

# DIN EN 13445-3:2021-12 (D)

Unbefeuerte Druckbehälter - Teil 3: Konstruktion; Deutsche Fassung EN 13445-3:2021, nur auf CD-ROM

---

## Inhalt

Seite

|                                                                                                                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Europäisches Vorwort .....                                                                                                                                                                                     | 7  |
| 1 Anwendungsbereich .....                                                                                                                                                                                      | 8  |
| 2 Normative Verweisungen .....                                                                                                                                                                                 | 8  |
| 3 Begriffe .....                                                                                                                                                                                               | 9  |
| 4 Symbole und Abkürzungen .....                                                                                                                                                                                | 12 |
| 5 Grundlegende Auslegungskriterien .....                                                                                                                                                                       | 14 |
| 5.1 Allgemeines .....                                                                                                                                                                                          | 14 |
| 5.2 Schutz vor Korrosion und Erosion .....                                                                                                                                                                     | 14 |
| 5.3 Lastfälle .....                                                                                                                                                                                            | 17 |
| 5.4 Konstruktions- und Berechnungsverfahren .....                                                                                                                                                              | 24 |
| 5.5 Wanddickenberechnungen (DBF) .....                                                                                                                                                                         | 26 |
| 5.6 Schweißnahtfaktor .....                                                                                                                                                                                    | 27 |
| 5.7 Gestaltungsforderungen für Schweißverbindungen .....                                                                                                                                                       | 28 |
| 6 Maximal zulässige Werte für Berechnungsnennspannungen an drucktragenden Teilen .....                                                                                                                         | 31 |
| 6.1 Allgemeines .....                                                                                                                                                                                          | 31 |
| 6.2 Stähle (außer Gusseisen), außer austenitische Stähle nach 6.4 und 6.5, mit einer Mindestbruchdehnung nach der zutreffenden technischen Werkstoffnorm von weniger als 30 % .....                            | 32 |
| 6.3 Alternatives Verfahren für Stähle (außer Gusseisen), außer austenitische Stähle nach 6.4 und 6.5, mit einer Mindestbruchdehnung nach der zutreffenden technischen Werkstoffnorm von weniger als 30 % ..... | 32 |
| 6.4 Austenitische Stähle (außer Gusseisen) von $30 \% < A \% < 35 \%$ Bruchdehnung $A \%$ nach der maßgeblichen Werkstoffnorm .....                                                                            | 33 |
| 6.5 Austenitische Stähle (außer Gusseisen) von $A \% \geq 35 \%$ Bruchdehnung $A \%$ nach zugehöriger Werkstoffnorm .....                                                                                      | 33 |
| 6.6 Stahlgussstücke .....                                                                                                                                                                                      | 34 |
| 6.7 Berechnungsnennspannung von Verankerungsschrauben .....                                                                                                                                                    | 35 |
| 7 Schalen unter Innendruck .....                                                                                                                                                                               | 35 |
| 7.1 Allgemeines .....                                                                                                                                                                                          | 35 |
| 7.2 Zusätzliche Definitionen .....                                                                                                                                                                             | 35 |
| 7.3 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen .....                                                                                                                                                                  | 36 |
| 7.4 Zylinder- und Kugelschalen .....                                                                                                                                                                           | 36 |
| 7.5 Gewölbte Böden .....                                                                                                                                                                                       | 37 |
| 7.6 Kegelschalen und Kegelböden .....                                                                                                                                                                          | 42 |
| 7.7 Stützen im Krepfenbereich .....                                                                                                                                                                            | 51 |
| 8 Schalen unter Außendruck .....                                                                                                                                                                               | 55 |
| 8.1 Zweck .....                                                                                                                                                                                                | 55 |
| 8.2 Zusätzliche Definitionen .....                                                                                                                                                                             | 55 |
| 8.3 Zusätzliche Symbole und Abkürzungen .....                                                                                                                                                                  | 56 |
| 8.4 Allgemeines .....                                                                                                                                                                                          | 59 |
| 8.5 Zylinderschalen .....                                                                                                                                                                                      | 60 |
| 8.6 Kegelschalen .....                                                                                                                                                                                         | 81 |
| 8.7 Kugelschalen .....                                                                                                                                                                                         | 89 |
| 8.8 Behälterböden .....                                                                                                                                                                                        | 90 |

