

Quelle: <https://www.arbeitssicherheit.de//document/1a734205-26fd-3b33-94f1-b24d692cc4fb>

Bibliografie	
Titel	Technische Regeln für Dampfkessel Berechnung Zylinderförmige Schalen unter äußerem Überdruck (TRD 306)
Amtliche Abkürzung	TRD 306
Normtyp	Technische Regel
Normgeber	Bund
Gliederungs-Nr.	Keine FN

Abschnitt 5 TRD 306 - Berechnung gegen vorwiegend ruhende Außendruckbeanspruchung [\(1\)](#)

5.1 Die Berechnung der Zylinderschalen ist gegen plastisches Verformen nach Abschnitt 5.2 und gegen elastisches Einbeulen nach Abschnitt 5.3 durchzuführen. Der nach beiden Nummern kleinste Wert für p bzw. größte Wert für s₀ ist maßgebend.

5.2 Berechnung gegen plastisches Verformen

5.2.1 Zylinderschalen mit gerader Mantellinie [2; 3]

$$p = 2\sigma_{zul} \cdot \frac{s_0}{d_m} \cdot \frac{1 + 0,1 \frac{d_m}{l}}{1 + 0,03 \frac{d_m}{s_0} \frac{U}{1 + 5 \frac{d_m}{l}}}$$

5.2.2 Zylinderschalen mit gewellter Mantellinie [4 bis 6] Der zulässige äußere Überdruck beträgt

$$p = 2\sigma_{zul} \cdot \frac{A}{t \cdot d_m} \cdot \frac{1 + 0,1 \frac{d_m}{l}}{1 + \frac{A \cdot w \cdot d_m}{800 \cdot l} \cdot \frac{U}{1 + 5 \frac{d_m}{l} \left(\frac{s_0}{w}\right)^3}}$$

5.3 Berechnung gegen elastisches Einbeulen [7; 8]

5.3.1 Zylinderschalen mit gerader Mantellinie

5.3.1.1 Der zulässige äußere Überdruck versteifter Zylinderschalen beträgt

$$p = 2 \frac{E}{S_K} \left\{ \frac{\frac{s_0}{d_a}}{\left(n^2 - 1\right) \left[1 + \left(\frac{n}{X}\right)^2\right]^2} + \frac{\left(\frac{s_0}{d_a}\right)^3}{3(1 - \nu^2)} \left[n^2 - 1 + \frac{2 \cdot n^2 - 1 - \nu}{1 + \left(\frac{n}{X}\right)^2} \right] \right\}$$

wobei $X = \sim \cdot d_a/2l$

und (1) n ganzzahlig

(2) $n \geq 2$

(3) $n > X$

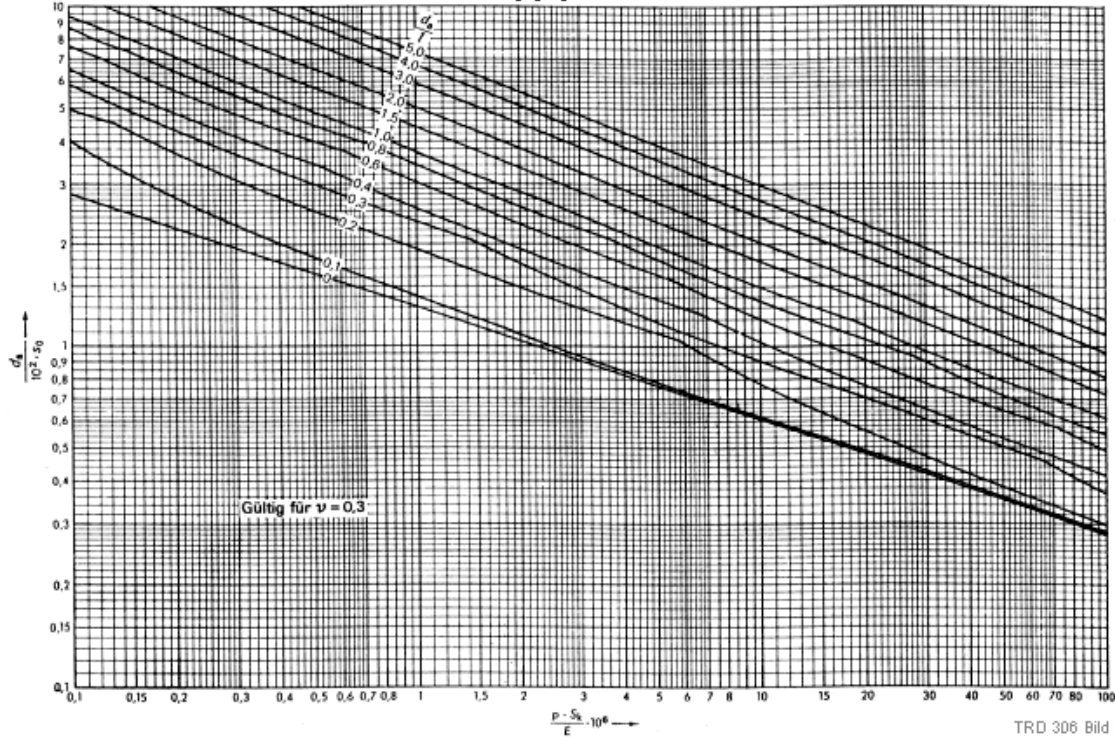
so zu wählen ist, daß p zum kleinsten Wert wird. n bedeutet dann die Anzahl der Einbeulwellen, die beim Versagen auf dem Umfang auftreten. Zur Abschätzung von n kann die Gleichung

