

Prof. Dr.-Ing. Otto Wommelsdorff

# Stahlbetonbau

Bemessung und Konstruktion

Teil 1

## Biegebeanspruchte Bauteile

6., neubearbeitete und erweiterte Auflage 1989

Werner-Verlag

# Inhaltsverzeichnis

## Teil 1 – Biegebeanspruchte Bauteile

WIT – Band 15

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Bauelemente des Stahlbetonbaus	1
1.2	Baustoffe des Stahlbetonbaus	7
1.2.1	Beton	7
1.2.2	Betonstahl	10
1.2.3	Verbundwerkstoff Stahlbeton	10
<b>2</b>	<b>Vorschriften und konstruktive Grundlagen</b>	<b>14</b>
2.1	Betondeckung der Stahleinlagen	14
2.1.1	Allgemeines	14
2.1.2	Sicherstellung des Verbundes	14
2.1.3	Korrosionsschutz der Bewehrung	15
2.1.4	Vorschriften zur Betondeckung	17
2.2	Ermittlung der Stützweite	19
2.3	Mindestdicke von Deckenplatten	19
2.4	Berechnung der Durchbiegung von Stahlbetonbauteilen	20
2.4.1	Allgemeines	20
2.4.2	Grundlagen zur Berechnung der Durchbiegung	21
2.4.3	Einflüsse auf die Korrekturbeiwerte $\kappa$	24
2.4.4	Untere und obere Grenzwerte der Durchbiegung	26
2.4.5	Der wahrscheinliche Wert der Durchbiegung	29
2.4.6	Anwendungsbeispiel	30
2.4.7	Begrenzung der Biegeschlankheit	34
2.5	Ermittlung der Schnittkräfte	38
2.5.1	Allgemeines	38
2.5.2	Biegemomente nach der Elastizitätstheorie	38
2.5.3	Biegemomente bei Momentenumlagerung	39
2.5.4	Mindestwerte für Biegemomente	44
2.5.5	Negative Feldmomente	45
2.5.6	Auflagerkräfte, Querkräfte	46

2.5.7	Schnittkräfte bei dünnen Bauteilen .....	46
2.6	Abminderung von Stützmomenten .....	47
2.7	Bestimmung von Momentennullpunkten .....	49
2.8	Verarbeitung und Darstellung der Bewehrung .....	50
2.8.1	Verarbeitung der Stabstahlbewehrung .....	50
2.8.2	Darstellung der Bewehrung .....	52
2.8.3	Bezeichnung und Darstellung von Betonstahlmatten ....	53
2.9	Bewehrung von einachsig bewehrten Platten .....	54
2.9.1	Vorschriften .....	54
2.9.2	Konstruktion von Platten mit Stabstahl .....	58
2.9.3	Konstruktion von Platten mit Betonstahlmatten .....	60
2.10	Bewehrung von Balken .....	60
2.11	Konstruktion mit Stabbündeln .....	62
<b>3</b>	<b>Biegebemessung von Rechteckquerschnitten .....</b>	<b>64</b>
3.1	Grundlagen .....	64
3.1.1	Allgemeines .....	64
3.1.2	Spannungs-Dehnungs-Linien von Beton und Stahl .....	65
3.1.3	Dehnungsbereiche .....	66
3.1.4	Sicherheitsbeiwerte .....	68
3.1.5	Zusammenfassung .....	69
3.2	Herleitung von Bemessungsformeln .....	69
3.2.1	Schnittgrößen .....	69
3.2.2	Dehnungen, Spannungen, innere Kräfte .....	71
3.2.3	Gleichgewichtsbedingungen .....	74
3.3	Grenzen der einfachen Bewehrung .....	78
3.4	Spannungen im Gebrauchszustand .....	79
3.5	Durchführung von Bemessungsaufgaben im Stahlbeton- bau .....	82
3.5.1	Übersicht .....	82
3.5.2	Entwurf der Konstruktion .....	82
3.5.3	Bemessung der Konstruktion .....	83
3.6	Anwendungen .....	84
<b>4</b>	<b>Beschränkung der Rißbreite .....</b>	<b>90</b>
4.1	Allgemeine Grundlagen .....	90
4.2	Zusammenhänge bei Rißbildung .....	91
4.3	Ansätze zur Entwicklung von Rißformeln bei Rißbildung infolge Lastbeanspruchung .....	96
4.4	Ableitung von Konstruktionsregeln bei Lastbeanspru- chung .....	102