|           |                                                                                        |            |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>9</b>  | <b>Ausschnitte in Schalen und Böden.....</b>                                           | <b>90</b>  |
| 9.1       | Zweck .....                                                                            | 90         |
| 9.2       | Zusätzliche Definitionen .....                                                         | 91         |
| 9.3       | Zusätzliche Symbole und Abkürzungen .....                                              | 92         |
| 9.4       | Allgemeines.....                                                                       | 95         |
| 9.5       | Einzelausschnitte .....                                                                | 107        |
| 9.6       | Mehrfachausschnitte .....                                                              | 124        |
| 9.7       | Ausschnitte in der Nähe von Störstellen der Schale.....                                | 135        |
| <b>10</b> | <b>Ebene Böden .....</b>                                                               | <b>142</b> |
| 10.1      | Anwendungsbereich .....                                                                | 142        |
| 10.2      | Zusätzliche Begriffe.....                                                              | 143        |
| 10.3      | Zusätzliche Symbole und Abkürzungen .....                                              | 143        |
| 10.4      | An Zylinderschalen angeschweißte runde ebene Böden ohne Ausschnitte .....              | 145        |
| 10.5      | Verschraubte runde ebene Böden ohne Ausschnitte .....                                  | 152        |
| 10.6      | Runde ebene Böden mit Ausschnitten .....                                               | 155        |
| 10.7      | Nicht runde oder ringförmige ebene Böden .....                                         | 160        |
| <b>11</b> | <b>Flansche.....</b>                                                                   | <b>164</b> |
| 11.1      | Zweck .....                                                                            | 164        |
| 11.2      | Zusätzliche Definitionen .....                                                         | 164        |
| 11.3      | Zusätzliche Symbole und Abkürzungen .....                                              | 165        |
| 11.4      | Allgemeines.....                                                                       | 167        |
| 11.5      | Flansche mit innenliegender Dichtung.....                                              | 171        |
| 11.6      | Flansche mit durchgehender Weichstoffringdichtung .....                                | 188        |
| 11.7      | Dichtgeschweißte Flansche.....                                                         | 191        |
| 11.8      | Innenliegende Flansche mit innenliegender Dichtung.....                                | 192        |
| 11.9      | Innenliegende Flansche mit durchgehender Weichstoffdichtung.....                       | 194        |
| 11.10     | Flansche mit durchgehender Dichtfläche in Kraftnebenschluss.....                       | 198        |
| <b>12</b> | <b>Tellerböden (verschraubte gewölbte Böden) .....</b>                                 | <b>201</b> |
| 12.1      | Zweck .....                                                                            | 201        |
| 12.2      | Zusätzliche Definitionen .....                                                         | 201        |
| 12.3      | Zusätzliche Symbole und Abkürzungen .....                                              | 201        |
| 12.4      | Allgemeines.....                                                                       | 201        |
| 12.5      | Tellerböden mit innenliegender Dichtung.....                                           | 201        |
| 12.6      | Tellerböden mit durchgehender Dichtung.....                                            | 203        |
| <b>13</b> | <b>Wärmeaustauscher-Rohrböden .....</b>                                                | <b>205</b> |
| 13.1      | Zweck .....                                                                            | 205        |
| 13.2      | Zusätzliche Definitionen .....                                                         | 205        |
| 13.3      | Zusätzliche Symbole und Abkürzungen .....                                              | 205        |
| 13.4      | U-Rohr-Wärmeaustauscher .....                                                          | 208        |
| 13.5      | Festkopf-Wärmeaustauscher .....                                                        | 221        |
| 13.6      | Schwimmkopf-Wärmeaustauscher.....                                                      | 250        |
| 13.7      | Eigenschaften von Rohrböden .....                                                      | 268        |
| 13.8      | Höchstzulässige Berechnungsspannung an der Verbindung zwischen Rohr und Rohrboden..... | 275        |
| 13.9      | Höchstzulässige Knickspannung der Rohre.....                                           | 276        |
| 13.10     | Auslegung des Rohrbodenflansches mit schmaler Dichtfläche .....                        | 279        |
| 13.11     | Auslegung des Rohrbodenflansches mit vollflächiger Dichtung .....                      | 282        |
| 13.12     | Spezielle Rohr-Rohrboden-Schweißverbindungen .....                                     | 285        |
| <b>14</b> | <b>Kompensatoren .....</b>                                                             | <b>288</b> |
| 14.1      | Zweck .....                                                                            | 288        |
| 14.2      | Zusätzliche Definitionen .....                                                         | 288        |
| 14.3      | Zusätzliche Symbole und Abkürzungen .....                                              | 290        |
| 14.4      | Geltungsbereich.....                                                                   | 292        |
| 14.5      | Unverstärkte Kompensatoren mit U-förmigem Profil .....                                 | 295        |

