

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Einführung | 1 |
| 1.1 | Inhalt und Anwendungsbereich des Eurocode 2 | 1 |
| 1.2 | Bautechnische Unterlagen..... | 3 |
| 1.3 | Inhalt einer prüffähigen statischen Berechnung..... | 4 |
| 1.4 | Wichtige Angaben in Bewehrungszeichnungen | 4 |
| 1.5 | Hinweise zur Tragwerksbemessung für den Brandfall | 5 |
| 1.6 | Symbole und Abkürzungen (Auswahl)..... | 7 |
| 2 | Das Beispielprojekt..... | 9 |
| 2.1 | Baubeschreibung..... | 9 |
| 2.2 | Ansicht, Grundriss und Schnitt des Gebäudes | 9 |
| 2.3 | Wesentliche Nachweise in den einzelnen Kapiteln | 11 |
| 3 | Lastermittlung und Aussteifung..... | 13 |
| 3.1 | Allgemeines, System und Bauteilmaße..... | 13 |
| 3.2 | Einwirkungen | 14 |
| 3.2.1 | Vertikallasten aus Decken..... | 14 |
| 3.2.2 | Vertikallasten (Stützen, Wände, Unterzug, Fassade)..... | 16 |
| 3.2.3 | Lastzusammenstellung | 17 |
| 3.2.4 | Vertikale veränderliche Einwirkungen mit Abminderung.. | 21 |
| 3.2.5 | Horizontallasten aus Wind..... | 23 |
| 3.2.6 | Horizontallasten aus Imperfektion auf Wandscheiben | 27 |
| 3.2.7 | Horizontallasten aus Imperfektion auf Deckenscheiben.... | 29 |
| 3.3 | Räumliche Steifigkeit und Stabilität | 31 |
| 3.3.1 | Allgemeines | 31 |
| 3.3.2 | Querschnittswerte der aussteifenden Wandscheiben | 33 |
| 3.3.3 | Aussteifungskriterium Seitensteifigkeit..... | 34 |
| 3.3.4 | Aussteifungskriterium Verdrehsteifigkeit..... | 34 |
| 3.3.5 | Betonzugsspannungen der aussteifenden Wandscheiben.... | 38 |
| 3.3.6 | Betonzugsspannungen der Wandscheiben W 1 und W 2 ... | 38 |
| 3.3.7 | Betonspannungen für Wandscheibe W 3 | 41 |
| 3.4 | Aufteilung der Horizontalkräfte | 43 |
| 3.5 | Bemessung der Wandscheibe W 3 im Erdgeschoss..... | 45 |
| 3.5.1 | Zusammenstellung der Einwirkungen | 45 |
| 3.5.2 | Bemessungswerte der Baustoffe | 46 |
| 3.5.3 | Mindestbewehrung für Stahlbetonwände | 47 |
| 3.5.4 | Bemessung der Wandscheibe W 3..... | 48 |
| 3.6 | Bemessung der aussteifenden Deckenscheibe | 51 |
| 3.7 | Brandschutznachweis der Wandscheibe W 3 | 53 |
| 3.8 | Bewehrungsplan der aussteifenden Wandscheibe W 3 | 54 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 4 | Bemessung einer Flachdecke | 55 |
| 4.1 | Allgemeines | 55 |
| 4.2 | System und Bauteilmaße..... | 55 |
| 4.3 | Betonfestigkeitsklasse, Betondeckung, Verlegemaße | 56 |
| 4.4 | Erforderliche Plattendicke..... | 57 |
| 4.5 | Einwirkungen | 58 |
| 4.5.1 | Charakteristische Werte der Einwirkungen | 58 |
| 4.5.2 | Bemessungswerte der Einwirkungen..... | 58 |
| 4.6 | Schnittgrößenermittlung mithilfe eines FEM-Programms..... | 59 |
| 4.6.1 | Vorbemerkungen | 59 |
| 4.6.2 | Schnittgrößenermittlung (Gebrauchstauglichkeit)..... | 60 |
| 4.6.3 | Schnittgrößenermittlung (Tragfähigkeit)..... | 61 |
| 4.7 | Schnittgrößenermittlung mit der Gurtstreifenmethode | 67 |
| 4.8 | Vergleich der FEM-Berechnung mit der Gurtstreifenmethode | 71 |
| 4.9 | Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit für Biegung..... | 72 |
| 4.10 | Nachweis im Grenzzustand der Tragfähigkeit für Durchstanzen | 75 |
| 4.10.1 | Innenstütze ST-B5 | 75 |
| 4.10.2 | Randstütze ST-C2 | 83 |
| 4.10.3 | Eckstütze ST-C1 | 84 |
