

# E DIN EN 1999-1-5:2021-04 (D/E)

Erscheinungsdatum: 2021-02-26

**Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken - Teil 1-5: Schalentragwerke; Deutsche und Englische Fassung prEN 1999-1-5:2021**

**Eurocode 9: Design of aluminium structures - Part 1-5: Shell structures; German and English version prEN 1999-1-5:2021**

---

| <b>Inhalt</b>                                                     | <b>Seite</b> |
|-------------------------------------------------------------------|--------------|
| Europäisches Vorwort .....                                        | 4            |
| Einleitung .....                                                  | 5            |
| 1 Anwendungsbereich .....                                         | 7            |
| 1.1 Anwendungsbereich von EN 1999-1-5 .....                       | 7            |
| 1.2 Annahmen .....                                                | 8            |
| 2 Normative Verweisungen .....                                    | 9            |
| 3 Begriffe und Symbole .....                                      | 9            |
| 3.1 Begriffe .....                                                | 9            |
| 3.1.1 Formen und Geometrie des Tragwerks .....                    | 9            |
| 3.1.2 Spezielle Definitionen für Beulberechnungen .....           | 10           |
| 3.2 Symbole .....                                                 | 11           |
| 3.3 Vorzeichenvereinbarungen .....                                | 16           |
| 3.4 Koordinatensysteme .....                                      | 16           |
| 4 Grundlagen der Bemessung .....                                  | 17           |
| 4.1 Allgemeines .....                                             | 17           |
| 4.2 Versagensfolgeklasse und Ausführungsklasse .....              | 18           |
| 5 Werkstoffe und Geometrie .....                                  | 18           |
| 5.1 Werkstoffeigenschaften .....                                  | 18           |
| 5.2 Bemessungswerte der Abmessungen .....                         | 18           |
| 5.3 Geometrische Toleranzen und geometrische Imperfektionen ..... | 18           |
| 6 Dauerhaftigkeit .....                                           | 19           |
| 7 Tragwerksberechnung .....                                       | 19           |
| 7.1 Geometrie .....                                               | 19           |
| 7.2 Randbedingungen .....                                         | 20           |
| 7.3 Einwirkungen und Umwelteinflüsse .....                        | 20           |
| 7.4 Spannungsrresultanten und Spannungen .....                    | 21           |
| 7.5 Berechnungskonzepte .....                                     | 21           |
| 8 Grenzzustand der Tragfähigkeit .....                            | 23           |
| 8.1 Beanspruchbarkeit des Querschnitts .....                      | 23           |
| 8.1.1 Bemessungswerte der Spannungen .....                        | 23           |
| 8.1.2 Bemessungswerte für die Beanspruchbarkeit .....             | 24           |
| 8.1.3 Spannungsbegrenzung .....                                   | 25           |
| 8.1.4 Bemessung durch numerische Analyse .....                    | 25           |
| 8.2 Beulwiderstand .....                                          | 25           |
| 8.2.1 Allgemeines .....                                           | 25           |
| 8.2.2 Beulrelevante geometrische Toleranzen .....                 | 26           |
| 8.2.3 Schale unter Druck- und Schubbeanspruchung .....            | 27           |
| 8.2.4 Einfluss des Schweißens .....                               | 30           |
| 8.2.5 Bemessung durch numerische Berechnung .....                 | 33           |

