

Berechnung von Druckbehältern	Tellerböden	AD 2000-Merkblatt B 4
--	--------------------	----------------------------------

Die AD 2000-Merkblätter werden von den in der „Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter“ (AD) zusammenarbeitenden, nachstehend genannten sieben Verbänden aufgestellt. Aufbau und Anwendung des AD 2000-Regelwerkes sowie die Verfahrensrichtlinien regelt das AD 2000-Merkblatt G1.

Die AD 2000-Merkblätter enthalten sicherheitstechnische Anforderungen, die für normale Betriebsverhältnisse zu stellen sind. Sind über das normale Maß hinausgehende Beanspruchungen beim Betrieb der Druckbehälter zu erwarten, so ist diesen durch Erfüllung besonderer Anforderungen Rechnung zu tragen.

Wird von den Forderungen dieses AD 2000-Merkblattes abgewichen, muss nachweisbar sein, dass der sicherheitstechnische Maßstab dieses Regelwerkes auf andere Weise eingehalten ist, z.B. durch Werkstoffprüfungen, Versuche, Spannungsanalyse, Betriebserfahrungen.

Fachverband Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau e.V. (FDBR), Düsseldorf

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Sankt Augustin

Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), Frankfurt/Main

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA), Fachgemeinschaft Verfahrenstechnische Maschinen und Apparate, Frankfurt/Main

Verein Deutscher Eisenhüttenleute (VDEh), Düsseldorf

VGB PowerTech e.V., Essen

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V. (VdTÜV), Essen

Die AD 2000-Merkblätter werden durch die Verbände laufend dem Fortschritt der Technik angepasst. Anregungen hierzu sind zu richten an den Herausgeber:

Verband der Technischen Überwachungs-Vereine e.V., Postfach 10 38 34, 45038 Essen.

Inhalt

- | | |
|---|------------------------------------|
| 0 Präambel | 6 Verschwächung durch Ausschnitte |
| 1 Geltungsbereich | 7 Zuschläge |
| 2 Allgemeines | 8 Berechnung auf inneren Überdruck |
| 3 Formelzeichen und Einheiten | 9 Berechnung auf äußeren Überdruck |
| 4 Sicherheitsbeiwert | 10 Kleinste Wanddicke |
| 5 Ausnutzung der zulässigen
Berechnungsspannung in
Fügeverbindungen | 11 Schrifttum |
| | Anhang 1: Erläuterungen |

0 Präambel

Zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Druckgeräte-Richtlinie kann das AD 2000-Regelwerk angewandt werden, vornehmlich für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“ und „B + F“.

Das AD 2000-Regelwerk folgt einem in sich geschlossenen Auslegungskonzept. Die Anwendung anderer technischer Regeln nach dem Stand der Technik zur Lösung von Teilproblemen setzt die Beachtung des Gesamtkonzeptes voraus.

Bei anderen Modulen der Druckgeräte-Richtlinie oder für andere Rechtsgebiete kann das AD 2000-Regelwerk sinngemäß angewandt werden. Die Prüfzuständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Die nachstehenden Berechnungsregeln gelten für Tellerböden von Druckbehältern unter innerem und äußerem Über-

druck, bei denen das Verhältnis der Wanddicke der Kugelschale zum Wölbungshalbmesser

$$0,005 \leq \frac{s_e - c_1 - c_2}{R} \leq 0,1 \quad (1)$$

ist.

2 Allgemeines

2.1 Dieses AD 2000-Merkblatt ist nur im Zusammenhang mit AD 2000-Merkblatt B 0 anzuwenden.

2.2 Die Wanddicke ebener Böden bildet den Grenzfall für die Wanddicke von Tellerböden.

2.3 Der Übergangsradius r vom Flanschblatt zur Kugelschale muss mindestens 6 mm betragen. Bei wenig verformungsfähigen Werkstoffen, deren Bruchdehnung A_5 unter 10 % liegt, ist der Übergangsradius r mindestens gleich der Wanddicke der Kugelschale auszuführen; er braucht jedoch 30 mm nicht zu übersteigen.

Die AD 2000-Merkblätter sind urheberrechtlich geschützt. Die Nutzungsrechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, die Wiedergabe auf fotomechanischem Wege und die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei auszugsweiser Verwertung, dem Urheber vorbehalten.

3 Formelzeichen und Einheiten

Über die Festlegungen des AD 2000-Merkblattes B 0 hinaus gilt:

b	Breite des Flanschblattes	in mm
h_F	Höhe des Flanschblattes	in mm
r	Übergangsradius vom Flanschblatt zur Kugelschale	in mm
s_0	erforderliche Wanddicke der ungestörten Kugelkalotte	in mm
F	Kräfte am Flanschblatt	in N
M	Moment am Flanschblatt	in N mm
ϕ	hier: Flanschblattneigung	in °
\bar{x}	Hilfswert	in mm

4 Sicherheitsbeiwert

4.1 Der Sicherheitsbeiwert ist den Tafeln 2 und 3 des AD 2000-Merkblattes B 0 Abschnitt 7 zu entnehmen.

Abweichend hiervon betragen die Werte für Grauguss

- a) ungeglüht 7,0
- b) geglüht oder emailliert 6,0.

4.2 Der Sicherheitsbeiwert S_K gegen elastisches Einbeulen des Bodens bei äußerem Überdruck ist mit Formel (2) zu berechnen.

$$S_K = 3 + \frac{0,002}{\left(\frac{s_e - c_1 - c_2}{R} \right)} \quad (2)$$

Wird ein höherer Prüfdruck als $1,3 p$ gefordert, so darf der Sicherheitsbeiwert S'_K beim Prüfdruck den Wert

$$S'_K = S_K \cdot \frac{2,2}{3} \quad (3)$$

nicht unterschreiten.

4.3 Der Sicherheitsbeiwert S ist bei allen Nachweisen für äußeren Überdruck gegenüber den Tafeln 2 und 3 des AD 2000-Merkblattes B 0 um 20 % zu erhöhen, ausgenommen davon sind die Werte für Grauguss und Gussbronze.

