

# Inhaltsverzeichnis

|          |                                                                   |           |
|----------|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einführung</b>                                                 | <b>1</b>  |
| 1.1      | Geschichtliches . . . . .                                         | 2         |
| 1.1.1    | Vorwort aus Vitruv – De Architectura 27 v. Chr. . . . .           | 2         |
| 1.1.2    | Seit wann gibt es Beton? . . . . .                                | 4         |
| 1.1.3    | Seit wann gibt es Faserbeton? . . . . .                           | 6         |
| 1.2      | Grundgedanken . . . . .                                           | 7         |
| 1.2.1    | Klassifizierung des Baustoffes . . . . .                          | 7         |
| 1.2.2    | Brandverhalten des Baustoffes . . . . .                           | 9         |
| 1.2.3    | Bemessung des Baustoffes . . . . .                                | 9         |
| 1.2.4    | Forderung an die Normung bzw. auch an die Bauwirtschaft . . . . . | 10        |
| 1.3      | Normen und Richtlinien . . . . .                                  | 12        |
| 1.3.1    | Normen . . . . .                                                  | 12        |
| 1.3.2    | Richtlinien . . . . .                                             | 12        |
| <b>2</b> | <b>Definitionen</b>                                               | <b>15</b> |
| 2.1      | Begriffe . . . . .                                                | 15        |
| 2.2      | Zeichen . . . . .                                                 | 16        |
| 2.3      | Einheiten . . . . .                                               | 20        |
| <b>3</b> | <b>Beton</b>                                                      | <b>21</b> |
| 3.1      | Betonarten . . . . .                                              | 21        |
| 3.2      | Betonklassen . . . . .                                            | 22        |
| 3.3      | erweiterte Kennwerte . . . . .                                    | 25        |
| 3.4      | Zement . . . . .                                                  | 27        |
| 3.5      | Gesteinskörnungen (Zuschlag) . . . . .                            | 29        |
| 3.6      | Wasser . . . . .                                                  | 32        |
| 3.7      | Betonzusätze . . . . .                                            | 32        |
| 3.7.1    | Betonzusatzstoffe . . . . .                                       | 32        |
| 3.7.2    | Betonzusatzmittel . . . . .                                       | 32        |
| 3.8      | Betoneigenschaften . . . . .                                      | 33        |
| 3.8.1    | Betonarten . . . . .                                              | 33        |
| 3.8.2    | Einwirkungen auf den Beton . . . . .                              | 34        |

|          |                                                   |           |
|----------|---------------------------------------------------|-----------|
| 3.8.3    | Konsistenz . . . . .                              | 37        |
| 3.8.4    | Kurzbezeichnungen . . . . .                       | 37        |
| 3.8.5    | Schwinden . . . . .                               | 38        |
| 3.9      | Umweltverträglichkeit . . . . .                   | 44        |
| <b>4</b> | <b>Fasern</b>                                     | <b>47</b> |
| 4.1      | Allgemeines . . . . .                             | 47        |
| 4.2      | Kunststofffasern . . . . .                        | 48        |
| 4.2.1    | Mikrofasern . . . . .                             | 48        |
| 4.2.2    | Makrofasern . . . . .                             | 49        |
| 4.3      | Stahlfasern . . . . .                             | 50        |
| 4.3.1    | Hakenform . . . . .                               | 52        |
| 4.3.2    | Wellenform . . . . .                              | 53        |
| 4.3.3    | Gestauchte Form . . . . .                         | 53        |
| 4.4      | Glasfasern . . . . .                              | 54        |
| 4.4.1    | alkaliresistente Fasern . . . . .                 | 54        |
| 4.4.2    | Nicht alkaliresistente Fasern . . . . .           | 57        |
| 4.5      | Naturfasern . . . . .                             | 57        |
| 4.5.1    | Pflanzenfasern . . . . .                          | 57        |
| 4.5.2    | Tierfasern . . . . .                              | 57        |
| <b>5</b> | <b>FB-Verarbeitung</b>                            | <b>59</b> |
| 5.1      | anzuwendende Betonsorten . . . . .                | 59        |
| 5.2      | Zusatzstoffe für den Pumpbeton . . . . .          | 59        |
| 5.3      | gebräuchliche Dosierungen . . . . .               | 60        |
| 5.4      | Zugabe der Fasern . . . . .                       | 60        |
| 5.5      | Igelbildung . . . . .                             | 62        |
| 5.6      | Einbau von Faserbeton . . . . .                   | 63        |
| 5.6.1    | im Hoch- und Tiefbau . . . . .                    | 63        |
| 5.6.2    | bei Faserspritzbeton . . . . .                    | 67        |
| 5.7      | unterschiedliche Fasermaterialien . . . . .       | 70        |
| 5.7.1    | Kunststofffaserbeton . . . . .                    | 70        |
| 5.7.1.1  | konstruktive Anwendungen . . . . .                | 70        |
| 5.7.1.2  | Statisch wirksame Anwendungen . . . . .           | 71        |
| 5.7.1.3  | Thermisch wirksame Anwendungen . . . . .          | 71        |
| 5.7.1.4  | Baubiologisch interessante Auswirkungen . . . . . | 72        |
| 5.7.2    | Stahlfaserbeton . . . . .                         | 72        |
| 5.7.2.1  | Konstruktive Anwendungen . . . . .                | 72        |
| 5.7.2.2  | Statisch wirksame Anwendungen . . . . .           | 73        |