| 4.10.4 | Wandscheibe W 1 | 85 |
| 4.11 | Querkraftbemessung außerhalb der Durchstanzbereiche..... | 86 |
| 4.12 | Nachweis im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit..... | 89 |
| 4.12.1 | Spannungsbegrenzung unter Gebrauchsbedingungen | 89 |
| 4.12.2 | Begrenzung der Rissbreite | 89 |
| 4.12.3 | Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite | 90 |
| 4.12.4 | Begrenzung der Rissbreite (stat. erf. Bewehrung) | 90 |
| 4.12.5 | Begrenzung der Verformungen | 91 |
| 4.13 | Bewehrungsführung und bauliche Durchbildung | 93 |
| 4.13.1 | Versatzmaß | 93 |
| 4.13.2 | Grundmaß der Verankerungslänge | 93 |
| 4.13.3 | Verankerung (Rand-, Eckstützen und Wandscheiben) | 94 |
| 4.13.4 | Verankerung (Innenstützen) | 99 |
| 4.13.5 | Verankerung außerhalb der Auflager | 101 |
| 4.13.6 | Mindestbewehrung (Duktilität)..... | 101 |
| 4.14 | Brandschutznachweis der Flachdecke | 102 |
| 4.15 | Bewehrungsplan der Regelgeschossflachdecke..... | 103 |
| 5 | Bemessung der Deckenplatte im Kellergeschoss..... | 109 |
| 5.1 | Allgemeines | 109 |
| 5.2 | System und Bauteilmaße..... | 109 |
| 5.3 | Effektive Stützweiten..... | 109 |
| 5.4 | Betonfestigkeitsklasse, Betondeckung, Verlegemaße | 110 |
| 5.5 | Erforderliche Plattendicke..... | 110 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 5.6 | Einwirkungen | 111 |
| 5.6.1 | Charakteristische Werte der Einwirkungen | 111 |
| 5.6.2 | Bemessungswerte der Einwirkungen..... | 112 |
| 5.7 | Schnittgrößenermittlung..... | 113 |
| 5.7.1 | Grenzzustände der Tragfähigkeit..... | 113 |
| 5.7.2 | Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit..... | 113 |
| 5.7.3 | Schnittgrößenumlagerung über dem Innenauflager..... | 114 |
| 5.8 | Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit..... | 115 |
| 5.8.1 | Bemessungswerte der Baustoffe | 115 |
| 5.8.2 | Biegebemessung | 116 |
| 5.8.3 | Querkraftbemessung | 120 |
| 5.9 | Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit | 123 |
| 5.9.1 | Spannungsbegrenzung unter Gebrauchsbedingungen | 123 |
| 5.9.2 | Begrenzung der Rissbreite | 123 |
| 5.9.3 | Begrenzung der Verformungen..... | 125 |
| 5.10 | Bewehrungsführung und bauliche Durchbildung | 126 |
| 5.10.1 | Versatzmaß | 126 |
| 5.10.2 | Grundmaß der Verankerungslänge | 126 |
| 5.10.3 | Verankerungslänge der Längsbewehrung..... | 126 |
| 5.10.4 | Verankerung außerhalb der Auflager..... | 128 |
| 5.10.5 | Mindestbewehrung (Duktilität)..... | 128 |
| 5.10.6 | Einspannbewehrung am Endauflager | 129 |
| 5.11 | Brandschutznachweis der Deckenplatte..... | 129 |
| 5.12 | Bewehrungsplan der Deckenplatte (Teilfertigteildecke) | 130 |
| 5.13 | Bewehrungsplan der Deckenplatte (Ortbetondecke) | 133 |
| 6 | Bemessung des Stahlbetonunterzuges im Kellergeschoss ... | 137 |
| 6.1 | Allgemeines..... | 137 |
| 6.2 | System und Bauteilmaße..... | 137 |
| 6.3 | Effektive Stützweiten | 137 |
| 6.4 | Betonfestigkeitsklasse, Betondeckung, Verlegemaße..... | 138 |
| 6.5 | Erforderliche Bauteildicke | 138 |
| 6.6 | Einwirkungen | 139 |
| 6.7 | Schnittgrößenermittlung..... | 140 |
| 6.7.1 | Grenzzustände der Tragfähigkeit..... | 140 |
| 6.7.2 | Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit..... | 140 |