4.4 Der Nachweis des Kalottenteils gegen plastische Instabilität wird mit dem Sicherheitsbeiwert S nach Abschnitt 4.3 geführt, jedoch ist ein Mindestwert von 2,4 einzusetzen.

5 Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in Fügeverbindungen

Die Berechnung gilt auch für Tellerböden, die aus mehreren Teilen zusammengesweißt sind. Die Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in der Schweißnaht einer zusammengesetzten Kugelkalotte ist entsprechend AD 2000-Merkblatt HP 0 zu berücksichtigen.

6 Verschwächung durch Ausschnitte

Ausschnitte in Tellerböden können nach AD 2000-Merkblatt B 9 berechnet werden, wobei als Innendurchmesser der Kugel der doppelte Wölbungsradius einzusetzen ist. Der Abstand des Ausschnittes vom Innenrand des Flansches muß hierbei mindestens der Abklinglänge

$$x = 2 \sqrt{(2R + s_e - c_1 - c_2) \cdot (s_e - c_1 - c_2)} \quad (4)$$

entsprechen.

Bei Verwendung scheibenförmiger Verstärkungen darf der Abstand zwischen Innenrand des Flansches und Scheibenrand

$$\sqrt{(2R + s_e - c_1 - c_2) \cdot (s_e - c_1 - c_2)}$$

nicht unterschreiten.

Ausschnitte im Randbereich sind möglich, wenn auf andere Weise nachgewiesen wird, dass die zulässigen Beanspruchungen nicht überschritten werden.

7 Zuschläge

Zuschläge siehe AD 2000-Merkblatt B 0, Abschnitt 9.

8 Berechnung auf inneren Überdruck

8.1 Tellerböden mit gleicher Wanddicke in Kugelschale und Flansch (Bilder 1 und 2)

Die erforderliche Wanddicke s der Kugelschale ist nach Formel (5) zu berechnen:

$$s = \frac{p \cdot R \cdot \beta}{20 \cdot \frac{K}{S} \cdot v} + c_1 + c_2 \leq s_e \quad (5)$$

$$\text{mit } \beta = \beta_1 + C_A \quad (5a)$$

Der Berechnungsbeiwert β_1 ist Bild 3 in Abhängigkeit von $\frac{d_i}{R}$ und $\frac{R}{s - c_1 - c_2}$ zu entnehmen oder mit Formel (6) zu berechnen.

$$\beta_1 = 1 + 0,833 \cdot \sqrt{\frac{R}{(s - c_1 - c_2)}} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha \quad (6)$$

$$\text{mit } \sin \alpha = \frac{d_i}{2R} \quad (7)$$

$$\text{und } \cos \alpha = \sqrt{1 - \left(\frac{d_i}{2R} \right)^2} \quad (8)$$

Der Ausdruck β darf den Wert 1,85 nicht unterschreiten.

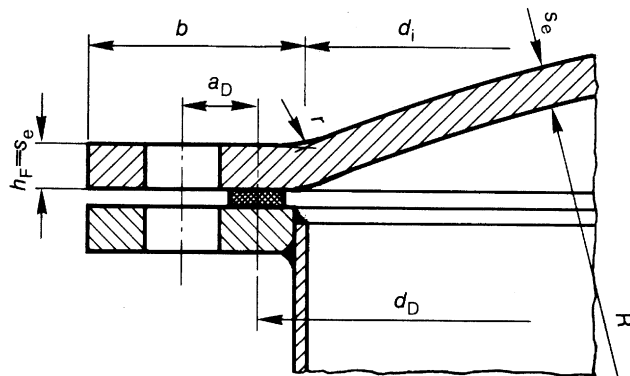


Bild 1. Tellerboden mit gleicher Wanddicke in Kugelschale und Flansch bei innenliegender Dichtung

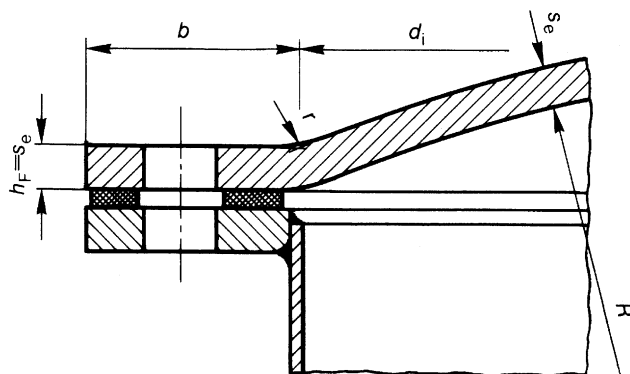
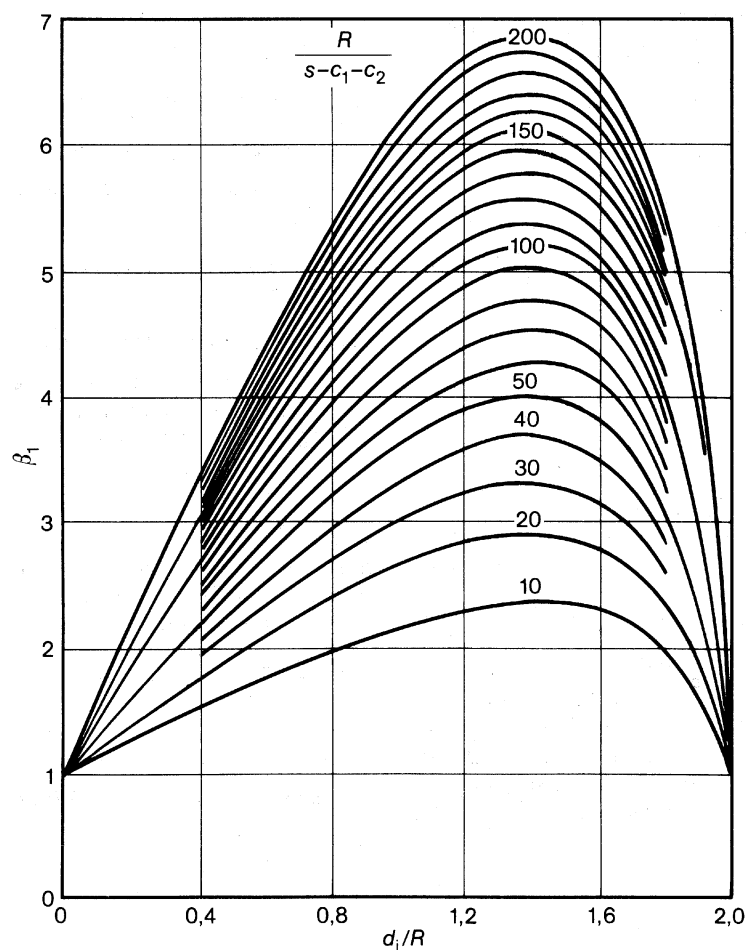


