

# Inhalt

<b>Zu diesem Heft .....</b>	<b>7</b>
<b>Einleitung .....</b>	<b>8</b>
<b>Zum Vorwort .....</b>	<b>9</b>
<b>Zu 1 ALLGEMEINES .....</b>	<b>9</b>
<b>Zu 1.1 Anwendungsbereich .....</b>	<b>9</b>
<b>Zu 1.2 Normative Verweisungen .....</b>	<b>9</b>
<b>Zu 1.5 Begriffe .....</b>	<b>9</b>
<b>Zu 2 GRUNDLAGEN DER TRAGWERKSPLANUNG .....</b>	<b>10</b>
<b>Zu 2.1 Anforderungen .....</b>	<b>10</b>
Zu 2.1.1 Grundlegende Anforderungen .....	10
Zu 2.1.2 Behandlung der Zuverlässigkeit .....	10
Zu 2.1.3 Nutzungsdauer, Dauerhaftigkeit und Qualitätssicherung .....	10
<b>Zu 2.3 Basisvariablen .....</b>	<b>10</b>
Zu 2.3.1 Einwirkungen und Umgebungseinflüsse .....	10
Zu 2.3.1.2 Temperaturauswirkungen und 2.3.1.3 Setzungen .....	10
Zu 2.3.1.4 Vorspannung .....	11
Zu 2.3.3 Verformungseigenschaften des Betons .....	11
Zu 2.3.4 Geometrische Angaben .....	11
Zu 2.3.4.2 Zusätzliche Anforderungen an Bohrpfähle .....	11
<b>Zu 2.4 Nachweisverfahren mit Teilsicherheitsbeiwerten .....</b>	<b>11</b>
Zu 2.4.1 Allgemeines .....	11
Zu 2.4.2 Bemessungswerte .....	12
Zu 2.4.2.2 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen aus Vorspannung .....	12
Zu 2.4.2.3 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen beim Nachweis gegen Ermüdung .....	13
Zu 2.4.2.4 Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe .....	13
Zu 2.4.2.5 Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffe bei Gründungsbauteilen .....	13
Zu 2.4.3 Kombinationsregeln für Einwirkungen .....	13
<b>Zu 2.5 Versuchsgestützte Bemessung .....</b>	<b>15</b>
<b>Zu 2.6 Zusätzliche Anforderungen an Gründungen .....</b>	<b>15</b>
<b>Zu 2.7 Anforderungen an Befestigungsmittel .....</b>	<b>16</b>
<b>Zu NA.2.8 Bautechnische Unterlagen .....</b>	<b>17</b>
Zu NA.2.8.1 Umfang der bautechnischen Unterlagen .....	17
Zu NA.2.8.2 Zeichnungen .....	17
Zu NA.2.8.3 Statische Berechnungen .....	17
Zu NA.2.8.4 Baubeschreibung .....	17
<b>Zu 3 BAUSTOFFE .....</b>	<b>18</b>
<b>Zu 3.1 Beton .....</b>	<b>18</b>
Zu 3.1.1 Allgemeines .....	18
Zu 3.1.2 Festigkeiten .....	18
Zu 3.1.3 Elastische Verformungseigenschaften .....	20
Zu 3.1.4 Kriechen und Schwinden .....	22
Zu 3.1.5 Spannungs-Dehnungs-Linie für nichtlineare Verfahren und Verformungsberechnungen .....	26
Zu 3.1.6 Bemessungswert der Betondruck- und Betonzugfestigkeit .....	27
Zu 3.1.7 Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung .....	27
Zu 3.1.8 Biegezugfestigkeit .....	28
Zu 3.1.9 Beton unter mehraxialer Druckbeanspruchung .....	28
<b>Zu 3.2 Betonstahl .....</b>	<b>29</b>
Zu 3.2.1 Allgemeines .....	29
Zu 3.2.2 Eigenschaften .....	29
Zu 3.2.4 Duktilitätsmerkmale .....	30