4.4.1	Beschränkung der Rißbreite durch Wahl geeigneter Stahldurchmesser .....	102
4.4.2	Beschränkung der Rißbreite durch Wahl geeigneter Stababstände .....	106
4.4.3	Ergänzende Hinweise für die Nachweise zur Rißbreitenbegrenzung bei Lastbeanspruchung .....	108
4.5	Beispiele zum Nachweis Rißbreitenbeschränkung bei Lastbeanspruchung .....	110
4.5.1	Beispiel 1 .....	110
4.5.2	Beispiel 2 .....	111
4.6	Bewehrung für Zwangbeanspruchung .....	112
4.6.1	Allgemeine Grundlagen .....	112
4.6.2	Konstruktionsregeln bei Zwangbeanspruchung .....	116
4.7	Zusammenwirken von Last und Zwang .....	117
4.8	Anwendungsbeispiele .....	118
4.8.1	Beispiel 1 .....	118
4.8.2	Beispiel 2 .....	120
4.9	Zeitpunkt der Rißbildung .....	121
<b>5</b>	<b>Schubspannungen, Schubsicherung, Verbundspannungen</b> ..	<b>123</b>
5.1	Grundlagen .....	123
5.2	Der Grundwert der Schubspannung .....	129
5.2.1	Konstante Balkenhöhe .....	129
5.2.2	Veränderliche Balkenhöhe .....	133
5.3	Grundlagen der Schubsicherung .....	134
5.3.1	Klassische Fachwerkanalogie .....	134
5.3.2	Erweiterte Fachwerkanalogie .....	136
5.3.3	Verminderte Schubdeckung .....	137
5.3.4	Zusammenfassung .....	138
5.3.5	Einführung der Schubkraft .....	140
5.3.6	Einfluß der Richtung der Bewehrungsstäbe .....	145
5.4	Schubbereiche .....	146
5.4.1	Platten im Schubbereich 1 .....	147
5.4.2	Balken im Schubbereich 1 .....	149
5.4.3	Schubbereich 2 .....	151
5.4.4	Schubbereich 3 .....	153
5.5	Konstruktive Hinweise .....	154
5.6	Durchführung des Schubsicherungsnachweises .....	160
5.6.1	Platten im Schubbereich 1 .....	160
5.6.2	Platten im Schubbereich 2 .....	161
5.6.3	Balken im Schubbereich 1 .....	162
5.6.4	Balken im Schubbereich 2 und 3 .....	163