Bild 2. Tellerboden mit gleicher Wanddicke in Kugelschale und Flansch bei durchgehender Dichtung



Ebene Platte

Halbkugel

Bild 3. Berechnungsbeiwert β_1 für Tellerböden mit gleicher Wanddicke in Kugelschale und Flansch

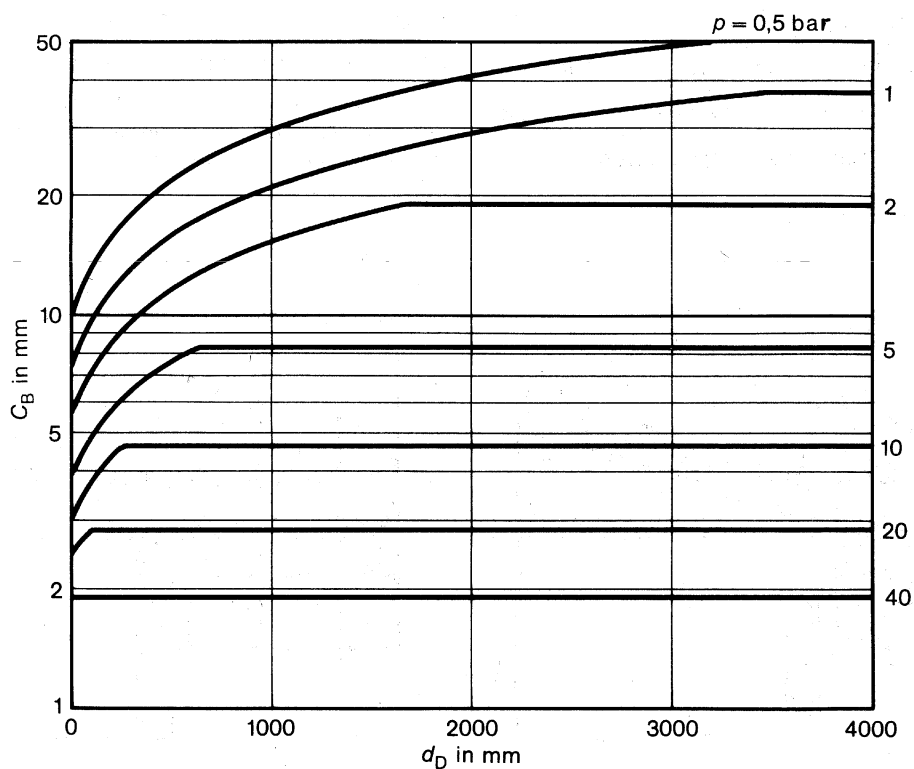


Bild 4. Berechnungsbeiwert C_B zur Ermittlung des C_A -Wertes

Der Berechnungsbeiwert beträgt $C_A = 0$ bei durchgehender Dichtung. Bei innenliegender Dichtung ist er mit Formel (9) zu berechnen.

$$C_A = \frac{130 \cdot d_D \cdot a_D \cdot C_B}{R \cdot (d_i + 2b) \cdot (s - c_1 - c_2)} \quad (9)$$

Für Weichstoff-Dichtungen ist der Berechnungsbeiwert C_B in mm Bild 4 in Abhängigkeit von d_D und p zu entnehmen oder mit Formel (10) und (11) zu berechnen, wobei der kleinere der beiden Werte zu verwenden ist.

$$C_B = 1 + \frac{36}{p} \quad (10)$$

$$C_B = 1 + 6 \cdot \sqrt{\frac{1 + \frac{d_D}{100}}{p}} \quad (11)$$

mit d_D in mm und p in bar

Die Berechnungsbeiwerte C_B gelten für $p \leq 40$ bar und $d_D \leq 4000$ mm.

8.2 Tellerböden mit losem Flansch (Bilder 5 und 6)

8.2.1 Berechnung der Kugelkalotte

Die erforderliche Wanddicke der Kugelkalotte im mittleren ungestörten Bereich (außerhalb des Bereiches der Abklinglänge) ist mit Formel (15) zu berechnen. Die Wanddicke der Kugelkalotte im Bereich der Abklinglänge x nach Formel (4) und im Einspannbereich ist mit Formel (12) zu berechnen.

$$s = \frac{p \cdot R \cdot \beta}{20 \cdot \frac{K}{S} \cdot v} + c_1 + c_2 \leq s_e \quad (12)$$

$$\text{mit } \beta = \beta_2 \cdot C_C \quad (12a)$$

Der Ausdruck β darf den Wert 1,85 nicht unterschreiten. Der Berechnungsbeiwert C_C ist Bild 7 zu entnehmen oder mit Formel (13) zu berechnen.

$$C_C = \frac{4,32 \cdot 10^{-6} \cdot d_i^2 + 0,388 d_i + 745}{d_i + 742} \quad (13)$$

Der Berechnungsbeiwert β_2 ist Bild 8 in Abhängigkeit von $\frac{d_i}{R}$ und $\frac{R}{s - c_1 - c_2}$ zu entnehmen oder im Bereich

$0,6 \leq \frac{d_i}{R} \leq 1,5$ mit Formel (14) zu berechnen.