|       |                                                                                        |     |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 14.6  | Verstärkte Kompensatorbälge mit U-förmigem Profil .....                                | 311 |
| 14.7  | Torusbälge (Kompensatoren mit torusförmigem Wellenprofil) .....                        | 320 |
| 14.8  | Herstellung .....                                                                      | 326 |
| 14.9  | Inspektion und Prüfung .....                                                           | 328 |
| 14.10 | Kompensatoren unter Einwirkung von Axial-, Lateral- oder Angularbewegungen .....       | 330 |
| 15    | Rechteckige Druckbehälter .....                                                        | 336 |
| 15.1  | Ziel .....                                                                             | 336 |
| 15.2  | Zusätzliche Definitionen .....                                                         | 336 |
| 15.3  | Zusätzliche Symbole und Abkürzungen .....                                              | 336 |
| 15.4  | Allgemeines .....                                                                      | 338 |
| 15.5  | Unverstärkte Behälter .....                                                            | 338 |
| 15.6  | Verstärkte Behälter .....                                                              | 347 |
| 15.7  | Öffnungen .....                                                                        | 356 |
| 16    | Andere Einwirkungen als Druck .....                                                    | 357 |
| 16.1  | Allgemeines .....                                                                      | 357 |
| 16.2  | Zusätzliche Definitionen .....                                                         | 358 |
| 16.3  | Zusätzliche Symbole und Abkürzungen .....                                              | 358 |
| 16.4  | Lokale Lasten an Stützen in Kugelschalen .....                                         | 359 |
| 16.5  | Lokale Lasten an Stützen in Zylinderschalen .....                                      | 370 |
| 16.6  | Streckenlasten .....                                                                   | 379 |
| 16.7  | Aufhängeösen .....                                                                     | 385 |
| 16.8  | Liegende Behälter auf Sätteln .....                                                    | 390 |
| 16.9  | Liegende Behälter mit Ringlagerung .....                                               | 405 |
| 16.10 | Stehende Behälter mit Tragpratzen .....                                                | 410 |
| 16.11 | Stehende Behälter auf Stützfüßen .....                                                 | 415 |
| 16.12 | Stehende Behälter auf Standzargen .....                                                | 417 |
| 16.13 | Stehende Behälter mit Ringlagerung .....                                               | 449 |
| 16.14 | Globale Lasten auf Zylinderschalen .....                                               | 459 |
| 17    | Vereinfachte Berechnung der Ermüdungslebensdauer .....                                 | 470 |
| 17.1  | Zweck .....                                                                            | 470 |
| 17.2  | Zusätzliche Definitionen .....                                                         | 470 |
| 17.3  | Zusätzliche Symbole und Abkürzungen .....                                              | 473 |
| 17.4  | Bedingungen für die Anwendbarkeit .....                                                | 474 |
| 17.5  | Allgemeines .....                                                                      | 476 |
| 17.6  | Bestimmung der zulässigen Anzahl von Druck- und Temperaturzyklen .....                 | 482 |
| 17.7  | Berechnungsregel .....                                                                 | 508 |
| 17.8  | Konstruktion und Fertigung .....                                                       | 508 |
| 17.9  | Prüfung .....                                                                          | 509 |
| 18    | Ausführliche Berechnung der Ermüdungslebensdauer .....                                 | 509 |
| 18.1  | Zweck .....                                                                            | 509 |
| 18.2  | Zusätzliche Definitionen .....                                                         | 510 |
| 18.3  | Zusätzliche Symbole und Abkürzungen .....                                              | 513 |
| 18.4  | Geltungsbereich .....                                                                  | 515 |
| 18.5  | Allgemeines .....                                                                      | 517 |
| 18.6  | Geschweißte Bauteile .....                                                             | 519 |
| 18.7  | Ungeschweißte Bauteile und Schrauben .....                                             | 524 |
| 18.8  | Korrekturfaktoren zur Berücksichtigung von Spannungen im überelastischen Bereich ..... | 528 |
| 18.9  | Ermüdung .....                                                                         | 530 |
| 18.10 | Ermüdungsfestigkeit geschweißter Bauteile .....                                        | 534 |
| 18.11 | Ermüdungsfestigkeit ungeschweißter Bauteile .....                                      | 554 |
| 18.12 | Ermüdungsfestigkeit von Stahlschrauben .....                                           | 560 |
| 19    | Auslegung im Zeitstandbereich .....                                                    | 562 |
| 19.1  | Zweck .....                                                                            | 562 |
| 19.2  | Zusätzliche Begriffe .....                                                             | 562 |

