

# Inhaltsverzeichnis

|       |  | Seite |
|-------|--|-------|
| 1     | <b>Grundlagen der Statik</b>                       | 13    |
| 1.1   | Zerlegung einer Kraft                              | 13    |
| 1.1.1 | Zeichnerische Lösung                               | 13    |
| 1.1.2 | Rechnerische Lösung                                | 13    |
| 1.2   | Zusammensetzung von Kräften                        | 14    |
| 1.2.1 | Kräfteparallelogramm                               | 14    |
| 1.2.2 | Kräftepolygon und Seilpolygon                      | 14    |
| 1.3   | Gleichgewicht von Kräften                          | 15    |
| 1.3.1 | Beispiel   | 15    |
| 1.3.2 | Zeichnerische Lösung                               | 15    |
| 1.3.3 | Rechnerische Lösung                                | 16    |
| 1.4   | Zusammenhang zwischen Spannungen und Schnittgrößen | 17    |
| 1.4.1 | Vorbemerkungen                                     | 17    |
| 1.4.2 | Normalspannungen/Längskraft (Normalkraft)          | 17    |
| 1.4.3 | Schubspannungen/Querkraft                          | 18    |
| 1.4.4 | Normalspannung aus Biegung/Biegemomente            | 18    |
| 1.5   | Ermittlung von Schnittgrößen                       | 19    |
| 1.5.1 | Allgemeines  | 19    |
| 1.5.2 | Definition der positiven Schnittgrößen             | 19    |
| 1.5.3 | Träger auf zwei Stützen                            | 20    |
| 1.5.4 | Dreigelenkrahmen                                   | 27    |
| 1.5.5 | Grafische Ermittlung von Schnittgrößen             | 31    |
| 1.6   | Stützlinie   | 32    |
| 1.6.1 | Definition der Stützlinie                          | 32    |
| 1.6.2 | Beispiel 1: Stützlinie für Gleichstreckenlast      | 32    |
| 1.6.3 | Beispiel 2: Stützlinie bei Teilstreckenlast        | 34    |
| 1.6.4 | Beispiel 3: Stützlinien bei Einzellasten           | 34    |
| 1.6.5 | Zeichnerische Ermittlung der Stützlinie            | 34    |
| 1.7   | Korrbogen  | 35    |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 1.8      | Ebene Fachwerke.....   | 36        |
| 1.8.1    | Gelenkfachwerke/Fachwerke mit steifen Knoten.....                              | 36        |
| 1.8.2    | Schnittverfahren/Ritterschnitt.....  | 36        |
| 1.8.3    | Kräfteplan.....  | 40        |
| 1.8.4    | Cremonaplan.....   | 40        |
| 1.9      | Standardformeln für den Träger auf zwei Stützen.....                           | 42        |
| 1.9.1    | Gelenkig gelagerter Träger.....  | 42        |
| 1.9.2    | Einseitig eingespannter Träger.....  | 43        |
| 1.9.3    | Beidseitig eingespannter Träger.....   | 44        |
| 1.10     | Mathematische Zusammenhänge zwischen Belastung, Querkraft und Biegemoment..... | 45        |
| <b>2</b> | <b>Grundlagen der Festigkeitslehre.....</b>                                    | <b>47</b> |
| 2.1      | Sicherheitsbetrachtung.....  | 47        |
| 2.1.1    | Tragfähigkeitsnachweis nach dem neuen Sicherheitskonzept.....                  | 47        |
| 2.2      | Gebrauchstauglichkeitsnachweis.....  | 49        |
| 2.2.1    | Allgemeines.....   | 49        |
| 2.2.2    | Stahlbau (Eurocode 3).....   | 49        |
| 2.2.3    | Holzbau (Eurocode 5).....  | 50        |
| 2.2.4    | Stahlbetonbau (Eurocode 2).....  | 51        |
| 2.3      | Zugbeanspruchung.....  | 53        |
| 2.3.1    | Allgemeines.....   | 53        |
| 2.3.2    | Dehnung infolge mechanischer Beanspruchung.....                                | 53        |
| 2.3.3    | Spannungs-Dehnungs-Linie.....  | 54        |
| 2.4      | Druckbeanspruchung.....  | 55        |
| 2.5      | Dehnungen infolge Temperatur.....  | 56        |
| 2.5.1    | Dehnung bei gleichmäßiger Erwärmung.....                                       | 56        |
| 2.5.2    | Dehnung bei ungleichmäßiger Erwärmung.....                                     | 56        |
| 2.5.3    | Zwang bei Temperaturbeanspruchung.....   | 56        |
| 2.6      | Biegebeanspruchung.....  | 57        |
| 2.7      | Spannungen infolge Überlagerung von Normalkraft und Biegemoment.....           | 57        |