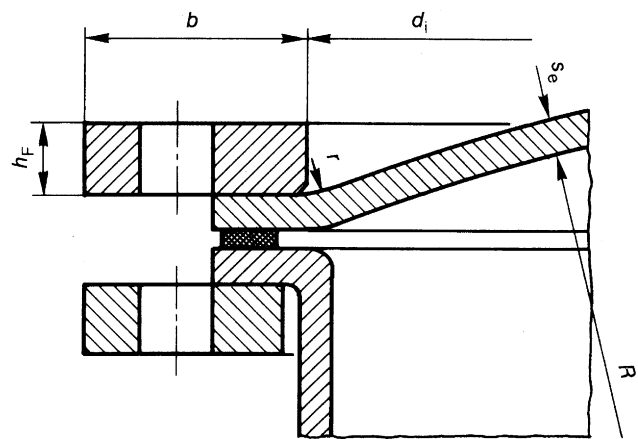


Bild 5. Tellerboden mit losen Flanschen und innenliegender Dichtung

$$\beta_2 = 1,3 \cdot \sqrt{\frac{R}{s - c_1 - c_2}} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha - \sin^2 \alpha \quad (14)$$

$\sin \alpha$ und $\cos \alpha$ siehe Formeln (7) und (8)

8.2.2 Berechnung der Losflansche

Die Berechnung der Losflansche erfolgt nach AD 2000-Merkblatt B 8.

8.3 Tellerböden mit verstärktem Flansch

(Bilder 9 und 10)

8.3.1 Berechnung der Kugelkalotte

Die erforderliche Wanddicke s_0 der Kugelkalotte im mittleren ungestörten Bereich (außerhalb des Bereiches der Abklinglänge) ist mit Formel (15) zu berechnen.

$$s_0 = \frac{p \cdot R}{20 \cdot \frac{K}{S} \cdot v} + c_1 + c_2 \quad (15)$$

Im Bereich der Abklinglänge x (Randbereich nach Formel (4)) von Kugelkalotten ist die Wanddicke iterativ mit Formel (16) zu berechnen.

$$s = \frac{p \cdot R \cdot C_N \cdot \beta}{20 \cdot \frac{K}{S}} + c_1 + c_2 \leq s_e \quad (16)$$

mit β nach Formel (17a) bzw. (17b) oder Bild 12.

$$\beta = 2,18 - 0,593 \lg \bar{x} + 0,381 (\lg \bar{x})^2 - 0,12 (\lg \bar{x})^3 + 0,4 (\lg \bar{x})^4 \quad (17a)$$

$$\text{für } \bar{x} = \frac{s - c_1 - c_2}{R} \cdot \sqrt{d_i \cdot (s - c_1 - c_2)} \leq 3$$

bzw.

$$\beta = 2 \quad (17b)$$

$$\text{für } \bar{x} = \frac{s - c_1 - c_2}{R} \cdot \sqrt{d_i \cdot (s - c_1 - c_2)} > 3$$

Bei Konstruktionen mit einer Schweißnaht im Übergang vom Flansch zum Kugelschale beträgt $C_N = 1,2$. Wenn der Übergang mit inneren und äußeren Radien ausgeführt wird, die den im Abschnitt 2.3 genannten Bedingungen entsprechen, beträgt $C_N = 1$.

8.3.2 Berechnung des Flansches

Die Berechnung erfolgt in Anlehnung an AD 2000-Merkblatt B 7 und B 8 bzw. DIN 2505, wobei die Dichtungskennwerte dort entnommen werden können.