| 6.8 | Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit..... | 141 |
| 6.8.1 | Bemessungswerte der Baustoffe | 141 |
| 6.8.2 | Biegebemessung | 141 |
| 6.8.3 | Querkraftbemessung | 148 |
| 6.8.4 | Schubkräfte zwischen Balkensteg und Gurten | 153 |
| 6.9 | Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit | 156 |
| 6.9.1 | Spannungsbegrenzung unter Gebrauchsbedingungen | 156 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 6.9.2 | Begrenzung der Rissbreite | 156 |
| 6.9.3 | Begrenzung der Verformungen | 160 |
| 6.10 | Bewehrungsführung und bauliche Durchbildung | 160 |
| 6.10.1 | Versatzmaß | 160 |
| 6.10.2 | Grundmaß der Verankerungslänge | 161 |
| 6.10.3 | Verankerung der Bewehrung am Endauflager A u. D | 161 |
| 6.10.4 | Verankerung der Feldbewehrung am Auflager B u. C | 162 |
| 6.10.5 | Verankerung der Stützbewehrung am Auflager B u. C | 162 |
| 6.10.6 | Verankerung mit oben offenen Bügeln..... | 162 |
| 6.11 | Zugkraftdeckung | 163 |
| 6.12 | Brandschutznachweis des Unterzuges | 164 |
| 6.12.1 | Brandschutznachweis mit dem Tabellenverfahren | 164 |
| 6.12.2 | Brandschutznachweis mit dem vereinfachten Rechenverfahren (Zonenmethode) | 164 |
| 6.13 | Bewehrungsplan des Stahlbetonunterzuges..... | 168 |
| 7 | Bemessung der Innenstütze im Erdgeschoss | 171 |
| 7.1 | Allgemeines, System und Bauteilmaße | 171 |
| 7.2 | Betonfestigkeitsklasse, Betondeckung, Verlegemaße | 172 |
| 7.3 | Bemessungswerte (Grenzzustände der Tragfähigkeit) | 172 |
| 7.4 | Schnittgrößenermittlung (Grenzzustände der Tragfähigkeit) | 173 |
| 7.5 | Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit..... | 173 |
| 7.5.1 | Bemessungswerte der Baustoffe | 173 |
| 7.5.2 | Knicklänge der Stütze und Grenzschlankheiten | 174 |
| 7.5.3 | Imperfektionen (ungewollte Lastausmitte e_1) | 175 |
| 7.5.4 | Planmäßige Lastausmitte e_0 nach Theorie I. Ordnung | 175 |
| 7.5.5 | Zusätzliche Lastausmitte e_2 infolge Theorie II. Ordnung. | 175 |
| 7.5.6 | Gesamtausmitte e_{tot} | 176 |
| 7.5.7 | Mindest- und Höchstwert der Längsbewehrung | 176 |
| 7.5.8 | Bemessung der Innenstütze im Erdgeschoss | 177 |
| 7.6 | Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit | 181 |
| 7.7 | Bewehrungsführung und bauliche Durchbildung | 181 |
| 7.7.1 | Übergreifungslänge der Längsstäbe..... | 181 |
| 7.7.2 | Querbewehrung..... | 182 |
| 7.8 | Brandschutznachweis der Innenstütze | 184 |
| 7.8.1 | Ergebnisse der Kaltbemessung | 184 |
| 7.8.2 | Einwirkungen im Brandfall | 184 |
| 7.8.3 | Nachweis nach DIN EN 1992-1-2 mit Tabelle 5.2a | 184 |
| 7.8.4 | Nachweis nach DIN EN 1992-1-2 mit Gleichung 5.7 | 187 |
| 7.9 | Bewehrungsplan der Innenstütze | 189 |
| 8 | Bemessung der Randstütze im Erdgeschoss..... | 191 |
| 8.1 | Allgemeines, System und Bauteilmaße | 191 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 8.2 | Betonfestigkeitsklasse, Betondeckung, Verlegemaße..... | 192 |
| 8.3 | Bemessungswerte (Grenzzustände der Tragfähigkeit)..... | 192 |
| 8.4 | Schnittgrößenermittlung (Grenzzustände der Tragfähigkeit) | 193 |
| 8.5 | Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit..... | 196 |
| 8.5.1 | Bemessungswerte der Baustoffe | 196 |
| 8.5.2 | Ersatzlänge der Stütze und Grenzschlankheiten | 196 |