| 2.7.1    | Druck- und zugfestes Material.....   | 60        |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 2.7.2   | Nur druckfestes Material<br>(Zugspannungen können nicht aufgenommen werden)..... | 60 |
| 2.7.3   | Querschnittskern.....  | 64 |
| 2.8     | Schubbeanspruchung bei Biegung.....  | 65 |
| 2.8.1   | Allgemeines.....   | 65 |
| 2.8.2   | Schubspannungsverteilung bei einem auf Biegung beanspruchten Träger              | 66 |
| 2.8.3   | Beispiel: Schubspannungen im Rechteckquerschnitt.....                            | 68 |
| 2.8.4   | Schubspannungen infolge Querkraft bei verschiedenen Querschnitten.....           | 69 |
| 2.9     | Torsionsbeanspruchungen.....   | 70 |
| 2.9.1   | Allgemeine Hinweise/Schubmittelpunkt.....  | 70 |
| 2.9.2   | Arten der Torsion.....   | 70 |
| 2.9.2.1 | Reine Torsion (nach Saint Venant).....   | 71 |
| 2.9.2.2 | Reine Torsion und Wölbkrafttorsion (gemischte Torsion) .....                     | 72 |
| 2.9.3   | Torsionsschubspannungen.....   | 73 |
| 2.9.3.1 | Beispiel: Torsionsschubspannungen eines Stabes mit<br>Kreisquerschnitt.....      | 73 |
| 2.9.3.2 | Torsionsschubspannungen bei dünnwandigen<br>Hohlquerschnitten.....               | 74 |
| 2.9.3.3 | Torsionsschubspannungen bei dünnwandigen offenen<br>Querschnitten.....           | 74 |
| 2.9.3.4 | Torsionsschubspannungen bei dickwandigen<br>Querschnitten.....                   | 74 |
| 3       | <b>Stabilitätsprobleme</b> .....   | 76 |
| 3.1     | Allgemeine Hinweise.....   | 76 |
| 3.2     | Knicken.....   | 77 |
| 3.3     | Knicklängen von Rahmenstielen.....   | 78 |
| 3.3.1   | Grundsätzliches.....   | 78 |
| 3.3.2   | Beispiele: Eingeschossige Rahmen.....  | 79 |
| 3.3.3   | Beispiele: Stockwerkrahmen.....  | 80 |
| 3.4     | Knickspannung nach Euler.....  | 81 |
| 3.5     | Knickssicherheitsnachweis (Hinweis).....   | 82 |

|          |  |     |
|----------|--|-----|
| <b>4</b> | <b>Ermittlung von Verformungen mit Hilfe des „Prinzips der virtuellen Kräfte“.....</b> | 83  |
| 4.1      | Prinzip der virtuellen Kräfte.....   | 83  |
| 4.2      | Zahlenbeispiele.....   | 85  |
| <b>5</b> | <b>Statisch unbestimmte Systeme .....</b>  | 93  |
| 5.1      | Statische Unbestimmtheit.....  | 93  |
| 5.2      | Anwendungsbeispiele.....   | 94  |
| 5.2.1    | Auflagerkraft $B$ als Statisch Unbestimmte.....  | 94  |
| 5.2.2    | Stützmoment $M_1$ als Statisch Unbestimmte.....  | 96  |
| 5.2.3    | Verformungen von statisch bestimmten und statisch unbestimmten Systemen.....           | 97  |
| 5.3      | Reduktionssatz.....  | 98  |
| <b>6</b> | <b>Statische Systeme/Tragwerksidealisation/Modellbildung.....</b>                      | 99  |
| 6.1      | Allgemeines.....   | 99  |
| 6.2      | Beispiele.....   | 99  |
| <b>7</b> | <b>Lastweiterleitung in Tragwerken.....</b>  | 105 |
| 7.1      | Vertikale Lastweiterleitung.....   | 105 |
| 7.2      | Weiterleitung von horizontalen Lasten.....   | 107 |
| <b>8</b> | <b>Aussteifung von Bauwerken.....</b>  | 109 |
| 8.1      | Allgemeines.....   | 109 |
| 8.2      | Grundprinzip der Aussteifung.....  | 109 |
| 8.3      | Anordnung von vertikalen Aussteifungselementen.....                                    | 110 |
| 8.3.1    | Statisch bestimmtes Aussteifungssystem.....  | 110 |
| 8.3.2    | Statisch unbestimmtes Aussteifungssystem.....  | 110 |
| 8.4      | Vertikale Aussteifung.....   | 111 |
| 8.4.1    | Vertikale Aussteifungselemente.....  | 111 |
| 8.4.2    | Eingespannte Stützen als vertikale Aussteifung.....                                    | 111 |
| 8.4.3    | Rahmen als vertikale Aussteifung.....  | 112 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 8.4.4 | Fachwerke (Verbände) als vertikale Aussteifung.....       | 113 |
| 8.4.5 | Wandscheiben als vertikale Aussteifung.....               | 114 |
| 8.5   | Horizontale Aussteifung.....                              | 115 |
| 8.5.1 | Deckenkonstruktionen als Horizontalaussteifung.....       | 115 |
| 8.5.2 | Fachwerke (Verbände) als Horizontalaussteifung.....       | 116 |
