

# DIN EN 1999-1-5:2010-05 (D)

## Eurocode 9 - Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken - Teil 1-5: Schalentragwerke; Deutsche Fassung EN 1999-1-5:2007 + AC:2009

---

| Inhalt  | Seite |
|---|-------|
| Vorwort .....   | 4     |
| Nationaler Anhang für EN 1999-1-5 .....   | 8     |
| 1 Allgemeines .....   | 9     |
| 1.1 Anwendungsbereich .....   | 9     |
| 1.1.1 Anwendungsbereich von EN 1999 .....   | 9     |
| 1.1.2 Anwendungsbereich von EN 1999-1-5 .....                                       | 9     |
| 1.2 Normative Verweisungen .....  | 11    |
| 1.3 Begriffe .....  | 12    |
| 1.3.1 Formen und Geometrie des Tragwerks .....                                      | 12    |
| 1.3.2 Spezielle Definitionen für Beulberechnungen .....                             | 13    |
| 1.4 Formelzeichen .....   | 13    |
| 1.5 Vorzeichenvereinbarungen .....  | 18    |
| 1.6 Koordinatensysteme .....  | 19    |
| 2 Grundlagen für Entwurf, Berechnung und Bemessung .....                            | 20    |
| 2.1 Allgemeines .....   | 20    |
| 2.2 Zuverlässigkeitsklasse und Ausführungsklasse .....                              | 20    |
| 3 Werkstoffe und Geometrie .....  | 21    |
| 3.1 Werkstoffeigenschaften .....  | 21    |
| 3.2 Bemessungswerte für geometrische Daten .....                                    | 21    |
| 3.3 Geometrische Toleranzen und geometrische Imperfektionen .....                   | 21    |
| 4 Dauerhaftigkeit .....   | 21    |
| 5 Tragwerksberechnung .....   | 22    |
| 5.1 Geometrie .....   | 22    |
| 5.2 Randbedingungen .....   | 22    |
| 5.3 Einwirkungen und Einflüsse aus der Umgebung .....                               | 23    |
| 5.4 Spannungsergebnisse und Spannungen .....  | 24    |
| 5.5 Berechnungsarten .....  | 24    |
| 6 Grenzzustand der Tragfähigkeit .....  | 26    |
| 6.1 Beanspruchbarkeit des Querschnitts .....  | 26    |
| 6.1.1 Bemessungswerte für die Spannungen .....                                      | 26    |
| 6.1.2 Bemessungswerte für die Beanspruchbarkeit .....                               | 27    |
| 6.1.3 Spannungsbegrenzung .....   | 27    |
| 6.1.4 Bemessung durch numerische Analyse .....                                      | 27    |
| 6.2 Knickfestigkeit (Beanspruchbarkeit durch Beulen; Beulsicherheitsnachweis) ..... | 28    |
| 6.2.1 Allgemeines .....   | 28    |
| 6.2.2 Geometrische Toleranzen, die für Beulen von Belang sind .....                 | 29    |
| 6.2.3 Schale unter Druck- und Schubbeanspruchungen .....                            | 30    |
| 6.2.4 Einfluss des Schweißens .....   | 33    |
| 6.2.5 Bemessung durch numerische Analyse .....                                      | 36    |
| 7 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit .....                                     | 36    |
| 7.1 Allgemeines .....   | 36    |
| 7.2 Durchbiegungen .....  | 36    |
| Anhang A (normativ) Ausdrücke für Beuluntersuchungen in Schalenkonstruktionen ..... | 37    |
| A.1 Unausgesteifte zylindrische Schalen mit konstanter Wanddicke .....              | 37    |
| A.1.1 Anmerkungen und Randbedingungen .....   | 37    |
| A.1.2 (Axialer) Druck in Meridianrichtung .....                                     | 37    |

|   |   |           |
|---|---|-----------|
| A.1.3   | Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung (Ringspannung).....   | 40        |
| A.1.4   | Schubbeanspruchung.....   | 43        |
| A.1.5   | (Axiale) Druckbeanspruchung in Meridianrichtung mit gleichzeitig vorhandener<br>Innendruckbeanspruchung .....   | 45        |
| A.1.6   | Kombinationen von (axialer) Druckbeanspruchung in Meridianrichtung,<br>Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung (Ringspannung) und Schubbeanspruchung..... | 46        |
| A.2   | Unausgesteifte Zylinderschalen mit gestufter Wanddicke .....  | 47        |
| A.2.1   | Allgemeines .....   | 47        |
| A.2.2   | Druckbeanspruchung in Meridianrichtung (Axialer Druck) .....  | 48        |
| A.2.3   | Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung (Ringspannung).....   | 48        |
| A.2.4   | Schubbeanspruchung .....  | 54        |
| A.3   | Unausgesteifte Zylinderschalen mit Überlapstoß.....   | 55        |
| A.3.1   | Allgemeines .....   | 55        |
| A.3.2   | Druckbeanspruchung in Meridianrichtung (Axialer Druck) .....  | 56        |
| A.3.3   | Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung (Ringspannung).....   | 56        |
| A.3.4   | Schubbeanspruchung.....   | 56        |
| A.4   | Unausgesteifte Kegelschalen.....  | 56        |
| A.4.1   | Allgemeines .....   | 56        |
| A.4.2   | Bemessungswerte für Beulspannungen .....  | 57        |
| A.4.3   | Nachweis der Beulfestigkeit.....  | 58        |
| A.5   | Ausgesteifte Zylinderschalen mit konstanter Wanddicke.....  | 59        |
| A.5.1   | Allgemeines .....   | 59        |
| A.5.2   | Isotrope Wände mit Steifen in Meridianrichtung.....   | 59        |
| A.5.3   | Isotrope Wände mit Steifen in Umfangsrichtung .....   | 61        |
| A.5.4   | In Umfangsrichtung profilierte Wände mit Steifen in Meridianrichtung .....  | 61        |
| A.5.5   | Axial profilierte Wände mit Ringsteifen.....  | 66        |
| A.5.6   | Als orthotrope Schale behandelte ausgesteifte Wand .....  | 67        |
| A.5.7   | Äquivalente orthotrope Eigenschaften des Wellblechs .....   | 69        |
| A.6   | Unausgesteifte kugelförmige Schalen unter gleichmäßigem Druck in Umfangsrichtung.....   | 71        |
| A.6.1   | Bezeichnungen und Randbedingungen .....   | 71        |
| A.6.2   | Kritische Beulspannungen .....  | 72        |
| A.6.3   | Beulparameter in Umfangsrichtung.....   | 73        |
| <b>Anhang B (informativ) Beulberechnung torikonischer und torisphärischer Schalen .....</b> |   | <b>74</b> |
| B.1   | Allgemeines .....   | 74        |
| B.2   | Bezeichnungen und Randbedingungen.....  | 74        |
| B.3   | Außendruck .....  | 76        |
| B.3.1   | Kritischer Außendruck .....   | 76        |
| B.3.2   | Gleichmäßiger Außendruck an der Quetschgrenze.....  | 77        |
| B.3.3   | Beulparameter unter Außendruck.....   | 79        |
| B.4   | Innendruck.....   | 80        |
| B.4.1   | Kritischer Innendruck.....  | 80        |
| B.4.2   | Gleichmäßiger Innendruck an der Quetschgrenze .....   | 80        |
| B.4.3   | Beulparameter unter Innendruck .....  | 81        |