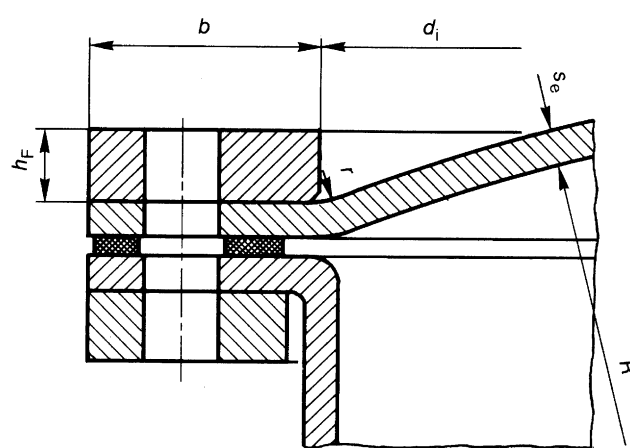


Bild 6. Tellerboden mit losen Flanschen und durchgehender Dichtung

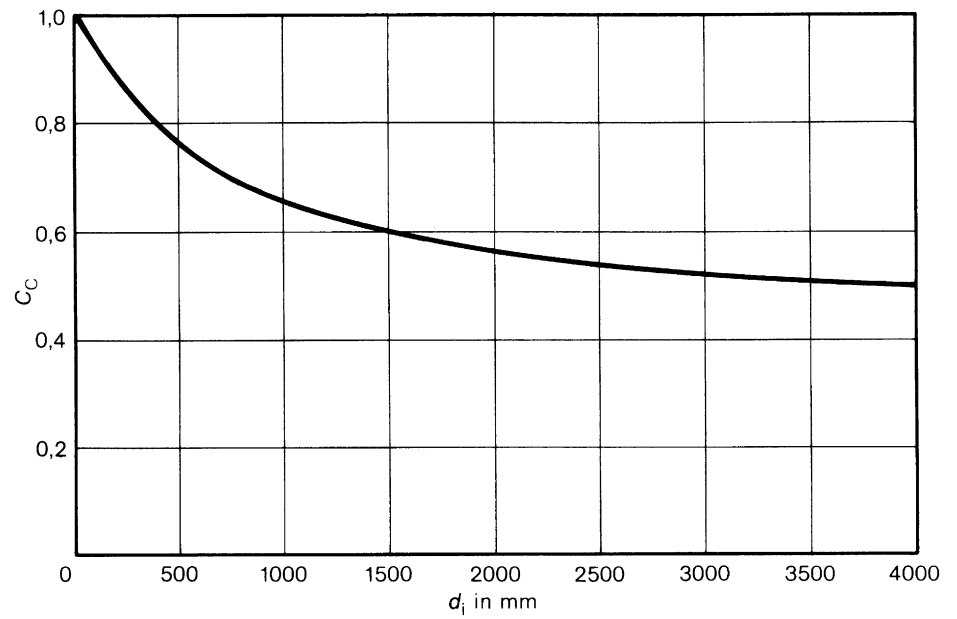


Bild 7. Berechnungsbeiwert C_C für Tellerböden mit losem Flansch

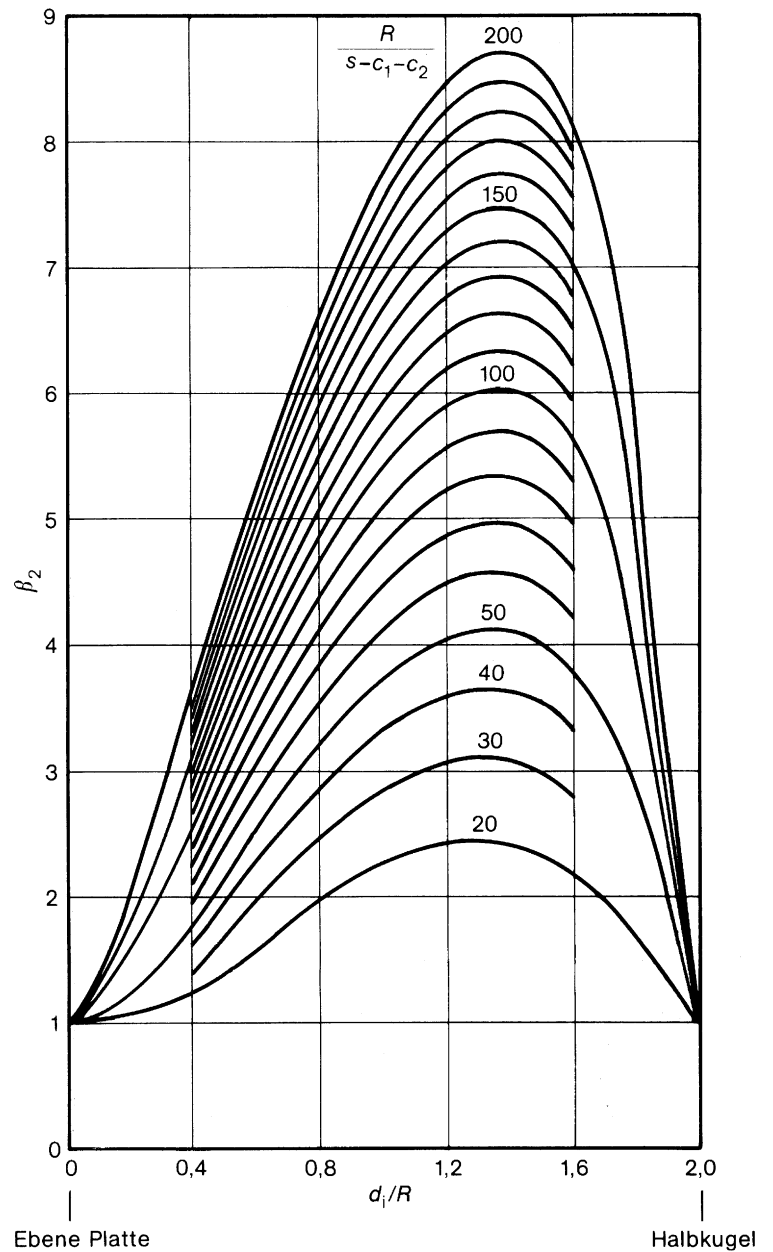


Bild 8. Berechnungsbeiwert β_2 für Tellerböden mit losen Flanschen

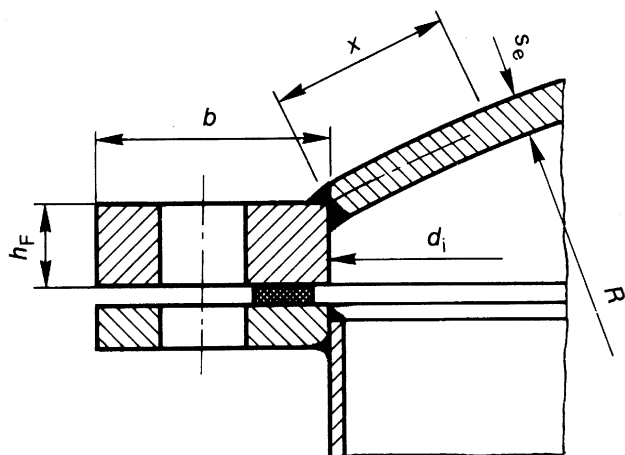


Bild 9. Tellerboden mit verstärktem Flansch; Übergang unbearbeitet

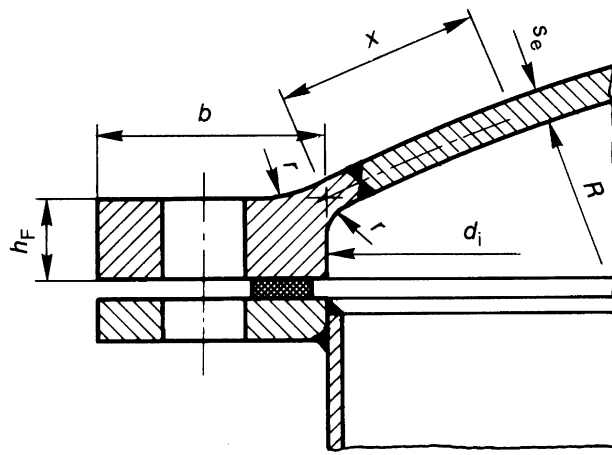


Bild 10. Tellerboden mit verstärktem Flansch; Übergang bearbeitet

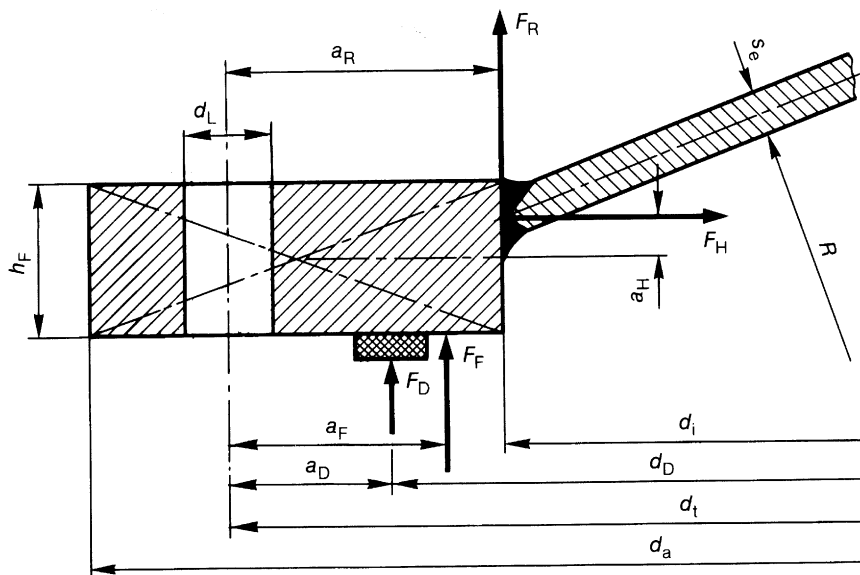


Bild 11. Kräfte am Tellerboden mit verstärktem Flansch

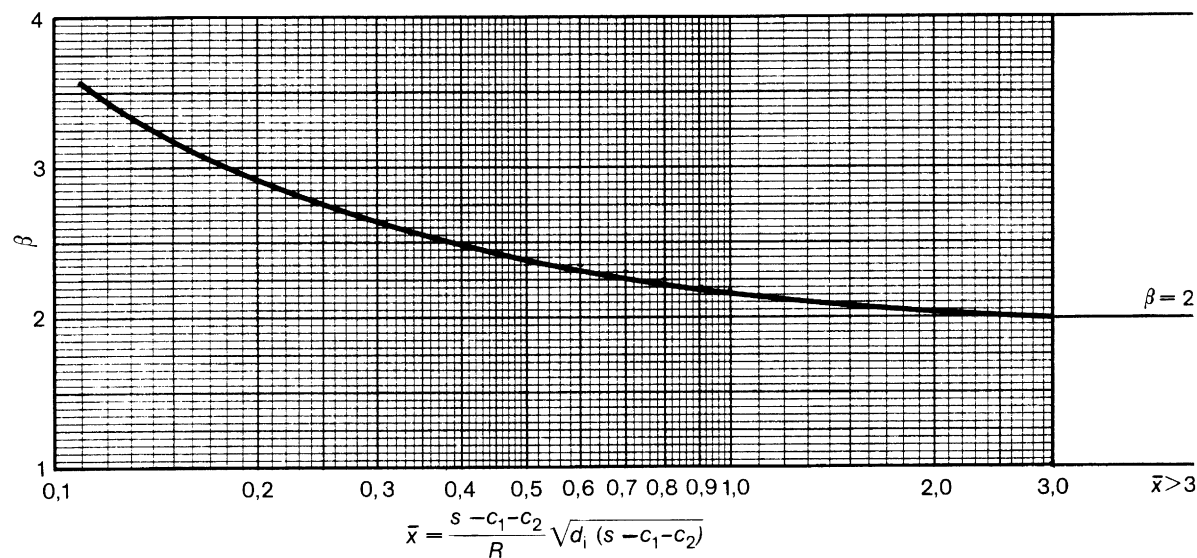


Bild 12. Berechnungsbeiwert β für den Randbereich der Kugelkalotte bei Tellerböden mit verstärktem Flansch

Die Kräfte und Momente betragen im

(1) Betriebszustand:

$$F_{RB} = \frac{p \cdot d_i^2 \cdot \pi}{40} \quad (18)$$

$$F_{FB} = \frac{p \cdot (d_D^2 - d_i^2) \cdot \pi}{40} \quad (19)$$

$$F_{DB} = \frac{p}{10} \cdot \pi \cdot d_D \cdot S_D \cdot k_1 \quad (20)$$

mit $S_D = 1,2$

$$F_{HB} = \frac{p}{20} \cdot \pi \cdot d_i \cdot \sqrt{R^2 - \frac{d_i^2}{4}} \quad (21)$$

