

DIN EN 1993-1-6:2017-07 (D)

Eurocode 3 - Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen; Deutsche Fassung EN 1993-1-6:2007 + AC:2009 + A1:2017

| Inhalt | Seite |
|---|-----------|
| Vorwort | 5 |
| Europäisches Vorwort der Änderung A1..... | 6 |
| 1 Allgemeines | 7 |
| 1.1 Anwendungsbereich..... | 7 |
| 1.2 Normative Verweisungen | 8 |
| 1.3 Begriffe | 9 |
| 1.3.1 Tragwerksformen, Geometrie..... | 9 |
| 1.3.2 Grenzzustände..... | 10 |
| 1.3.3 Einwirkungen | 11 |
| 1.3.4 Schnittgrößen und Spannungen in Schalen | 12 |
| 1.3.5 Berechnungskonzepte | 13 |
| 1.3.6 Bei der spannungsbasierten Bemessung verwendete Spannungskategorien..... | 14 |
| 1.3.7 Spezielle Definitionen für Beulberechnungen..... | 14 |
| 1.4 Formelzeichen..... | 15 |
| 1.5 Vorzeichenvereinbarungen | 19 |
| 2 Grundlagen der Bemessung und Modellierung..... | 20 |
| 2.1 Allgemeines | 20 |
| 2.2 Berechnungskonzepte | 20 |
| 2.2.1 Allgemeines | 20 |
| 2.2.2 Globale Berechnung | 21 |
| 2.2.3 Membrantheoretische Berechnung..... | 21 |
| 2.2.4 Lineare elastische Berechnung (LA) | 21 |
| 2.2.5 Lineare elastische Verzweigungsberechnung (LBA) | 21 |
| 2.2.6 Geometrisch nichtlineare elastische Berechnung (GNA) | 21 |
| 2.2.7 Materiell nichtlineare Berechnung (MNA)..... | 22 |
| 2.2.8 Geometrisch und materiell nichtlineare Berechnung (GMNA) | 22 |
| 2.2.9 Geometrisch nichtlineare elastische Berechnung mit Imperfektionen (GNIA) | 22 |
| 2.2.10 Geometrisch und materiell nichtlineare Berechnung mit Imperfektionen (GMNIA) | 22 |
| 2.3 Schalenrandbedingungen..... | 23 |
| 3 Werkstoffe und Geometrie | 23 |
| 3.1 Werkstoffeigenschaften | 23 |
| 3.2 Bemessungswerte der Abmessungen | 23 |
| 3.3 Geometrische Toleranzen und geometrische Imperfektionen | 24 |
| 4 Grenzzustände der Tragfähigkeit in stählernen Schalen | 25 |
| 4.1 Zu beachtende Grenzzustände..... | 25 |
| 4.1.1 \overline{A}_1 LS1: Grenzzustand des plastischen Versagens \overline{A}_1 | 25 |
| 4.1.2 LS2: Zyklisches Plastizieren..... | 25 |
| 4.1.3 LS3: Beulen | 26 |
| 4.1.4 LS4: Ermüdung..... | 27 |
| 4.2 Konzepte für den Tragsicherheitsnachweis von Schalen..... | 27 |
| 4.2.1 Allgemeines | 27 |
| 4.2.2 Spannungsbasierter Tragsicherheitsnachweis | 28 |
| 4.2.3 Direkter Tragsicherheitsnachweis..... | 29 |
| 4.2.4 Numerisch gestützter Tragsicherheitsnachweis..... | 29 |
| 5 Schnittgrößen und Spannungen in Schalen | 30 |