| 8.5.3 | Ringbalken.....   | 116 |
| 8.6   | Beispiel: Aussteifung einer Halle.....                    | 116 |
| 8.6.1 | Hallenaussteifung in Längsrichtung.....                   | 117 |
| 8.6.2 | Hallenaussteifung in Querrichtung.....                    | 117 |
| 8.7   | Aussteifungskerne.....                                    | 118 |
| 8.7.1 | Bauwerke mit klassischen Aussteifungskernen.....          | 118 |
| 8.7.2 | Tragwerkskerne mit Outrigger-System (Auslegersystem)..... | 120 |
| 8.7.3 | Röhrentragwerke.....                                      | 121 |
| 8.8   | Sonderlösungen für Bauwerksaussteifungen.....             | 122 |
| 8.8.1 | Freistehendes Mauerwerk mit Vorspannung.....              | 122 |
| 8.8.2 | Wandreihe mit Rahmenwirkung.....                          | 123 |
| 8.8.3 | Aussteifung mit außen stehenden Verbänden.....            | 124 |
| 8.8.4 | Gebäudeaussteifung durch Seilabspannung.....              | 124 |
| 8.8.5 | Anbindung an ein ausgesteiftes Gebäude.....               | 124 |
| 8.8.6 | Bogen-Seilnetz-Symbiose.....                              | 125 |
| 8.8.7 | Bogen-Gitterschalen-Symbiose.....                         | 125 |
| 9     | <b>Faustformeln zur Vorbemessung.....</b>                 | 126 |
| 9.1   | Lastannahmen.....   | 126 |
| 9.1.1 | Stahlbeton-Geschossdecken.....                            | 126 |
| 9.1.2 | Holzbalkendecke für Wohnräume.....                        | 126 |
| 9.1.3 | Flachdächer.....  | 126 |
| 9.2   | Ersatzstützweite.....                                     | 126 |
| 9.3   | Tragwerke im Geschossbau.....                             | 127 |
| 9.3.1 | Holzdächer.....   | 127 |
| 9.3.2 | Geschossdecken.....                                       | 129 |
| 9.3.3 | Balken/Träger im Geschossbau.....                         | 132 |

|   |   |     |
|---|---|-----|
| 9.3.4   | Stützen mit zentrischer Belastung.....                              | 134 |
| 9.3.5   | Wände.....  | 135 |
| 9.3.6   | Fundamente.....   | 136 |
| 9.4   | Tragwerke im Hallenbau.....   | 137 |
| 9.4.1   | Hallentragwerke aus Stahl.....                                      | 137 |
| 9.4.2   | Hallentragwerke aus Holz.....                                       | 140 |
| 9.5   | Schalen aus Stahlbeton.....   | 142 |
| 9.5.1   | Rotationsschalen: Kugelschale.....                                  | 142 |
| 9.5.2   | Translationsschalen.....  | 142 |
| 9.5.3   | Regelfläche.....  | 142 |
| 9.6   | Glas.....   | 143 |
| 9.6.1   | Kriterien für die Dimensionierung der Glasdicke.....                | 143 |
| 9.6.2   | Lagerung der Glasscheiben und Vordimensionierung.....               | 143 |
| 9.7   | Vorbemessungsbeispiel.....  | 145 |
| 9.7.1   | Vorbemessung Kehlbalkendach.....                                    | 146 |
| 9.7.2   | Vorbemessung Stahlbetondecke.....                                   | 147 |
| 9.7.3   | Vorbemessung Stahlbetonunterzug.....                                | 148 |
| 9.7.4   | Vorbemessung Stahlbetonstütze.....                                  | 149 |
| 9.7.5   | Vorbemessung Einzelfundament.....                                   | 150 |
| 9.7.6   | Alternatives Tragsystem: Holzbalkendecke auf Stahlkonstruktion..... | 151 |
| 9.7.7   | Vorbemessung Holzbalkendecke.....                                   | 152 |
| 9.7.8   | Vorbemessung Stahlträger.....                                       | 152 |
| 9.7.9   | Vorbemessung Stahlstütze.....                                       | 153 |
| 9.7.10  | Vorbemessung Einzelfundament.....                                   | 154 |
| <b>Anhang: Wind- und Schneelasten nach Eurocode</b> | .....   | 154 |
| A   | Windlasten (nach DIN EN 1991-1-4:2010-12) .....                     | 154 |
| B   | Schnee- und Eislasten (nach DIN EN 1991-1-3:2010-12).....           | 168 |
| C   | Praxisbeispiel.....   | 183 |
| <b>Literaturangaben</b>                             | .....   | 203 |
| <b>Stichwortverzeichnis</b>                         | .....   | 205 |
| <b>Inserentenverzeichnis</b>                        | .....   | 207 |