|          |                                                    |           |
|----------|----------------------------------------------------|-----------|
| 5.7.3    | Glasfaserbeton . . . . .                           | 73        |
| 5.7.3.1  | Konstruktive Anwendungen . . . . .                 | 73        |
| 5.7.3.2  | Statisch wirksame Anwendungen . . . . .            | 73        |
| 5.7.4    | Carbonfaserbeton . . . . .                         | 74        |
| 5.7.4.1  | Konstruktive Anwendungen . . . . .                 | 74        |
| 5.7.4.2  | Statisch wirksame Anwendungen . . . . .            | 74        |
| <b>6</b> | <b>FB-Eigenschaften</b>                            | <b>75</b> |
| 6.1      | Betoneigenschaften . . . . .                       | 75        |
| 6.2      | Fasereigenschaften . . . . .                       | 82        |
| 6.2.1    | Kunststofffasern . . . . .                         | 82        |
| 6.2.1.1  | Mikrofasern . . . . .                              | 82        |
| 6.2.1.2  | Makrofasern . . . . .                              | 85        |
| 6.2.2    | Stahlfasern . . . . .                              | 85        |
| 6.2.3    | Glasfasern . . . . .                               | 87        |
| 6.3      | Abbindevorgang . . . . .                           | 88        |
| 6.4      | Fasern zur Vermeidung von Schwindrissen . . . . .  | 93        |
| 6.4.1    | Mischungsberechnung für Beton . . . . .            | 93        |
| 6.4.2    | Bestimmung der Kornoberfläche . . . . .            | 94        |
| 6.4.3    | Bestimmung der Faseroberfläche . . . . .           | 95        |
| 6.4.4    | Vermeidung von Schwindrissen . . . . .             | 96        |
| 6.5      | Verbundwirkung von Fasern . . . . .                | 97        |
| 6.5.1    | Materialkennwerte der Fasern . . . . .             | 99        |
| 6.5.2    | Geometrie der Fasern . . . . .                     | 100       |
| 6.5.3    | Geometriefaktor . . . . .                          | 101       |
| 6.5.4    | Dosierung . . . . .                                | 101       |
| 6.5.5    | Räumliche Verteilung der Fasern im Beton . . . . . | 102       |
| 6.5.6    | Formwinkel für Kraftübertragung . . . . .          | 107       |
| 6.5.7    | Reibungsfaktoren der Fasern . . . . .              | 108       |
| 6.5.8    | Ermittlung der Faserspannung . . . . .             | 109       |
| 6.5.8.1  | aus der Betondehnung . . . . .                     | 109       |
| 6.5.8.2  | aus den Faserkennwerten . . . . .                  | 109       |
| 6.6      | Versuche zur Materialprüfung . . . . .             | 111       |
| 6.6.1    | Versuchsanordnung . . . . .                        | 111       |
| 6.6.1.1  | Einfacher Biegebalken . . . . .                    | 111       |
| 6.6.1.2  | Einfacher Biegebalken mit Kerbe . . . . .          | 113       |
| 6.6.1.3  | Standardbiegebalken . . . . .                      | 115       |
| 6.6.2    | Versuchsablauf . . . . .                           | 117       |
| 6.6.3    | Auswertung der Messdaten . . . . .                 | 118       |