$$n = 1,634 \sqrt{\left(\frac{d_a}{l}\right)^2 \cdot \frac{d_a}{s_0}}$$

herangezogen werden (gilt für $\nu = 0,3$).

Die erforderliche Wanddicke kann nach Bild 2 für gebräuchliche Abmessungen und $\nu = 0,3$ bestimmt werden.

Bild 2. Erforderliche Wanddicke s bei Berechnung gegen elastisches Einbeulen



5.3.1.2 Für Rohre kann der zulässige äußere Überdruck auch nach Gl. (7) berechnet werden.

$$p = \frac{2E}{S_k(1-\nu^2)} \left(\frac{s_0}{d_a}\right)^3$$

5.3.2 Zylinderschalen mit gewellter Mantellinie

Der zulässige äußere Überdruck beträgt

$$p = \frac{24 E \cdot l}{S_k(1-\nu^2)l \cdot d_m^3}$$

Gewellte Flammrohre nach den [Tafeln 2 bis 4](#) brauchen nicht gegen elastisches Einbeulen nachgerechnet zu werden.

5.4 Unrundheit

Für die Unrundheit U in % gelten bei Ovalität

$$U = 2 \frac{\hat{d}_i - \check{d}_i}{\hat{d}_i + \check{d}_i} \cdot 100$$

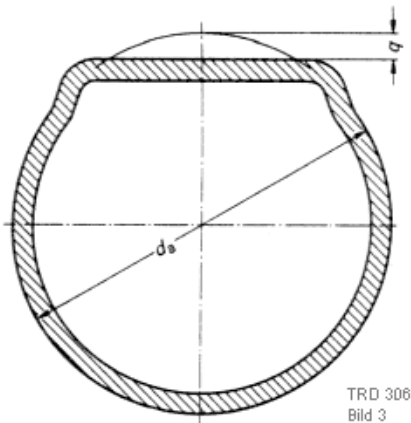
und bei örtlichen Abflachungen, Bild 3,

$$U = 4 \frac{q}{d_a} \cdot 100$$

Für U ist in die Berechnung gegen plastisches Verformen bei neuen Zylinderschalen mit gerader Mantellinie 1,5 % und mit gewellter Mantellinie 1,0 % einzusetzen. Bei gebrauchten Flammrohren ist die Unrundheit aufgrund von Messungen der Durchmesser zu ermitteln.

In der Berechnung gegen elastisches Einbeulen werden Unrundheiten im Rahmen des Sicherheitsbeiwertes berücksichtigt, siehe [Abschnitt 9](#).

Bild 3. Abflachung von Zylinderschalen



TRD 306
Bild 3

5.5 Versteifungen

5.5.1 Die in die Berechnung einzusetzende größte unversteifte Länge l ist

(1) bei Zylinderschalen ohne Ringversteifungen die zylindrische Mantellänge, Bilder 4 und 5,

Bild 4. Mantel mit ebenen Böden

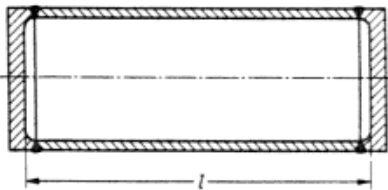
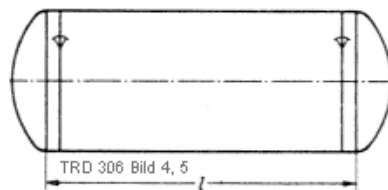