| 8.5.3 | Imperfektionen | 198 |
| 8.5.4 | Planmäßige Ausmitte nach Theorie I. Ordnung | 198 |
| 8.5.5 | Zusätzliche Ausmitte nach Theorie II. Ordnung..... | 198 |
| 8.5.6 | Gesamtausmitte | 199 |
| 8.5.7 | Mindest- und Höchstwert der Längsbewehrung | 199 |
| 8.5.8 | Bemessung der Randstütze im Erdgeschoss | 200 |
| 8.5.9 | Bemessung für die Aufnahme der Randmomente | 201 |
| 8.6 | Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit | 202 |
| 8.7 | Bewehrungsführung und bauliche Durchbildung | 202 |
| 8.7.1 | Übergreifungslänge der Längsstäbe..... | 202 |
| 8.7.2 | Querbewehrung..... | 203 |
| 8.7.3 | Übergreifungslänge der Stützbewehrung..... | 204 |
| 8.8 | Brandschutznachweis der Randstütze | 206 |
| 8.8.1 | Ergebnisse der Kaltbemessung | 206 |
| 8.8.2 | Einwirkungen im Brandfall..... | 206 |
| 8.8.3 | Nachweis nach DIN EN 1992-1-2 mit Tabelle 5.2a | 206 |
| 8.8.4 | Nachweis nach DIN EN 1992-1-2 mit Gleichung 5.7 | 208 |
| 8.9 | Bewehrungsplan der Randstütze | 210 |
| 9 | Bemessung einer Stahlbetontreppe im Regelgeschoss..... | 213 |
| 9.1 | Allgemeines, System und Bauteilmaße..... | 213 |
| 9.2 | Betonfestigkeitsklasse, Betondeckung, Verlegemaße..... | 214 |
| 9.3 | Bemessung des Treppenlaufs | 214 |
| 9.3.1 | Statisches System..... | 214 |
| 9.3.2 | Einwirkungen | 215 |
| 9.3.3 | Schnittgrößenermittlung und Biegebemessung | 216 |
| 9.4 | Bemessung des Treppenpodests..... | 218 |
| 9.4.1 | Statisches System..... | 218 |
| 9.4.2 | Einwirkungen | 218 |
| 9.4.3 | Schnittgrößenermittlung und Biegebemessung | 219 |
| 9.4.4 | Querkraftbemessung | 220 |
| 9.5 | Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit | 221 |
| 9.5.1 | Spannungsbegrenzung unter Gebrauchsbedingungen | 221 |
| 9.5.2 | Begrenzung der Rissbreite | 221 |
| 9.5.3 | Begrenzung der Verformung | 222 |
| 9.6 | Bewehrungsführung und bauliche Durchbildung | 223 |
| 9.6.1 | Versatzmaß | 223 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 9.6.2 | Grundmaß der Verankerungslänge | 223 |
| 9.6.3 | Verankerungslänge der Längsbewehrung (Podest) | 224 |
| 9.6.4 | Verankerungslänge der Längsbewehrung (Lauf) | 225 |
| 9.6.5 | Übergreifungslänge der Längsbewehrung (Lauf) | 225 |
| 9.7 | Bewehrungsplan der Stahlbetontreppe..... | 226 |
| 10 | Bemessung der Stahlbetonaußenwand im Kellergeschoß ... | 229 |
| 10.1 | Allgemeines | 229 |
| 10.2 | System und Bauteilmaße..... | 229 |
| 10.3 | Betonfestigkeitsklasse, Betondeckung, Verlegemaße | 230 |
| 10.4 | Erforderliche Bauteildicke | 230 |
| 10.5 | Einwirkungen..... | 231 |
| 10.5.1 | Charakteristische Werte | 231 |
| 10.5.2 | Bemessungswerte..... | 232 |
| 10.6 | Schnittgrößenermittlung | 234 |
| 10.6.1 | Grenzzustände der Tragfähigkeit..... | 234 |
| 10.6.2 | Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit..... | 234 |
| 10.7 | Nachweise in den Grenzzuständen der Tragfähigkeit..... | 235 |
| 10.7.1 | Bemessungswerte der Baustoffe | 235 |
| 10.7.2 | Biegebemessung | 235 |
| 10.7.3 | Querkraftbemessung | 236 |
| 10.8 | Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit | 237 |
| 10.8.1 | Spannungsbegrenzung unter Gebrauchsbedingungen | 237 |
| 10.8.2 | Begrenzung der Rissbreite | 237 |