|          |                                                         |            |
|----------|---------------------------------------------------------|------------|
| <b>7</b> | <b>FB-Bemessung</b>                                     | <b>119</b> |
| 7.1      | Bemessungsverfahren . . . . .                           | 119        |
| 7.1.1    | Gebrauchslastverfahren . . . . .                        | 120        |
| 7.1.2    | Traglastverfahren . . . . .                             | 121        |
| 7.1.3    | Bemessung mit Teilsicherheitsfaktoren . . . . .         | 121        |
| 7.2      | Zuverlässigkeitskonzepte . . . . .                      | 123        |
| 7.2.1    | Deterministisches Zuverlässigkeitsprinzip . . . . .     | 123        |
| 7.2.2    | Probabilistisches Zuverlässigkeitsprinzip . . . . .     | 123        |
| 7.2.3    | Semiprobabilistisches Zuverlässigkeitsprinzip . . . . . | 124        |
| 7.2.4    | Nachweis der Tragsicherheit . . . . .                   | 124        |
| 7.2.5    | Nachweis der Gebrauchstauglichkeit . . . . .            | 125        |
| 7.3      | Bemessungstheorie . . . . .                             | 126        |
| 7.3.1    | Bemessung für Materialwahl – Dosierung . . . . .        | 126        |
| 7.3.1.1  | Biegung . . . . .                                       | 126        |
| 7.3.1.2  | Biegung mit Längskraft . . . . .                        | 132        |
| 7.3.1.3  | Druckstäbe . . . . .                                    | 137        |
| 7.3.1.4  | Schubnachweis . . . . .                                 | 139        |
| 7.3.1.5  | Ausbruch eines Auflagers . . . . .                      | 142        |
| 7.3.1.6  | Rissverhalten . . . . .                                 | 144        |
| 7.3.2    | Bemessung für Querschnittswahl – Abmessung . . . . .    | 147        |
| 7.3.2.1  | Biegung . . . . .                                       | 148        |
| 7.3.2.2  | Biegung mit Längskraft . . . . .                        | 149        |
| 7.3.2.3  | Druckstäbe . . . . .                                    | 152        |
| 7.3.2.4  | Schubnachweis . . . . .                                 | 154        |
| 7.3.2.5  | Ausbruch eines Auflagers . . . . .                      | 157        |
| 7.4      | Bemessungsbeispiele . . . . .                           | 158        |
| 7.4.1    | Querschnitt auf Biegung . . . . .                       | 159        |
| 7.4.1.1  | Kunststofffaser . . . . .                               | 159        |
| 7.4.1.2  | Stahlfaser . . . . .                                    | 167        |
| 7.4.1.3  | Glasfaser . . . . .                                     | 175        |
| 7.4.2    | Querschnitt auf Biegung mit Normalkraft . . . . .       | 178        |
| 7.4.2.1  | Kunststofffaser . . . . .                               | 178        |
| 7.4.2.2  | Stahlfaser . . . . .                                    | 183        |
| 7.4.3    | Querschnitt auf Druck (Knicken) . . . . .               | 186        |
| 7.4.3.1  | Kunststofffaser . . . . .                               | 186        |
| 7.4.3.2  | Stahlfaser . . . . .                                    | 188        |
| 7.4.4    | Querschnitt auf Querkraft . . . . .                     | 190        |
| 7.4.4.1  | Kunststofffaser . . . . .                               | 190        |
| 7.4.4.2  | Stahlfaser . . . . .                                    | 192        |