Bild 5. Mantel mit gewölbten Böden



TRD 306 Bild 4, 5

(2) bei Feuerbüchsen der größere Wert aus $l = 1,5 l_4$ bzw. $l = 2 l_5$, Bild 6. (Es können nur Querrohre mit Außendurchmessern ≥ 108 mm berücksichtigt werden, bei denen außerdem die Bedingung $360/\varphi \geq 2n$ erfüllt ist. Die Anzahl n der Einbeulwellen ist hierbei nach Abschnitt 5.3 mit $l = 1,5 l_6$ zu ermitteln),

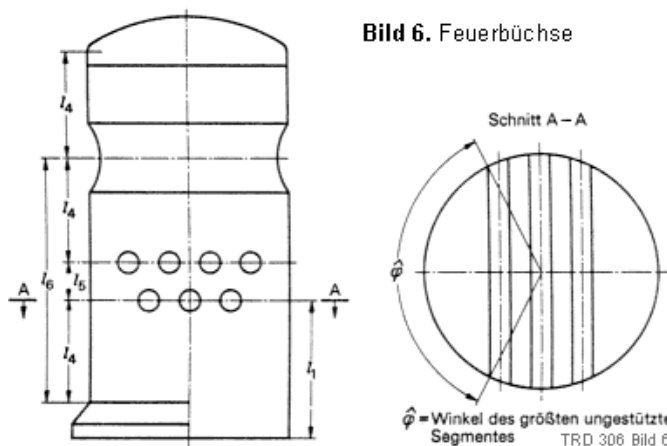
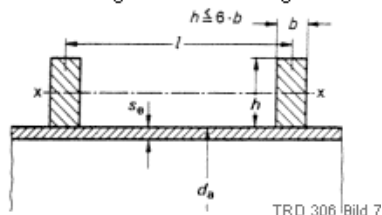


Bild 6. Feuerbüchse

TRD 306 Bild 6

(3) bei Zylinderschalen mit Ringversteifungen der Mittenabstand zwischen zwei wirksamen Versteifungen, Bild 7.

Bild 7. Ring als Versteifung



TRD 306 Bild 7

5.5.2 Wird ein Glattrohr mit einem Wellrohrschuß verschweißt, so ist für die Berechnung des Glattrohrschusses das 1,5fache der Länge des glatten Zylinders einzusetzen. Da bei der Herstellung gewellter Flammrohre der glatte Teil des Rohres ohnehin stärker

bleibt (in der Regel um etwa 1,5 mm) als der gewellte Teil, braucht dieser glatte Teil nicht nach den Gleichungen für glatte Flammrohre berechnet zu werden, sofern seine beanspruchte Länge von der Mitte der Befestigung am Boden bis zum Beginn der ersten Welle 250 mm nicht übersteigt.

5.5.3 Ebene und gewölbte Böden können als wirksame Versteifungen angesehen werden.

5.5.4 Aufgeschweißte Ringversteifungen, welche die Länge l wirksam begrenzen, müssen so bemessen sein, daß sie sich weder unzulässig verformen, noch einknicken [9]. Das erforderliche Flächenträgheitsmoment des Ringes beträgt

$$I \geq \frac{0,0413 S_K \cdot p \cdot d_a^3 \sqrt{d_a \cdot s_0}}{E}$$

Dabei muß der Ringquerschnitt zusätzlich folgende Bedingungen erfüllen

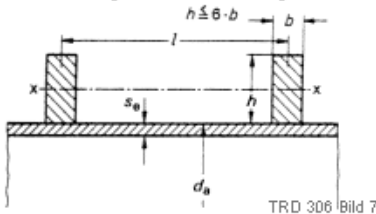
$$A \geq \frac{p \cdot d_a \sqrt{d_a \cdot s_0}}{2\sigma_{zul}}$$

(12)

Bei Rechteckquerschnitten darf höchstens eine Höhe $h = 6 b$ in die Rechnung eingesetzt werden. Das Flächenträgheitsmoment I ist auf die zur Zylinderachse parallele Schwerpunktschwerachse des Versteifungsquerschnitts zu beziehen, siehe Achse $x - x$ in Bild 7.

Bei Flammrohren sind eventuell erforderliche Versteifungsrings mit $h \geq 5 s_0$ und $b \geq 2 s_0$ auszuführen.

Bild 7. Ring als Versteifung



5.5.5 Der Werkstoff von Ringversteifungen muß den gleichen Elastizitätsmodul und den gleichen thermischen Längenausdehnungskoeffizienten wie der Werkstoff der Zylinderschale haben. Die Wirksamkeit der Versteifung ist außerdem durch volltragendes Verschweißen mit der Zylinderschale zu gewährleisten.

Fußnoten

(1) Red. Anm.: Außer Kraft am 1. Januar 2013 durch die Bek. vom 17. Oktober 2012 (GMBI S. 902)