Zu 3.2.5 Schweißen .....	31
Zu 3.2.7 Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung .....	31
<b>Zu 3.3 Spannstahl .....</b>	<b>31</b>
Zu 3.3.2 Eigenschaften .....	31
Zu 3.3.4 Duktilitätseigenschaften .....	32

Zu 3.3.6 Spannungs-Dehnungs-Linie für die Querschnittsbemessung .....	32
<b>Zu 3.4 Komponenten von Spannsystemen.....</b>	<b>32</b>
Zu 3.4.1 Verankerungen und Spanngliedkopplungen.....	32
<b>Zu 4 DAUERHAFTIGKEIT UND BETONDECKUNG.....</b>	<b>33</b>
<b>Zu 4.1 Allgemeines.....</b>	<b>33</b>
<b>Zu 4.2 Umgebungsbedingungen .....</b>	<b>33</b>
<b>Zu 4.4 Nachweisverfahren.....</b>	<b>36</b>
Zu 4.4.1 Betondeckung .....	36
Zu 4.4.1.1 Allgemeines .....	36
Zu 4.4.1.2 Mindestbetondeckung .....	36
Zu 4.4.1.3 Vorhaltemaß .....	38
<b>Zu 5 ERMITTlung DER SCHNITTGRÖSSEN.....</b>	<b>40</b>
<b>Zu 5.1 Allgemeines.....</b>	<b>40</b>
Zu 5.1.1 Grundlagen.....	40
Zu 5.1.2 Besondere Anforderungen an Gründungen.....	40
<b>Zu 5.2 Imperfektionen .....</b>	<b>41</b>
<b>Zu 5.3 Idealisierungen und Vereinfachungen .....</b>	<b>44</b>
Zu 5.3.1 Tragwerksmodelle für statische Berechnungen.....	44
Zu 5.3.2 Geometrische Angaben .....	44
Zu 5.3.2.1 Mitwirkende Plattenbreite .....	44
Zu 5.3.2.2 Effektive Stützweite von Balken und Platten im Hochbau.....	45
<b>Zu 5.4 Linear-elastische Berechnung .....</b>	<b>46</b>
<b>Zu 5.5 Linear-elastische Berechnung mit begrenzter Umlagerung .....</b>	<b>47</b>
<b>Zu 5.6 Verfahren nach der Plastizitätstheorie .....</b>	<b>48</b>
Zu 5.6.1 Allgemeines.....	48
Zu 5.6.2 Balken, Rahmen und Platten .....	49
Zu 5.6.3 Vereinfachter Nachweis der plastischen Rotation .....	49
Zu 5.6.4 Stabwerkmodelle.....	51
<b>Zu 5.7 Nichtlineare Verfahren .....</b>	<b>52</b>
<b>Zu 5.8 Berechnung von Bauteilen unter Normalkraft nach Theorie II. Ordnung .....</b>	<b>54</b>
Zu 5.8.2 Allgemeines.....	54
Zu 5.8.3 Vereinfachte Nachweise für Bauteile unter Normalkraft nach Theorie II. Ordnung .....	56
Zu 5.8.3.1 Grenzwert der Schlankheit für Einzeldruckglieder .....	56
Zu 5.8.3.2 Schlankheit und Knicklänge von Einzeldruckgliedern .....	56
Zu 5.8.3.3 Nachweise am Gesamttragwerk nach Theorie II. Ordnung im Hochbau.....	57
Zu 5.8.4 Kriechen .....	58
Zu 5.8.5 Berechnungsverfahren .....	59
Zu 5.8.6 Allgemeines Verfahren .....	59
Zu 5.8.8 Verfahren mit Nennkrümmung .....	59
Zu 5.8.8.1 Allgemeines .....	59
Zu 5.8.8.2 Biegemomente .....	59
Zu 5.8.8.3 Krümmung .....	59
Zu 5.8.9 Druckglieder mit zweiachsiger Ausmitte .....	60
<b>Zu 5.9 Seitliches Ausweichen schlanker Träger.....</b>	<b>61</b>
<b>Zu 5.10 Spannbetontragwerke .....</b>	<b>62</b>
Zu 5.10.1 Allgemeines.....	62