|                                                                                                      |                                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 9                                                                                                    | Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit .....                                                                                                            | 33 |
| 9.1                                                                                                  | Allgemeines .....                                                                                                                                        | 33 |
| 9.2                                                                                                  | Durchbiegungen .....                                                                                                                                     | 33 |
| Anhang A (normativ) Formeln für den Beulsicherheitsnachweis von Schalenkonstruktionen .....          |                                                                                                                                                          | 34 |
| A.1                                                                                                  | Anwendung dieses Anhangs .....                                                                                                                           | 34 |
| A.2                                                                                                  | Anwendungs- und Gültigkeitsbereich .....                                                                                                                 | 34 |
| A.3                                                                                                  | Unversteifte zylindrische Schalen mit konstanter Wanddicke .....                                                                                         | 34 |
| A.3.1                                                                                                | Bezeichnungen und Randbedingungen .....                                                                                                                  | 34 |
| A.3.2                                                                                                | Druckbeanspruchung in Meridianrichtung (Axialrichtung) .....                                                                                             | 35 |
| A.3.3                                                                                                | Druck in Umfangsrichtung (Ringspannung) .....                                                                                                            | 37 |
| A.3.4                                                                                                | Schub .....                                                                                                                                              | 40 |
| A.3.5                                                                                                | Druckbeanspruchung in Meridianrichtung (Axialrichtung) mit gleichzeitig wirkendem Innendruck .....                                                       | 42 |
| A.3.6                                                                                                | Kombinationen von Druckbeanspruchung in Meridianrichtung (Axialdruck), Druckbeanspruchung in Umfangsrichtung (Ringspannung) und Schubbeanspruchung ..... | 43 |
| A.4                                                                                                  | Unversteifte Zylinderschalen mit abgestufter Wanddicke .....                                                                                             | 44 |
| A.4.1                                                                                                | Allgemeines .....                                                                                                                                        | 44 |
| A.4.2                                                                                                | Druck in Meridianrichtung (Axialrichtung) .....                                                                                                          | 46 |
| A.4.3                                                                                                | Druck in Umfangsrichtung (Ringspannung) .....                                                                                                            | 46 |
| A.4.4                                                                                                | Schub .....                                                                                                                                              | 49 |
| A.5                                                                                                  | Unversteifte Zylinderschalen mit Überlappstößen .....                                                                                                    | 49 |
| A.5.1                                                                                                | Geometrie und Spannungsresultanten .....                                                                                                                 | 49 |
| A.5.2                                                                                                | Druck in Meridianrichtung (Axialrichtung) .....                                                                                                          | 50 |
| A.5.3                                                                                                | Druck in Umfangsrichtung (Ringspannung) .....                                                                                                            | 50 |
| A.5.4                                                                                                | Schub .....                                                                                                                                              | 50 |
| A.6                                                                                                  | Unversteifte Kegelschalen .....                                                                                                                          | 51 |
| A.6.1                                                                                                | Allgemeines .....                                                                                                                                        | 51 |
| A.6.2                                                                                                | Bemessungswerte der Beulspannungen .....                                                                                                                 | 52 |
| A.6.3                                                                                                | Beulsicherheitsnachweis .....                                                                                                                            | 52 |
| A.7                                                                                                  | Versteifte Zylinderschalen mit konstanter Wanddicke .....                                                                                                | 53 |
| A.7.1                                                                                                | Allgemeines .....                                                                                                                                        | 53 |
| A.7.2                                                                                                | Isotrope Schalen mit Steifen in Meridianrichtung .....                                                                                                   | 54 |
| A.7.3                                                                                                | Isotrope Schalen mit Steifen in Umfangsrichtung .....                                                                                                    | 55 |
| A.7.4                                                                                                | In Umfangsrichtung profilierte Wände mit Steifen in Meridianrichtung .....                                                                               | 55 |
| A.7.5                                                                                                | Axial profilierte Schalenwand mit Ringsteifen .....                                                                                                      | 59 |
| A.7.6                                                                                                | Als orthotrope Schale behandelte versteifte Wand .....                                                                                                   | 60 |
| A.7.7                                                                                                | Orthotrope Ersatzsteifigkeiten von profilierten Wandlechen .....                                                                                         | 63 |
| A.8                                                                                                  | Unversteifte Kugelschalen unter gleichmäßigem Druck in Umfangsrichtung .....                                                                             | 65 |
| A.8.1                                                                                                | Bezeichnungen und Randbedingungen .....                                                                                                                  | 65 |
| A.8.2                                                                                                | Kritische Beulspannungen .....                                                                                                                           | 65 |
| A.8.3                                                                                                | Imperfektionsbeiwert .....                                                                                                                               | 66 |
| Anhang B (informativ) Formeln für die Beulberechnung torikonischer und torisphärischer Schalen ..... |                                                                                                                                                          | 67 |
| B.1                                                                                                  | Anwendung dieses Anhangs .....                                                                                                                           | 67 |
| B.2                                                                                                  | Anwendungs- und Gültigkeitsbereich .....                                                                                                                 | 67 |
| B.3                                                                                                  | Bezeichnungen und Randbedingungen .....                                                                                                                  | 67 |
| B.4                                                                                                  | Außendruck .....                                                                                                                                         | 69 |
| B.4.1                                                                                                | Kritischer Außendruck .....                                                                                                                              | 69 |
| B.4.2                                                                                                | Gleichmäßiger Außendruck an der vollplastischen Grenzlast .....                                                                                          | 69 |
| B.4.3                                                                                                | Imperfektionsbeiwert bei Außendruckbelastung .....                                                                                                       | 71 |
| B.5                                                                                                  | Innendruck .....                                                                                                                                         | 72 |
| B.5.1                                                                                                | Kritischer Innendruck .....                                                                                                                              | 72 |
| B.5.2                                                                                                | Gleichmäßiger Innendruck an der vollplastischen Grenzlast .....                                                                                          | 72 |
| B.5.3                                                                                                | Imperfektionsbeiwert bei Innendruck .....                                                                                                                | 73 |
| Literaturhinweise .....                                                                              |                                                                                                                                                          | 75 |