| 10.8.3 | Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite | 238 |
| 10.8.4 | Begrenzung der Rissbreite (statisch erf. Bewehrung) | 239 |
| 10.9 | Berechnung des Einspannmoments | 240 |
| 10.10 | Bewehrungsführung und bauliche Durchbildung | 242 |
| 10.10.1 | Grundmaß der Verankerungslänge | 242 |
| 10.10.2 | Übergreifungslänge der Mattenbewehrung | 243 |
| 10.10.3 | Übergreifungslänge der Stabstahlbewehrung | 243 |
| 10.11 | Bewehrungsplan für die Stahlbetonwand im Kellergeschoß | 245 |
| 11 | Nachweis der Bodenplatte..... | 247 |
| 11.1 | Allgemeines | 247 |
| 11.2 | System und Bauteilmaße..... | 248 |
| 11.3 | Mindestfestigkeitsklasse, Betondeckung | 248 |
| 11.4 | Einwirkungen | 250 |
| 11.4.1 | Vertikallasten (Charakteristische Werte)..... | 250 |
| 11.4.2 | Veränderliche Einwirkungen (Wind und Imperfektion)... | 254 |
| 11.5 | Schnittgrößenermittlung | 255 |
| 11.6 | Nachweis der Auftriebssicherheit | 256 |
| 11.7 | Biege- und Querkraftbemessung..... | 257 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 11.8 | Durchstanznachweis der Bodenplatte | 258 |
| 11.9 | Scheibenbeanspruchung der Kellerwand | 267 |
| 11.10 | Nachweise in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit | 270 |
| 11.10.1 | Spannungsbegrenzungen unter Gebrauchsbedingungen... | 270 |
| 11.10.2 | Allgemeines zur Begrenzung der Rissbreite..... | 270 |
| 11.10.3 | Bestimmung der zulässigen Rissbreite | 270 |
| 11.10.4 | Rissbreitennachweis für die statisch erf. Bewehrung | 271 |
| 11.10.5 | Mindestbewehrung zur Begrenzung der Rissbreite | 272 |
| 11.11 | Hinweise zur Ausführung der Bodenplatte | 276 |
| 11.12 | Bewehrungsführung und bauliche Durchbildung | 276 |
| 11.13 | Bewehrungspläne | 277 |
| 12 | Building Information Modeling (BIM) | 283 |
| 12.1 | Einführung..... | 283 |
| 12.2 | Grundlagen des Building Information Modeling (BIM)..... | 285 |
| 12.2.1 | Einsatzvarianten von BIM | 285 |
| 12.2.2 | Detaillierungsgrad des Modells | 286 |
| 12.2.3 | Dimensionen des Modells..... | 287 |
| 12.2.4 | Kommunikation zwischen den Projektbeteiligten | 288 |
| 12.2.5 | Aufwandsänderung in der Planung mit BIM | 288 |
| 12.3 | Vorteile von BIM | 289 |
| 13 | BIM in der Tragwerksplanung..... | 291 |
| 13.1 | Einführung..... | 291 |
| 13.2 | Modell-Austausch im Planungsprozess | 291 |
| 13.3 | Geometrisches und analytisches Modell | 294 |
| 13.4 | Statische Analyse von Gebäuden mit 3D-Modellen | 296 |
| 13.5 | Ausblick | 300 |
| 14 | Kontrolle von Berechnungsergebnissen | 301 |
| 14.1 | Kontrolle von Schnittgrößen und Auflagerkräfte | 301 |
| 14.1.1 | Eindeutige Kennzeichnung der Schnittgrößen und Auflagergrößen | 302 |
| 14.1.2 | Nachvollziehbarkeit der maßgebenden Schnittgrößen- kombination bzw. Abschätzung der unabhängigen veränderlichen Leiteinwirkung | 302 |
| 14.2 | Besonderheiten bei FEM-Berechnungen | 305 |
| 14.2.1 | Globale Überprüfung der Vertikallasten..... | 305 |
| 14.2.2 | Überprüfung der Stützenlasten | 305 |
| 14.2.3 | Ermittlung der Feld- und Stützmomente der Platte | 306 |

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--------------------------------------|------------|
| 15 Literatur | 309 |
| 16 Stichwortverzeichnis | 313 |