5.6.5	Bestimmung der Schubbewehrung aus der Schubkraft- fläche .....	164
5.6.6	Das $\kappa$ -Verfahren .....	167
5.6.7	Schubsicherung nur mit Bügeln ( $\bar{a}_{sbü}$ -Diagramm) .....	170
5.7	Verbundspannungen .....	172
5.7.1	Berechnung von Verbundspannungen .....	172
5.7.2	Vorschriften .....	173
5.8	Verankerung und Stöße von Bewehrungsstäben .....	174
5.8.1	Verankerungslängen $l_0$ und $l_1$ .....	174
5.8.2	Verankerung an Endauflagern .....	179
5.8.3	Verankerung an Zwischenauflagern .....	181
5.8.4	Verankerung im Feld, Verankerung von Schubaufbie- gungen .....	182
5.8.5	Verankerung von Stabbüdeln .....	183
5.8.6	Zugstöße von Stabstahl .....	184
5.8.7	Querbewehrung bei zugbeanspruchten Übergreifungs- größen .....	187
5.8.8	Übergreifungsstöße von geschweißten Betonstahlmatten .	190
5.9	Zugkraft und Versatzmaß .....	192
5.9.1	Die Zugkraftlinie .....	192
5.9.2	Zugkraftdeckungslinie .....	197
5.10	Anwendungsbeispiel .....	198
<b>6</b>	<b>Querschnitte mit Druckbewehrung</b> .....	<b>203</b>
6.1	Allgemeines .....	203
6.2	Bemessungsgleichungen für Druckbewehrung .....	203
6.3	Druckbewehrung bei Anwendung von Bemessungstafeln	205
6.3.1	Herleitung von Bemessungsformeln .....	205
6.3.2	Durchführung .....	207
6.4	Vorschriften .....	208
6.5	Anwendungen .....	209
<b>7</b>	<b>Plattenbalken und Rippendecken</b> .....	<b>213</b>
7.1	Begriffe, Tragverhalten .....	213
7.2	Ermittlung der mitwirkenden Plattenbreite $b_m$ .....	215
7.2.1	Begriffe .....	215
7.2.2	Anwendung .....	217
7.3	Bemessung von Plattenbalken .....	218
7.3.1	Nulllinie liegt in der Platte .....	219
7.3.2	Nulllinie im Steg bei gedrungenem Querschnitt .....	220
7.3.3	Nulllinie im Steg bei schlanken Querschnitten .....	222

7.4	Durchlaufträger als Plattenbalken .....	225
7.5	Bestimmung der erforderlichen Höhe von Plattenbalken	227
7.5.1	Einfeldträger .....	227
7.5.2	Durchlaufende Träger ohne Druckbewehrung .....	228
7.5.3	Durchlaufende Träger mit Druckbewehrung .....	229
7.6	Schubspannungen bei Plattenbalken .....	229
7.6.1	Schubspannungen im Steg .....	229
7.6.2	Schubspannungen in der Biegedruckzone .....	230
7.6.3	Anschlußbewehrung, Vorschriften .....	232
7.6.4	Anwendungsbeispiel .....	233
7.6.5	Schubspannungen in abstehenden Zugflanschen .....	235
7.7	Deckengleiche Unterzüge (Blindbalken) .....	236
7.7.1	Tragverhalten .....	236
7.7.2	Deckengleiche Unterzüge bei geringen Stützweiten .....	238
7.7.3	Deckengleiche Unterzüge bei mäßigen Stützweiten .....	238
7.7.4	Anwendungsbeispiel .....	241
7.8	Sonderfälle .....	243
7.8.1	Einzellasten .....	243
7.8.2	Unterzugspannrichtung parallel zur Plattenspannrichtung	244
7.8.3	Besonderheiten der Bewehrungsführung .....	246
7.9	Rippendecken .....	247
<b>8</b>	<b>Zweiachsig gespannte Platten .....</b>	<b>249</b>
8.1	Tragverhalten, Verformung .....	249
8.2	Einfeldplatten .....	252
8.3	Durchlaufende vierseitig gelagerte Platten bei geringen Stützweitenunterschieden .....	255
8.4	Durchlaufende vierseitig gelagerte Platten bei größeren Stützweitenunterschieden .....	259
8.4.1	Methoden zur Momentenermittlung .....	259
8.4.2	Berechnungsbeispiel .....	263
8.5	Vorschriften, Besonderheiten .....	266
8.5.1	Mindestdicke .....	266
8.5.2	Nutzhöhe, Stababstände .....	266
8.5.3	Drillbewehrung .....	266
8.5.4	Vergrößerung der Feldmomente .....	268
8.5.5	Momentengrenzflächen, Zugkraftflächen .....	269
8.5.6	Auflagerkräfte .....	272
8.5.7	Mindestwerte für Biegemomente .....	273
8.5.8	Besonderheiten der Bewehrungsführung .....	274
8.6	Platten mit unregelmäßiger Berandung .....	275