Zu 5.10.2 Vorspannkraft während des Spannvorgangs .....	63
Zu 5.10.2.1 Maximale Vorspannkraft .....	63
Zu 5.10.2.2 Begrenzung der Betondruckspannungen .....	63
Zu 5.10.3 Vorspannkraft nach dem Spannvorgang .....	64
Zu 5.10.5 Sofortige Spannkraftverluste bei nachträglichem Verbund .....	64
Zu 5.10.5.1 Elastische Verformung des Betons .....	64
Zu 5.10.5.2 Reibungsverluste .....	64
Zu 5.10.5.3 Verankerungsschlupf .....	64
Zu 5.10.6 Zeitabhängige Spannkraftverluste bei sofortigem und nachträglichem Verbund .....	64
Zu 5.10.7 Berücksichtigung der Vorspannung in der Berechnung .....	65
Zu 5.10.8 Grenzzustand der Tragfähigkeit.....	65
Zu 5.10.9 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit und der Ermüdung.....	65

<b>Zu 6 NACHWEISE IN DEN GRENZZUSTÄNDEN DER TRAGFÄHIGKEIT .....</b>	<b>67</b>
<b>Zu 6.1 Biegung mit oder ohne Normalkraft und Normalkraft allein .....</b>	<b>67</b>
<b>Zu 6.2 Querkraft .....</b>	<b>68</b>
Zu 6.2.1 Nachweisverfahren.....	68
Zu 6.2.2 Bauteile ohne rechnerisch erforderliche Querkraftbewehrung .....	70
Zu 6.2.3 Bauteile mit rechnerisch erforderlicher Querkraftbewehrung .....	74
Zu 6.2.4 Schubkräfte zwischen Balkensteg und Gurten .....	80
Zu 6.2.5 Schubkraftübertragung in Fugen.....	82
<b>Zu 6.3 Torsion .....</b>	<b>87</b>
Zu 6.3.1 Allgemeines.....	87
Zu 6.3.2 Nachweisverfahren.....	87
<b>Zu 6.4 Durchstanzen.....</b>	<b>89</b>
Zu 6.4.1 Allgemeines.....	89
Zu 6.4.2 Lasteinleitung und Nachweisschnitte .....	90
Zu 6.4.3 Nachweisverfahren.....	93
Zu 6.4.4 Durchstanzwiderstand für Platten oder Fundamente ohne Durchstanzbewehrung .....	99
Zu 6.4.5 Durchstanztragfähigkeit für Platten oder Fundamente mit Durchstanzbewehrung .....	103
<b>Zu 6.5 Stabwerkmodelle .....</b>	<b>109</b>
Zu 6.5.1 Allgemeines.....	109
Zu 6.5.2 Bemessung der Druckstreben.....	109
Zu 6.5.3 Bemessung der Zugstreben.....	110
Zu 6.5.4 Bemessung der Knoten.....	113
<b>Zu 6.7 Teilflächenbelastung .....</b>	<b>114</b>
<b>Zu 6.8 Nachweis gegen Ermüdung.....</b>	<b>115</b>
Zu 6.8.1 Allgemeines.....	115
Zu 6.8.2 Innere Kräfte und Spannungen beim Nachweis gegen Ermüdung.....	115
Zu 6.8.4 Nachweisverfahren für Betonstahl und Spannstahl.....	116
Zu 6.8.5 Nachweis gegen Ermüdung über schädigungsäquivalente Schwingbreiten .....	117
Zu 6.8.6 Vereinfachte Nachweise .....	117
Zu 6.8.7 Nachweis gegen Ermüdung des Betons unter Druck oder Querkraftbeanspruchung .....	118
<b>Zu 7 NACHWEISE IN DEN GRENZZUSTÄNDEN DER GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT .....</b>	<b>119</b>
<b>Zu 7.2 Begrenzung der Spannungen.....</b>	<b>119</b>
<b>Zu 7.3 Begrenzung der Rissbreiten .....</b>	<b>119</b>