$$M_B = F_{RB} \cdot a_R + F_{FB} \cdot a_F + F_{DB} \cdot a_D \mp F_{HB} \cdot a_H \quad (22)$$

Additionszeichen für $F_{HB} \cdot a_H$, wenn F_{HB} unterhalb, Subtraktionszeichen für $F_{HB} \cdot a_H$, wenn F_{HB} oberhalb des Flanschblattschwerpunktes angreift (siehe Bild 11).

(2) Einbauszustand:

$$F_{DV} = \pi \cdot d_D \cdot k_0 \cdot K_D \text{ bzw. } F_{DV}^+ \quad (23)$$

mit F_{DV}^+ nach AD 2000-Merkblatt B 7, Abschnitt 6.1.2.2

$$M_0 = F_{DV} \cdot a_D \text{ bzw. } M_0 = F_{DV}^+ \cdot a_D \quad (24)$$

(3) Prüfzustand:

Ist der Prüfdruck $p' > 1,3 \cdot p$, sind die Kraftkomponenten und Flanschmomente auch für diesen Lastfall zu ermitteln.

Zur Verfolgung des Einflusses der Horizontalkraft F_{HB} ist der wirksame Randquerschnitt zu ermitteln:

$$A = A_F + A_K \quad (25)$$

mit A_F = Flanschquerschnitt und A_K = anteiliger Kalottenquerschnitt

$$A_F = 0,5 \cdot (d_a - d_i - 2 \cdot d_L) \cdot h_F \quad (26)$$

$$A_K = (s_e - c_1 - c_2) \cdot \sqrt{\left(R - \frac{d_i^2}{4R}\right) \cdot (s_e - c_1 - c_2)} \cdot \frac{K_K}{K_F} \quad (27)$$

Dabei ist K_K der Festigkeitskennwert für die Kalotte und K_F der Festigkeitskennwert für den Flansch. K_K/K_F darf nicht größer als 1 eingesetzt werden.