|          |                                                                    |            |
|----------|--------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.4.5    | Anwendung mit Spritzbeton . . . . .                                | 194        |
| 7.4.5.1  | Kunststofffaser . . . . .                                          | 194        |
| 7.4.5.2  | Stahlfaser . . . . .                                               | 202        |
| 7.4.6    | Anwendung mit verkehrtem Plattenbalken . . . . .                   | 206        |
| 7.4.7    | Bemessung für eine Brücke . . . . .                                | 207        |
| 7.4.8    | Bemessung für eine Hafenmauer ohne Anker . . . . .                 | 211        |
| 7.4.9    | Bemessung einer Doppelwand . . . . .                               | 217        |
| 7.4.10   | Vergleich Bemessung mit unterschiedlichen Fasern . . . . .         | 220        |
| 7.4.10.1 | Vergleich mit unterschiedlichen Fasern . . . . .                   | 220        |
| 7.4.10.2 | Vergleich mit Schrumpffaser und unterschiedlichen Fasern . . . . . | 221        |
| <b>8</b> | <b>Anwendungen</b>                                                 | <b>225</b> |
| 8.1      | Bodenplatten . . . . .                                             | 225        |
| 8.1.1    | Wohnhäuser . . . . .                                               | 225        |
| 8.1.2    | Industrieböden . . . . .                                           | 226        |
| 8.2      | Wände . . . . .                                                    | 227        |
| 8.2.1    | Kellerwände . . . . .                                              | 227        |
| 8.2.2    | Wandscheiben . . . . .                                             | 228        |
| 8.2.3    | Doppelwände . . . . .                                              | 230        |
| 8.3      | Decken . . . . .                                                   | 231        |
| 8.3.1    | Wohnhäuser . . . . .                                               | 231        |
| 8.3.2    | Industriebauten . . . . .                                          | 232        |
| 8.4      | Träger . . . . .                                                   | 232        |
| 8.4.1    | Unter- und Überzüge . . . . .                                      | 233        |
| 8.4.2    | Einzelträger . . . . .                                             | 233        |
| 8.4.3    | Fahrbahnen . . . . .                                               | 233        |
| 8.5      | Galerien . . . . .                                                 | 234        |
| 8.5.1    | Fuß- und Radwege . . . . .                                         | 234        |
| 8.5.2    | Straßen . . . . .                                                  | 235        |
| 8.6      | Tunnelauskleidung . . . . .                                        | 236        |
| 8.6.1    | Stützmaßnahmen . . . . .                                           | 237        |
| 8.6.2    | Innenauskleidung . . . . .                                         | 238        |
| 8.7      | Tübbinge . . . . .                                                 | 239        |
| 8.7.1    | Tunnelbau . . . . .                                                | 239        |
| 8.7.2    | Schachtbau . . . . .                                               | 240        |
| 8.8      | Fertigteile . . . . .                                              | 240        |
| 8.8.1    | Rohre . . . . .                                                    | 241        |
| 8.8.2    | Platten und Decken . . . . .                                       | 241        |
| 8.8.3    | Treppen . . . . .                                                  | 242        |
| 8.8.4    | Stützwände . . . . .                                               | 243        |

|                              |                                         |            |
|------------------------------|-----------------------------------------|------------|
| 8.9                          | Baugruben- u. Hangsicherungen . . . . . | 244        |
| 8.9.1                        | Baugruben . . . . .                     | 244        |
| 8.9.2                        | Hangsicherungen . . . . .               | 247        |
| 8.10                         | Wandsicherung . . . . .                 | 248        |
| 8.11                         | Videos von Baustellen . . . . .         | 250        |
| <b>Anhang</b>                |                                         | <b>253</b> |
| <b>Tabellenverzeichnis</b>   |                                         | <b>255</b> |
| <b>Abbildungsverzeichnis</b> |                                         | <b>257</b> |
| <b>Literaturverzeichnis</b>  |                                         | <b>265</b> |
| <b>Index</b>                 |                                         | <b>269</b> |