|                                                                                                                       |                                                                                                                     |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 19.3                                                                                                                  | Zusätzliche Symbole und Abkürzungen .....                                                                           | 562        |
| 19.4                                                                                                                  | Auslegung im Zeitstandbereich .....                                                                                 | 563        |
| 19.5                                                                                                                  | Berechnungsnennspannung im Zeitstandbereich.....                                                                    | 564        |
| 19.6                                                                                                                  | Schweißnahtfaktor im Zeitstandbereich .....                                                                         | 568        |
| 19.7                                                                                                                  | Überwiegend ruhende Druckbelastungen im Zeitstandbereich.....                                                       | 568        |
| 19.8                                                                                                                  | Auslegung nach Formeln DBF .....                                                                                    | 568        |
| 20                                                                                                                    | Regeln für die Auslegung von verstärkten ebenen Wänden.....                                                         | 572        |
| 20.1                                                                                                                  | Allgemeines.....                                                                                                    | 572        |
| 20.2                                                                                                                  | Verankerte ebene Wände .....                                                                                        | 572        |
| 20.3                                                                                                                  | Zusätzliche Symbole für verankerte ebene Wände.....                                                                 | 572        |
| 20.4                                                                                                                  | Erforderliche Wanddicke für verankerte ebene Wände.....                                                             | 572        |
| 20.5                                                                                                                  | Erforderliche Maße und Anordnung von Stehbolzen und Ankern.....                                                     | 572        |
| 20.6                                                                                                                  | Anforderungen für Stehbolzen mit Gewinde .....                                                                      | 573        |
| 20.7                                                                                                                  | Anforderungen für eingeschweißte Stehbolzen und geschweißte Anker .....                                             | 573        |
| 20.8                                                                                                                  | Tabellen für verankerte ebene Wände .....                                                                           | 574        |
| 20.9                                                                                                                  | Bilder/Verankerte ebene Wandungen .....                                                                             | 574        |
| 21                                                                                                                    | Runde ebene Böden mit radialen Verstärkungsrippen.....                                                              | 578        |
| 21.1                                                                                                                  | Zweck .....                                                                                                         | 578        |
| 21.2                                                                                                                  | Zusätzliche Begriffe.....                                                                                           | 578        |
| 21.3                                                                                                                  | Zusätzliche Symbole und Abkürzungen .....                                                                           | 580        |
| 21.4                                                                                                                  | Böden ohne zusätzliches Umfangsmoment.....                                                                          | 581        |
| 21.5                                                                                                                  | Böden mit zusätzlichem Umfangsmoment.....                                                                           | 583        |
| 21.6                                                                                                                  | Ausschnitte.....                                                                                                    | 585        |
| 21.7                                                                                                                  | Schweißnähte.....                                                                                                   | 585        |
| 21.8                                                                                                                  | Zentrierring .....                                                                                                  | 586        |
| 22                                                                                                                    | Statische Berechnung hoher stehender Behälter auf Standzargen.....                                                  | 587        |
| 22.1                                                                                                                  | Zweck .....                                                                                                         | 587        |
| 22.2                                                                                                                  | Zusätzliche Begriffe.....                                                                                           | 587        |
| 22.3                                                                                                                  | Zusätzliche Symbole und Abkürzungen .....                                                                           | 587        |
| 22.4                                                                                                                  | Lasten .....                                                                                                        | 588        |
| 22.5                                                                                                                  | Lastkombinationen .....                                                                                             | 592        |
| 22.6                                                                                                                  | Spannungsberechnung für Druckbehälterschalen und Standzargen.....                                                   | 592        |
| 22.7                                                                                                                  | Auslegung der Schweißnaht zwischen Standzarge und Druckbehälter (an gewölbtem Boden oder zylindrischer Schale)..... | 593        |
| 22.8                                                                                                                  | Auslegung von Verankerungsschrauben und der Bodenringanordnung .....                                                | 593        |
| 22.9                                                                                                                  | Fundamentlasten .....                                                                                               | 593        |
| 22.10                                                                                                                 | Wirbelablösung .....                                                                                                | 594        |
| <b>Anhang A (normativ) Anforderungen an die Ausführung von drucktragenden Schweißverbindungen .....</b>               |                                                                                                                     | <b>598</b> |
| <b>Anhang B (normativ) Analytischer Zulässigkeitsnachweis – Direktes Verfahren.....</b>                               |                                                                                                                     | <b>622</b> |
| B.9.6                                                                                                                 | Kriechermüdung und zyklische Ermüdung (KEN) .....                                                                   | 652        |
| <b>Anhang C (normativ) Verfahren der Spannungskategorien für die Auslegung mit Analyseverfahren.....</b>              |                                                                                                                     | <b>653</b> |
| <b>Anhang D (informativ) Prüfung der Form von Druckbehältern unter Außendruck .....</b>                               |                                                                                                                     | <b>675</b> |
| <b>Anhang E (normativ) Verfahren zur Berechnung der Unrundheit von Zylinder- und Kegelschalen.....</b>                |                                                                                                                     | <b>682</b> |
| <b>Anhang F (normativ) Zulässiger Außendruck für Druckbehälter mit toleranzüberschreitender Unrundheit .....</b>      |                                                                                                                     | <b>685</b> |
| <b>Anhang G (normativ) Alternativverfahren zur Auslegung von Flanschen und Flanschverbindungen mit Dichtung .....</b> |                                                                                                                     | <b>687</b> |
| <b>Anhang H (informativ) Dichtungsbeiwerte <math>m</math> und <math>y</math>.....</b>                                 |                                                                                                                     | <b>738</b> |