<b>9</b>	<b>Anwendungen</b>	276
9.1	Positionspläne, Schalpläne	276
9.2	Einachsig bewehrte Einfeldplatte	277
9.3	Einachsig bewehrte Deckenplatte mit Einzellast	280
9.4	Einachsig bewehrte Mehrfeldplatte	283
9.5	Durchlaufträger als Plattenbalken	290
9.6	Durchlaufende Rippendecke	305
	Literaturverzeichnis	313
	Anhang: Bemessungstabeln	319
	Gesamtsachwortverzeichnis (Teil 1 und 2)	333

### Verzeichnis der Tafeln im Text

(Die erste Ziffer weist auf den zugehörigen Abschnitt hin).

<b>Tafel 1.1</b>	Baustoffe des Stahlbetons	13
<b>Tafel 2.1</b>	Maße der Betondeckung der Stahleinlagen	18
<b>Tafel 2.2</b>	Nutzhöhe $h$ in Abhängigkeit von $l_1$	37
<b>Tafel 2.3</b>	Tafel zur Bestimmung der Momentennullpunkte durchlaufender Träger	50
<b>Tafel 3.1</b>	Dehnungsverhältnisse von Stahlbetonträgern	67
<b>Tafel 4.1</b>	Grenzdurchmesser $d_s$ und Höchstwerte der Stabachsabstände $s$ für den Nachweis zur Beschränkung der Rißbreite	108
<b>Tafel 4.2</b>	Beiwerte $k_{z,t}$ zur Berücksichtigung des Betonalters	114
<b>Tafel 5.1</b>	Rechengang zur Ermittlung der Bügelbewehrung bei Konstruktion ohne Schubzulagen im Schubbereich 1	163
<b>Tafel 5.2</b>	Rechenregeln für das $\kappa$ -Verfahren	169
<b>Tafel 5.3</b>	Rechengang bei Schubsicherung nur mit Bügeln (mit dem $\bar{a}_{sbü}$ -Diagramm)	171
<b>Tafel 5.4</b>	Verankerungslängen $l_1$ für Betonrippenstahl BSt 500	178
<b>Tafel 5.5</b>	Querbewehrung im Übergreifungsbereich	189
<b>Tafel 5.6</b>	Versatzmaße $v$ gemäß DIN 1045, Tabelle 25	197

### Anhang: Bemessungstabeln

<b>Tafel 1</b>	Allgemeines Bemessungsdiagramm	321
<b>Tafel 1a</b>	Bemessungstabelle mit dimensionslosen Beiwerten	322
<b>Tafel 2</b>	Bemessungstabellen für Rechteckquerschnitte ohne Druckbewehrung (BSt 500)	323

11

<b>Tafel 3</b>	Bemessungstabellen für Rechteckquerschnitte mit Druckbewehrung (B 15, B 25, BSt 500) .....	324
<b>Tafel 4a</b>	Korrekturfaktoren $\kappa$ zur Ermittlung der Schubbewehrung bei Gleichlast $q$ .....	325
<b>Tafel 4b</b>	$\bar{\alpha}_{sbü}$ -Werte zur Ermittlung der Bügelbewehrung bei Schubsicherung nur durch Bügel oder Bügel und Bügelleitern für BSt 500 .....	325
<b>Tafel 5</b>	Bezogene mitwirkende Plattenbreiten .....	326
<b>Tafel 6</b>	Beiwerte $\lambda_b$ zur Bestimmung der Ersatzbreite $b_i$ für die Bemessung von Plattenbalken .....	327

### Anlagen (Konstruktionspläne)

Anlage 1:	Durchlaufende Deckenplatten gem. Abschn. 9.4	Ausschlagtafel
Anlage 2A:	Durchlaufender Stahlbetonunterzug mit Aufbiegungen gem. Abschn. 9.5 .....	Ausschlagtafel
Anlage 2B:	Durchlaufender Stahlbetonunterzug ohne Aufbiegungen gem. Abschn. 9.5 .....	Ausschlagtafel
Anlage 3:	Rippendecke gem. Abschn. 9.6 .....	330/331