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 A1 LS1: Grenzzustand des plastischen Versagens A1 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) A1 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 62
A.1 Allgemeines 62
A.2 Unversteifte Kreiszylinderschalen 63
A.3 Unversteifte Kegelschalen 64
A.4 Unversteifte Kugelschalen 66

Anhang B (normativ) A1 Zusätzliche Ausdrücke für plastische Referenzwiderstände A1 67
B.1 Allgemeines 67
B.2 Unversteifte Kreiszylinderschalen 68
B.3 Ringversteifte Kreiszylinderschalen 70
B.4 Knotenlinien zwischen Schalen 72
B.5 Kreisplatten mit axialsymmetrischen Randbedingungen 75

Anhang C (normativ) Formeln für lineare elastische Membran- und Biegespannungen 76
C.1 Allgemeines 76
C.2 Am Fuß eingespannte unversteifte Kreiszylinderschalen 77
C.3 Am Fuß gelenkig gelagerte unversteifte Kreiszylinderschalen 79
C.4 Innendruck in unversteiften Kreiszylinderschalen 83
C.5 Ringsteife an einer Kreiszylinderschale 84
C.6 Kreisplatten mit axialsymmetrischen Randbedingungen 86

Anhang D (normativ) Formeln für den Beulsicherheitsnachweis 88
D.1 Unversteifte Kreiszylinderschalen mit konstanter Wanddicke 88
D.2 Unversteifte Kreiszylinderschalen mit abgestufter Wanddicke 98
D.3 Unversteifte Kreiszylinderschalen mit Überlappstößen 103
D.4 Unversteifte Kegelschalen (vollständige Kegel und Kegelstümpfe) 105

Anhang E (normativ) A1 Formelausdrücke für die Bemessung des Referenzwiderstands 110
E.1 Zylindrische Schalen unter konstanter globaler Biegung 110
E.2 Vollständig oder teilweise kugelförmige Schalen 114