Folgende Festigkeitsbedingung ist zu erfüllen:

$$\frac{F_{HB}}{2 \cdot \pi \cdot A} \leq \frac{K_F}{S} \quad (28)$$

Zur Verfolgung des Einflusses des Biegemomentes M_B ist der wirksame Flanschwiderstand zu ermitteln

$$W = 2 \cdot 0,9 \pi \cdot$$

$$\left[b' \cdot \frac{h_F^2}{4} + \frac{1}{8} d_i \left((s_e - c_1 - c_2)^2 - (s_0 - c_1 - c_2)^2 \right) \right] \quad (29)$$

mit s_0 aus Formel (15) und

$$b' = b - d'_L \text{ (mit } d'_L \text{ nach AD 2000-Merkblatt B 8, Bild 3)} \quad (30)$$

wobei zur Begrenzung der Flanschblattneigung

$h_{Fmin} \geq 2,5 s_e$ sein soll.

Bei $\bar{\lambda} > 3$ (siehe Formel (17) und Bild 12) ist die Flanschblattneigung

$$\varphi = \frac{0,75 \cdot M_B \cdot (d_a + d_i) \cdot 57,3}{E_\theta \cdot W \cdot \left(h_F + 0,9 \cdot \sqrt{(d_i + s_e) \cdot s_e} \right)} \quad (31)$$

auf $0,5^\circ$ zu begrenzen (siehe auch AD 2000-Merkblatt B 8, Abschnitt 6.14).

Folgende Festigkeitsbedingungen sind zu erfüllen:

(1) für den Betriebszustand:

$$\frac{|M_B|}{W} + \frac{1}{S} \cdot \frac{|F_{HB}|}{2 \cdot \pi \cdot A} \leq \frac{K_F}{S} \quad (32)$$

(2) für den Einbauszustand:

$$\frac{|M_0|}{W} \leq \frac{K_F}{S'} \quad (33)$$

(3) für den Prüfzustand:

$$\frac{|M_p|}{W} + \frac{1}{S'} \cdot \frac{|F_{HP}|}{2 \cdot \pi \cdot A} \leq \frac{K_F}{S'} \quad (34)$$

9 Berechnung auf äußeren Überdruck

9.1 Begrenzung bleibender Dehnungen

Mit den gemäß Abschnitt 4.3 erhöhten Sicherheitsbeiwerten sind die Nachweise für die Schale im Bereich der Abklinglänge nach den Formeln (5), (12) und (16) sowie im Bereich von Ausschnitten nach AD 2000-Merkblatt B 9 zu führen.

Der Flansch ist sinngemäß nach Abschnitt 8 mit dem Sicherheitsbeiwert nach Abschnitt 4.1 zu berechnen. Dabei gilt jedoch Formel (35) statt Formel (22).

$$M_B = -F_{RB} (a_R - a_D) - F_{FB} (a_F - a_D) \pm F_{HB} \cdot a_H \quad (35)$$

Das positive Vorzeichen gilt, wenn F_{HB} oberhalb, das negative Vorzeichen, wenn F_{HB} unterhalb des Flanschblattschwerpunktes angreift. Auf die Erhöhung der Flächenpressung der Dichtung durch Außendruck ist zu achten.

9.2 Elastisches Beulen

Mit dem Sicherheitsbeiwert S_K nach Abschnitt 4.2 muss untersucht werden, ob ausreichende Sicherheit gegen elastisches Einbeulen gegeben ist; dies ist der Fall, wenn

$$p \leq 3,66 \cdot \frac{E}{S_K} \cdot \left(\frac{s_e - c_1 - c_2}{R} \right)^2 \quad (36)$$

erfüllt ist.

9.3 Plastisches Beulen

Kugelsegmentschalen müssen außerdem gegen plastische Instabilität ausgelegt werden. Dies geschieht durch einen Nachweis nach Formel (15) mit dem in Abschnitt 4.4 festgelegten Sicherheitsbeiwert und unabhängig von der Wertigkeit der Fügeverbindung mit $v = 1,0$.

10 Kleinste Wanddicke

10.1 Die kleinste Wanddicke der Kugelschale von Tellerböden wird mit 2 mm festgelegt.

10.2 Abweichend von Abschnitt 10.1 gilt für die kleinste Wanddicke bei Tellerböden aus Aluminium und dessen Legierungen 3 mm.

10.3 Ausnahmen siehe AD 2000-Merkblatt B 0, Abschnitt 10.

10.4 Die kleinste Wanddicke von Gußstücken ergibt sich unter anderem aus der Technik der Herstellung.

11 Schrifttum

- [1] Hein, G.: Die Berechnung von Tellerböden. Zeitschrift des TÜV München, Nr. 7 und 8 (1955).
- [2] Hütte Maschinenbau Teil B; 28. Auflage. Wilhelm Ernst & Sohn (1960).
- [3] Schwaigerer, S.: Die Festigkeit flachgewölbter Behälterdeckel. BWK 3 (1951), S. 411 ff.
- [4] Schwaigerer, S.: Festigkeitsberechnung im Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau; 4. Auflage. Springer (1983).

Anhang 1 zum AD 2000-Merkblatt B 4

Erläuterungen zum AD 2000-Merkblatt B 4

Die Abmessungen der Kugelkalotte können theoretisch zwischen den Grenzen $R = 0,5 \cdot d_i$ (Halbkugel) und $R = \infty$ (ebene Kreisplatte) liegen. Die üblichen Abmessungen von Tellerböden liegen bei etwa $d_i/R = 0,5$ bis 1,5.

Die zu den Bildern angegebenen Formeln gelten nur in den Grenzen des jeweiligen Bildes.

Zu 8.1 und 8.2

Für Tellerböden mit gleicher Wanddicke in Kugelschale und Flansch wurde auf das von G. Hein [2] unter Berücksichtigung von Versuchsergebnissen aufgestellte Berechnungsverfahren zurückgegriffen. Für dieses Berechnungsverfahren liegen ausreichende Erfahrungen vor.

