittgrößen .....	271
11.4	Mindestbewehrung bei Zwangbeanspruchung .....	273
11.4.1	Beispiele für Zwangbeanspruchungen.....	273
11.4.2	Mindestbewehrung infolge Zwangbeanspruchung .....	280
11.4.3	Zwangbeanspruchte Querschnittsteile bei Lastbeanspruchung.....	283
11.5	Berechnung der Rissbreite .....	284
11.5.1	Mechanische Grundlagen.....	284
11.5.2	Ermittlung der Bewehrung für eine nachzuweisende Rissbreite .....	293
11.5.3	Berechnung der Rissbreite nach DIN 1045-1, 11.2.....	294
11.6	Berechnung von Verformungen .....	296
11.6.1	Schwindkrümmung im Zustand I .....	296
11.6.2	Schwindkrümmung im Zustand II .....	300
11.6.3	Beispielberechnung der Durchbiegung für eine Einfeldplatte.....	301
11.7	Nachweis der Spannungen .....	306
11.7.1	Begrenzung der Betondruckspannungen.....	307
11.7.2	Begrenzung der Betonstahlspannungen.....	308
11.7.3	Begrenzung der Spannstahlspannungen .....	309
11.7.4	Beispiel zu den Spannungsnachweisen .....	311
11.8	Beschränkung der Rissbreiten und Nachweis der Dekompression.....	312
11.8.1	Anforderungen .....	312
11.8.2	Anwendung des Rissbreitennachweises .....	314
11.8.3	Beispiel: Rissbreitenbegrenzung bei Lastbeanspruchung.....	316

---

11.8.4	Beispiel: lange fugenlose Kelleraußenwand.....	317
11.9	Begrenzung der Verformungen.....	319
11.9.1	Begrenzung der Biegeschlankheit.....	320
11.9.2	Beispiel.....	321
<b>12</b>	<b>Allgemeine Bewehrungsregeln.....</b>	<b>323</b>
12.1	Allgemeines.....	323
12.2	Biegen von Betonstahl.....	323
12.2.1	Biegerollendurchmesser.....	323
12.2.2	Hin- und Zurückbiegen.....	325
12.3	Verbund zwischen Betonstahl und Beton.....	325
12.3.1	Modell des Verbundtragverhaltens.....	326
12.3.2	Verbundspannung.....	327
12.3.3	Versagensarten des Verbundes.....	327
12.3.4	Einflüsse auf die Verbundtragfähigkeit.....	328
12.3.5	Auszugsversuche.....	330
12.3.6	Differentialgleichung des Verbundes.....	330
12.3.7	Bemessungswert der Verbundspannung nach DIN 1045-1.....	331
12.4	Verankerung der Längsbewehrung.....	332
12.4.1	Allgemeines.....	332
12.4.2	Grundmaß der Verankerungslänge $l_b$ .....	332
12.4.3	Erforderliche Verankerungslänge $l_{b,net}$ .....	333
12.4.4	Querbewehrung im Verankerungsbereich.....	336
12.4.5	Verankerung von Bügeln und Querkraftbewehrung.....	337
12.5	Stöße.....	340
12.5.1	Allgemeines.....	340
12.5.2	Tragverhalten im Übergreifungsbereich.....	340
12.5.3	Übergreifungslänge $l_s$ .....	341
12.5.4	Querbewehrung im Übergreifungsbereich von Tragstäben.....	344
12.5.5	Stöße von Betonstahlmatten.....	346
<b>13</b>	<b>Grundlagen der Bewehrungsführung.....</b>	<b>349</b>
13.1	Allgemeines.....	349
13.2	Mindestbewehrung.....	349
13.3	Anordnung der Längsbewehrung im Querschnitt.....	351
13.3.1	Stababstände.....	351
13.4	Anordnung der Bewehrung in Bauteillängsrichtung.....	352
13.4.1	Gurtkräfte.....	352
13.4.2	Das Versatzmaß.....	354

---

13.4.3	Die Zugkraftdeckungslinie .....	355
13.4.4	Verankerung am Endauflager.....	357
13.4.5	Verankerung an Zwischenauflagern.....	358
13.4.6	Rechnerisch unberücksichtigte Einspannungen an Endauflagern.....	359
13.4.7	Randbewehrung an freien Rändern von Platten .....	360
13.4.8	Verteilung der Querkraftbewehrung in Bauteillängsrichtung.....	361
13.5	Stützen.....	362
13.5.1	Anordnung der Längsbewehrung im Querschnitt.....	362
13.5.2	Mindestwert des Längsbewehrungsquerschnitts.....	363
13.5.3	Höchstwert des Längsbewehrungsquerschnitts .....	363
13.5.4	Querbewehrung (Bügel).....	363
13.6	Bewehrungspläne .....	366
<b>14</b>	<b>Hilfsmittel .....</b>	<b>377</b>
	<b>Literatur.....</b>	<b>395</b>
	<b>Stichwortverzeichnis.....</b>	<b>401</b>