Zu 7.3.1 Allgemeines.....	119
Zu 7.3.2 Mindestbewehrung für die Begrenzung der Rissbreite .....	122
Zu 7.3.3 Begrenzung der Rissbreite ohne direkte Berechnung .....	127
Zu 7.3.4 Berechnung der Rissbreite.....	128
<b>Zu 7.4 Begrenzung der Verformungen.....</b>	<b>130</b>
Zu 7.4.1 Allgemeines.....	130
Zu 7.4.2 Nachweis der Begrenzung der Verformungen ohne direkte Berechnung .....	131
Zu 7.4.3 Nachweis der Begrenzung der Verformungen mit direkter Berechnung .....	134
<b>Zu 8 ALLGEMEINE BEWEHRUNGSREGELN.....</b>	<b>138</b>
<b>Zu 8.1 Allgemeines .....</b>	<b>138</b>
<b>Zu 8.2 Stababstände von Betonstählen .....</b>	<b>138</b>
<b>Zu 8.3 Biegen von Betonstählen.....</b>	<b>138</b>
<b>Zu 8.4 Verankerung der Längsbewehrung .....</b>	<b>138</b>
Zu 8.4.1 Allgemeines .....	138
Zu 8.4.2 Bemessungswert der Verbundfestigkeit .....	139
Zu 8.4.3 Grundwert der Verankerungslänge .....	139
Zu 8.4.4 Bemessungswert der Verankerungslänge .....	140
<b>Zu 8.5 Verankerung von Bügeln und Querkraftbewehrung .....</b>	<b>142</b>
<b>Zu 8.6 Verankerung mittels angeschweißter Stäbe .....</b>	<b>144</b>
<b>Zu 8.7 Stöße und mechanische Verbindungen .....</b>	<b>144</b>
Zu 8.7.2 Stöße .....	144
Zu 8.7.3 Übergreifungslänge .....	144
Zu 8.7.4 Querbewehrung im Bereich der Übergreifungsstöße .....	146
Zu 8.7.4.1 Querbewehrung für Zugstäbe .....	146
Zu 8.7.4.2 Querbewehrung für Druckstäbe .....	148

Zu 8.7.5 Stöße von Betonstahlmatten aus Rippenstahl.....	148
Zu 8.7.5.1 Stöße der Hauptbewehrung .....	148
<b>Zu 8.8 Zusätzliche Regeln bei großen Stabdurchmessern.....</b>	<b>149</b>
<b>Zu 8.10 Spannglieder.....</b>	<b>149</b>
Zu 8.10.2 Verankerung von Spanngliedern im sofortigen Verbund .....	149
Zu 8.10.2.2 Übertragung der Vorspannung .....	149
Zu 8.10.2.3 Verankerung der Spannglieder in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit.....	151
Zu 8.10.3 Verankerungsbereiche bei Spanngliedern im nachträglichen oder ohne Verbund .....	154
Zu 8.10.4 Verankerungen und Spanngliedkopplungen für Spannglieder .....	154
<b>Zu 9 KONSTRUKTIONSREGELN .....</b>	<b>155</b>
<b>Zu 9.2 Balken .....</b>	<b>155</b>
Zu 9.2.1 Längsbewehrung.....	155
Zu 9.2.1.1 Mindestbewehrung und Höchstbewehrung .....	155
Zu 9.2.1.2 Weitere Konstruktionsregeln .....	156
Zu 9.2.1.3 Zugkraftdeckung .....	156
Zu 9.2.1.4 Verankerung der unteren Bewehrung an Endauflagern.....	157
Zu 9.2.1.5 Verankerung der unteren Bewehrung an Zwischenauflagern.....	157
Zu 9.2.2 Querkraftbewehrung .....	157
Zu 9.2.3 Torsionsbewehrung.....	158
zu 9.2.5 Indirekte Auflager.....	159
<b>Zu 9.3 Vollplatten.....</b>	<b>160</b>
Zu 9.3.1 Biegebewehrung .....	160
