

# 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
<b>1 Allgemeines .....</b>	<b>7</b>
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
<b>2 Grundlagen der Bemessung und Modellierung.....</b>	<b>20</b>
2.1 Allgemeines .....	20
2.2 Berechnungskonzepte .....	20
2.2.1 Allgemeines .....	20
2.2.2 Globale Berechnung .....	21
2.2.3 Membrantheorietische 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
<b>3 Werkstoffe und Geometrie .....</b>	<b>23</b>
3.1 Werkstoffeigenschaften .....	23
3.2 Bemessungswerte der Abmessungen .....	23
3.3 Geometrische Toleranzen und geometrische Imperfektionen .....	24
<b>4 Grenzzustände der Tragfähigkeit in stählernen Schalen .....</b>	<b>25</b>
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
<b>5 Schnittgrößen und Spannungen in Schalen .....</b>	<b>30</b>

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	<b>A1) Grenzzustand des plastischen Versagens (LS1) <math>\langle A1 \rangle</math> .....</b>	<b>33</b>
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	<b>Grenzzustand Zyklisches Plastizieren (LS2) .....</b>	<b>36</b>
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	<b>Grenzzustand Beulen (LS3).....</b>	<b>38</b>
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	<b>A1) Bemessung mittels Referenzwiderständen.....</b>	<b>49</b>
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	<b>Grenzzustand Ermüdung (LS4).....</b>	<b>59</b>

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
<b>Anhang A (normativ) Membrantheoretische Spannungen in Schalen .....</b>		
A.1	Allgemeines.....	62
A.2	Unversteifte Kreiszyinderschalen.....	63
A.3	Unversteifte Kegelschalen.....	64
A.4	Unversteifte Kugelschalen.....	66
<b>Anhang B (normativ) <math>\overline{A}_1</math> Zusätzliche Ausdrücke für plastische Referenzwiderstände <math>\overline{A}_1</math>.....</b>		
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
<b>Anhang C (normativ) Formeln für lineare elastische Membran- und Biegespannungen.....</b>		
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
<b>Anhang D (normativ) Formeln für den Beulsicherheitsnachweis.....</b>		
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
<b>Anhang E (normativ) <math>\overline{A}_1</math> Formelausdrücke für die Bemessung des Referenzwiderstands.....</b>		
E.1	Zylindrische Schalen unter konstanter globaler Biegung.....	110
E.2	Vollständig oder teilweise kugelförmige Schalen.....	114