| | | |
|-------|---|-----------|
| 5.1 | Schnittgrößen in Schalen..... | 30 |
| 5.2 | Modellierung der Schale für die Berechnung..... | 30 |
| 5.2.1 | Geometrie | 30 |
| 5.2.2 | Randbedingungen | 31 |
| 5.2.3 | Einwirkungen und Umwelteinflüsse..... | 32 |
| 5.2.4 | Schnittgrößen und Spannungen..... | 33 |
| 5.3 | Berechnungskonzepte..... | 33 |
| 6 | A1) Grenzzustand des plastischen Versagens (LS1) $\langle A1 \rangle$ | 33 |
| 6.1 | Bemessungswerte der Einwirkungen..... | 33 |
| 6.2 | Spannungsbasierter Tragsicherheitsnachweis | 34 |
| 6.2.1 | Bemessungswerte der Spannungen | 34 |
| 6.2.2 | Bemessungswerte des Widerstandes | 34 |
| 6.2.3 | Begrenzung der Spannungen | 35 |
| 6.3 | Numerisch gestützter Tragsicherheitsnachweis mittels globaler MNA- oder GMNA- Berechnung | 35 |
| 6.4 | Direkter Tragsicherheitsnachweis..... | 36 |
| 7 | Grenzzustand Zyklisches Plastizieren (LS2) | 36 |
| 7.1 | Bemessungswerte der Einwirkungen..... | 36 |
| 7.2 | Spannungsbasierter Tragsicherheitsnachweis..... | 37 |
| 7.2.1 | Bemessungswerte der Spannungsschwingbreite | 37 |
| 7.2.2 | Bemessungswerte des Widerstandes | 37 |
| 7.2.3 | Begrenzung der Spannungsschwingbreite | 37 |
| 7.3 | Numerisch gestützter Tragsicherheitsnachweis mittels globaler MNA- oder GMNA- Berechnung | 37 |
| 7.3.1 | Bemessungswerte der gesamten akkumulierten plastischen Dehnung..... | 37 |
| 7.3.2 | Begrenzung der gesamten akkumulierten plastischen Dehnung | 38 |
| 7.4 | Direkter Tragsicherheitsnachweis..... | 38 |
| 8 | Grenzzustand Beulen (LS3)..... | 38 |
| 8.1 | Bemessungswerte der Einwirkungen..... | 38 |
| 8.2 | Spezielle Definitionen und Formelzeichen | 38 |
| 8.3 | Beulrelevante Randbedingungen | 39 |
| 8.4 | Beulrelevante geometrische Toleranzen | 39 |
| 8.4.1 | Allgemeines..... | 39 |
| 8.4.2 | Toleranz für Unrundheit..... | 41 |
| 8.4.3 | Toleranz für unplanmäßige Exzentrizität..... | 42 |
| 8.4.4 | Toleranz für Vorbeulen..... | 44 |
| 8.4.5 | Toleranz für Auflager-Unebenheit | 47 |
| 8.5 | Spannungsbasierter Beulsicherheitsnachweis | 47 |
| 8.5.1 | Bemessungswerte der Spannungen | 47 |
| 8.5.2 | Bemessungswert des Widerstandes (Beultragfähigkeit) | 47 |
| 8.5.3 | Begrenzung der Spannungen (Beulsicherheitsnachweis)..... | 48 |
| 8.6 | A1) Bemessung mittels Referenzwiderständen..... | 49 |
| 8.6.1 | Grundsätze | 49 |
| 8.6.2 | Bemessungswerte der Einwirkungen..... | 50 |
| 8.6.3 | Bemessungswert des Widerstandes | 50 |
| 8.6.4 | Beulsicherheitsnachweis..... | 51 |
| 8.7 | Numerisch gestützter Beulsicherheitsnachweis mittels globaler MNA- und LBA-Berechnung..... | 51 |
| 8.7.1 | Bemessungswerte der Einwirkungen..... | 51 |
| 8.7.2 | Bemessungswert des Widerstandes | 51 |
| 8.7.3 | Beulsicherheitsnachweis..... | 54 |
| 8.8 | Numerisch gestützter Beulsicherheitsnachweis mittels globaler GMNIA-Berechnung..... | 54 |
| 8.8.1 | Bemessungswerte der Einwirkungen..... | 54 |
| 8.8.2 | Bemessungswert des Widerstandes | 54 |
| 8.8.3 | Beulsicherheitsnachweis..... | 59 |
| 9 | Grenzzustand Ermüdung (LS4)..... | 59 |

| | | |
|--|---|-----|
| 9.1 | Bemessungswerte der Einwirkungen..... | 59 |
| 9.2 | Spannungsbasierter Ermüdungssicherheitsnachweis..... | 60 |
| 9.2.1 | Allgemeines..... | 60 |
| 9.2.2 | Bemessungswerte der Spannungsschwingbreite..... | 60 |
| 9.2.3 | Bemessungswerte des Widerstandes (Ermüdungsfestigkeit)..... | 60 |
| 9.2.4 | Begrenzung der Spannungsschwingbreite (Ermüdungssicherheitsnachweis)..... | 61 |
| 9.3 | Numerisch gestützter Ermüdungssicherheitsnachweis mittels globaler LA- oder GNA-Berechnung..... | 61 |
| Anhang A (normativ) Membrantheoretische Spannungen in Schalen | | |
| A.1 | Allgemeines..... | 62 |
| A.2 | Unversteifte Kreiszyinderschalen..... | 63 |
| A.3 | Unversteifte Kegelschalen..... | 64 |
| A.4 | Unversteifte Kugelschalen..... | 66 |
| Anhang B (normativ) \overline{A}_1 Zusätzliche Ausdrücke für plastische Referenzwiderstände \overline{A}_1..... | | |
| B.1 | Allgemeines..... | 67 |
| B.2 | Unversteifte Kreiszyinderschalen..... | 68 |
| B.3 | Ringversteifte Kreiszyinderschalen..... | 70 |
| B.4 | Knotenlinien zwischen Schalen..... | 72 |
| B.5 | Kreisplatten mit axialsymmetrischen Randbedingungen..... | 75 |
| Anhang C (normativ) Formeln für lineare elastische Membran- und Biegespannungen..... | | |
| C.1 | Allgemeines..... | 76 |
| C.2 | Am Fuß eingespannte unversteifte Kreiszyinderschalen..... | 77 |
| C.3 | Am Fuß gelenkig gelagerte unversteifte Kreiszyinderschalen..... | 79 |
| C.4 | Innendruck in unversteiften Kreiszyinderschalen..... | 83 |
| C.5 | Ringsteife an einer Kreiszyinderschale..... | 84 |
| C.6 | Kreisplatten mit axialsymmetrischen Randbedingungen..... | 86 |
| Anhang D (normativ) Formeln für den Beulsicherheitsnachweis..... | | |
| D.1 | Unversteifte Kreiszyinderschalen mit konstanter Wanddicke..... | 88 |
| D.2 | Unversteifte Kreiszyinderschalen mit abgestufter Wanddicke..... | 98 |
| D.3 | Unversteifte Kreiszyinderschalen mit Überlappstößen..... | 103 |
| D.4 | Unversteifte Kegelschalen (vollständige Kegel und Kegelstümpfe)..... | 105 |
| Anhang E (normativ) \overline{A}_1 Formelausdrücke für die Bemessung des Referenzwiderstands..... | | |
| E.1 | Zylindrische Schalen unter konstanter globaler Biegung..... | 110 |
| E.2 | Vollständig oder teilweise kugelförmige Schalen..... | 114 |