Zu 9.3.1.1 Allgemeines .....	160
Zu 9.3.2 Querkraftbewehrung .....	160
<b>Zu 9.4 Flachdecken .....</b>	<b>161</b>
Zu 9.4.1 Flachdecken im Bereich von Innenstützen .....	161
Zu 9.4.2 Flachdecken im Bereich von Randstützen.....	161
Zu 9.4.3 Durchstanzbewehrung .....	162
<b>Zu 9.5 Stützen .....</b>	<b>163</b>
Zu 9.5.2 Längsbewehrung.....	163
Zu 9.5.3 Querbewehrung.....	163
<b>Zu 9.6 Wände .....</b>	<b>164</b>
Zu 9.6.3 Horizontale Bewehrung .....	164
Zu 9.6.4 Querbewehrung.....	164
<b>Zu 9.7 Wandartige Träger .....</b>	<b>164</b>
<b>Zu 9.8 Gründungen .....</b>	<b>165</b>
Zu 9.8.4 Einzelfundament auf Fels.....	165
Zu 9.8.5 Bohrpfähle .....	165
<b>Zu 9.10 Schadensbegrenzung bei außergewöhnlichen Ereignissen .....</b>	<b>165</b>
Zu 9.10.2 Ausbildung von Zugankern .....	165
Zu 9.10.2.2 Ringanker .....	165
Zu 9.10.2.3 Innenliegende Zuganker.....	165
Zu 9.10.2.4 Horizontale Stützen- und Wandzuganker.....	165
<b>Zu 10 ZUSÄTZLICHE REGELN FÜR BAUTEILE UND TRAGWERKE AUS FERTIGTEILEN.....</b>	<b>166</b>
<b>Zu 10.1 Allgemeines .....</b>	<b>166</b>
<b>Zu 10.2 Grundlagen für die Tragwerksplanung .....</b>	<b>166</b>
<b>Zu 10.3 Baustoffe .....</b>	<b>166</b>
Zu 10.3.1 Beton .....	166
Zu 10.3.1.1 Festigkeiten .....	166
Zu 10.3.2 Spannstahl .....	166
Zu 10.3.2.1 Eigenschaften .....	166
<b>Zu NA.10.4 Dauerhaftigkeit und Betondeckung .....</b>	<b>167</b>
<b>Zu 10.9 Bemessungs- und Konstruktionsregeln.....</b>	<b>167</b>
Zu 10.9.2 Wand-Decken-Verbindungen.....	167
Zu 10.9.3 Deckensysteme.....	167
Zu 10.9.4 Verbindungen und Lager für Fertigteile .....	168
Zu 10.9.4.3 Verbindungen zur Druckkraft-Übertragung .....	168
Zu 10.9.4.6 Ausgeklinkte Auflager .....	169

Zu 10.9.4.7 Verankerung der Längsbewehrung an Auflagern.....	169
Zu 10.9.5 Lager .....	170
Zu 10.9.5.1 Allgemeines .....	170
Zu 10.9.5.2 Lager für verbundene Bauteile (Nicht-Einzelbauteile).....	171
Zu 10.9.6 Köcherfundamente .....	171
Zu 10.9.6.1 Allgemeines .....	171
Zu 10.9.6.2 Köcherfundamente mit profiliert Oberfläche.....	171
Zu NA.10.9.8 Zusätzliche Konstruktionsregeln für Fertigteile.....	172
<b>Zu 11 ZUSÄTZLICHE REGELN FÜR BAUTEILE UND TRAGWERKE AUS LEICHTBETON .....</b>	<b>173</b>
Zu 11.1.1 Geltungsbereich .....	173
Zu 11.3 Baustoffe .....	173
Zu 11.3.2 Elastische Verformungseigenschaften.....	173
Zu 11.3.3 Kriechen und Schwinden .....	173
Zu 11.3.4 Spannungs-Dehnungs-Linie für nichtlineare Verfahren und für Verformungsberechnungen.....	173
Zu 11.3.5 Bemessungswerte für Druck- und Zugfestigkeiten .....	173
<b>Zu 11.4 Dauerhaftigkeit und Betondeckung .....</b>	<b>173</b>
Zu 11.4.1 Umgebungseinflüsse.....	173