Zu 8.3

Berechnung des Randquerschnittes der Kugelkalotte:

Der Berechnungsbeiwert β wurde als Ergebnis von Parameteruntersuchungen mit numerischen Verfahren (Übertragungsmatrizen) ermittelt.

Berechnung des Flansches:

Das Bemessungsverfahren entspricht einem vereinfachten Traglastverfahren (Fließgelenkkonzept) in Analogie zum Verfahren für Flanschverbindungen, die mit zylindrischen Körpern verbunden sind, nach DIN 2505 bzw. AD 2000-Merkblatt B 8. Die Lage des Fließgelenks wird am Übergang vom Flansch zur Kugelkalotte angenommen. Für eine erste grobe Abschätzung kann die Flanschköhe nach Formel (1) gewählt werden

$$h_F = s_e \cdot \beta_F \quad (1)$$

mit β_F nach Bild A 1.

Die Anwendung dieses Berechnungsverfahrens setzt eine Flanschkhöhe von $h_F \geq 2,5 s_e$ zur Begrenzung der Flanschblattneigung voraus. Eine Begrenzung der Flanschkhöhe nach oben kann aus schweißtechnischen Gründen ange-

bracht sein. Außerdem ist bei Flanschwerkstoffen mit einer Streckgrenze bei Raumtemperatur von mehr als etwa 300 N/mm² die Flanschblattneigung im Hinblick auf die Dichtheit der Flanschverbindung zu beachten.

Formel (32) gibt die Überlagerung und Bewertung der im Flanschring in Umfangsrichtung wirkenden Spannungen aus Normalkraft und Biegemoment wieder. Im Flanschring und dem anteiligen Kalottenquerschnitt entsteht durch die Horizontalkraft F_{HB} eine Umfangsspannung der Größe $\sigma_N = F_{HB}/2\pi \cdot A$. Außerdem tritt infolge des äußeren Biegemomentes M_B im Flanschring ein inneres Moment mit radialem Vektor auf, das entsprechend der Flanschberechnung nach dem Fließgelenkkonzept zu einer maximalen Umfangsspannung von $\sigma_B = M_B/W_{pl}$ führt. Unter Anwendung der Traglasttheorie für die Biegeanteile und Formel (28) für die Normalspannungsanteile ergibt sich für die Überlagerung der Spannungen die Festigkeitsbedingung

$$\frac{|M_B|}{W_{pl}} + \frac{1}{S} \cdot \frac{|F_{HB}|}{2\pi \cdot A} \leq \frac{K_F}{S}$$

wobei W_{pl} mit W bezeichnet wird.

Durch die Einführung der Betragszeichen in Formel (32), (33) und (34) wird die ungünstigste Spannungscombination erfasst.

Schrifttum

- [1] *Schwaigerer, S.*: Festigkeitsberechnung im Dampfkessel-, Behälter- und Rohrleitungsbau; 4. Auflage, Springer (1983).
- [2] *Hein, G.*: Die Berechnung von Tellerböden; Zeitschrift des TÜV München, Nr. 7 und 8 (1955).
- [3] Hütte Maschinenbau Teil B; 28. Auflage. Wilhelm Ernst und Sohn (1960).
- [4] *Schwaigerer, S.*: Die Festigkeit flachgewölbter Behälterdeckel. BWK 3 (1951), S. 411 ff.
- [5] *Wellinger, K., Krägeloh, E., u. W. Braig*: Untersuchung von Tellerböden. Technische Mitteilung GWK-Verband (1965).

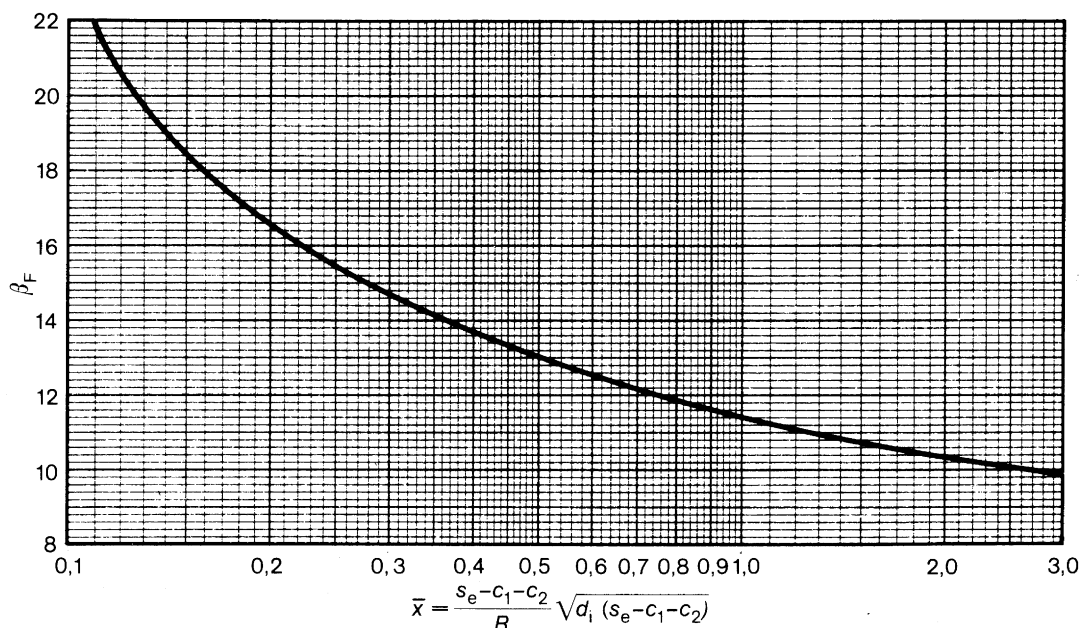


Bild A 1. Berechnungsbeiwerte β_F für die Flanschkhöhe

— Leerseite —

— Leerseite —

— Leerseite —

Herausgeber:



E-Mail: berlin@vdtuev.de
<http://www.vdtuev.de>

Bezugsquelle:

Beuth

Beuth Verlag GmbH
10772 Berlin
Tel. 030/26 01-22 60
Fax 030/26 01-12 60
info@beuth.de
www.beuth.de