|                                                                                                                                                             |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Anhang I (informativ) Zusätzliche Angaben zu Rohrböden für Wärmeaustauscher .....</b>                                                                    | <b>741</b> |
| <b>Anhang J (normativ) Alternativverfahren zur Auslegung von Rohrböden für Wärmeaustauscher ..</b>                                                          | <b>745</b> |
| <b>Anhang K (informativ) Ergänzende Angaben für die Auslegung von Kompensatoren.....</b>                                                                    | <b>792</b> |
| <b>Anhang L (informativ) Berechnungsgrundlage für andere Einwirkungen als Druck.....</b>                                                                    | <b>799</b> |
| <b>Anhang M (informativ) Überwachung im Betrieb von Behältern, die im Ermüdungsbereich bzw.<br/>Zeitstandbereich betrieben werden.....</b>                  | <b>801</b> |
| <b>Anhang N (informativ) Literaturhinweise zu Abschnitt 18 .....</b>                                                                                        | <b>804</b> |
| <b>Anhang O (informativ) Physikalische Eigenschaften von Stahl.....</b>                                                                                     | <b>805</b> |
| <b>Anhang P (normativ) Klassifizierung von Einzelheiten von Schweißnähten, die unter Verwendung<br/>von Hauptspannungen zu beurteilen sind .....</b>        | <b>813</b> |
| <b>Anhang Q (normativ) Vereinfachte Methode zur Berechnung der Werkstoffermüdung für<br/>ungeschweißte Bereiche.....</b>                                    | <b>827</b> |
| <b>Anhang R (informativ) Koeffizienten für Kriechbruch-Modellgleichungen für die Extrapolation der<br/>Kriechbruchfestigkeit .....</b>                      | <b>828</b> |
| <b>Anhang S (informativ) Extrapolation der Berechnungsnennspannung auf der Basis des<br/>zeitunabhängigen Werkstoffverhaltens im Zeitstandbereich .....</b> | <b>835</b> |
| <b>Anhang T (normativ) Auslegung nach experimentellen Verfahren.....</b>                                                                                    | <b>841</b> |
| <b>Anhang U (informativ) Leitlinien zur Vernachlässigbarkeit zusätzlicher Temperaturzyklen beim<br/>Ermüdungs- und Ratcheting-Nachweis .....</b>            | <b>854</b> |
| <b>Anhang V (informativ) Berücksichtigung eines Puffers für unbekannte Lasten am Stutzen —<br/>Auslegung der Ausschnitte für unbekannte Lasten.....</b>     | <b>863</b> |
| <b>Anhang Y (informativ) Entwicklung der EN 13445-3.....</b>                                                                                                | <b>864</b> |
| <b>Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den<br/>grundlegenden Anforderungen der Richtlinie 2014/68/EU .....</b>        | <b>865</b> |