Zu 11.4.2 Betondeckung .....	173
<b>Zu 11.5 Ermittlung der Schnittgrößen .....</b>	<b>174</b>
Zu 11.5.1 Vereinfachter Nachweis der plastischen Rotation .....	174
Zu NA.11.5.2 Linear-elastische Berechnung.....	174
Zu 11.6.7 Teilflächenbelastung .....	174
Zu 11.6.8 Nachweis gegen Ermüdung .....	174
<b>Zu 11.8 Allgemeine Bewehrungsregeln.....</b>	<b>174</b>
Zu 11.8.1 Zulässige Biegerollendurchmesser .....	174
Zu 11.8.2 Bemessungswert der Verbundfestigkeit .....	174
<b>Zu 11.9 Konstruktionsregeln .....</b>	<b>174</b>
<b>Zu 12 TRAGWERKE AUS UNBEWEHRTEM ODER GERING BEWEHRTEM BETON.....</b>	<b>175</b>
<b>Zu 12.3 Baustoffe.....</b>	<b>175</b>
Zu 12.3.1 Beton .....	175
<b>Zu 12.6 Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit (GZT).....</b>	<b>175</b>
Zu 12.6.5 Auswirkungen von Verformungen nach Theorie II. Ordnung .....	175
Zu 12.6.5.1 Schlankheit von Einzeldruckgliedern und Wänden .....	175
Zu 12.6.5.2 Vereinfachtes Verfahren für Einzeldruckglieder und Wände .....	175
<b>Zu 12.9 Konstruktionsregeln .....</b>	<b>175</b>
Zu 12.9.3 Streifen- und Einzelfundamente .....	175
<b>ZU DEN ANHÄNGEN.....</b>	<b>177</b>
<b>Zu Anhang A: Modifikation von Teilsicherheitsbeiwerten für Baustoffe.....</b>	<b>177</b>
<b>Zu Anhang B: Kriechen und Schwinden .....</b>	<b>177</b>
<b>Zu Anhang C: Eigenschaften des Betonstahls .....</b>	<b>178</b>
<b>Zu Anhang D: Genauere Methode zur Berechnung von Spannkraftverlusten aus Relaxation.....</b>	<b>178</b>
<b>Zu Anhang E: Indikative Mindestfestigkeitsklassen zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit.....</b>	<b>178</b>
<b>Zu Anhang F: Gleichungen für Zugbewehrung für den ebenen Spannungszustand .....</b>	<b>178</b>
<b>Zu Anhang G: Boden-Bauwerk-Interaktion.....</b>	<b>179</b>
<b>Zu Anhang H: Nachweise am Gesamttragwerk nach Theorie II. Ordnung .....</b>	<b>179</b>
<b>Zu Anhang I: Ermittlung der Schnittgrößen bei Flachdecken und Wandscheiben .....</b>	<b>179</b>
<b>Zu Anhang J: Konstruktionsregeln für ausgewählte Beispiele .....</b>	<b>179</b>
<b>Zu J.1 Oberflächenbewehrung .....</b>	<b>179</b>
<b>Zu J.2 Rahmenecken und J.3 Konsolen.....</b>	<b>179</b>
<b>Zu NA.J.4 Oberflächenbewehrung bei vorgespannten Bauteilen .....</b>	<b>187</b>
<b>Zitierte Normen und Regelwerke .....</b>	<b>188</b>
<b>DAfStb- Hefte (Deutscher Ausschuss für Stahlbeton) .....</b>	<b>191</b>

<b>DBV-Merkblätter (Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein E. V.)</b> .....	<b>193</b>
<b>FDB-Merkblätter (Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbau e.V.)</b> .....	<b>193</b>
<b>Literatur nach Abschnitten geordnet</b> .....	<b>194</b>