

Berechnung von Druckbehältern	Dickwandige zylindrische Mäntel unter innerem Überdruck	AD 2000-Merkblatt B 10
--	--	-----------------------------------

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 | 4 Sicherheitsbeiwert |
| 1 Geltungsbereich | 5 Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung, Verschwächungen |
| 2 Allgemeines | 6 Berechnung |
| 3 Formelzeichen und Einheiten | 7 Schrifttum |

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 Prüfständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes.

1 Geltungsbereich

Die nachstehenden Berechnungsregeln gelten für zylindrische Mäntel von Druckbehältern innerhalb der Grenzen¹⁾ $1,2 < D_a/D_i \leq 1,5$ unter der Voraussetzung, dass sie der vollen Axialbeanspruchung unterliegen und die Wandungen aus verformungsfähigen Werkstoffen bestehen.

¹⁾ Für dickwandigere Teile siehe Schrifttum, z. B. [5]

2 Allgemeines

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

3 Formelzeichen und Einheiten

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

α hier: lineare Wärmeausdehnungszahl in $\frac{1}{K}$

4 Sicherheitsbeiwert

4.1 Siehe hierzu AD 2000-Merkblatt B 0 Abschnitt 7.

4.2 Für warmbetriebene Mäntel (über 200 °C) mit einem Durchmesser Verhältnis von $D_a/D_i > 1,35$ ist im Einvernehmen mit dem Betreiber (Besteller) eine Herabsetzung des Sicherheitsbeiwertes bis zu $S = 1,4$ für den Betriebszustand zulässig, wenn die Gefahren für Bedienung und Umgebung durch besondere Maßnahmen verringert sind, z. B. durch Aufstellen in besonderen Kammern oder Räumen oder auf freiem, abgesperrtem Gelände mit Fernbedienung.

In diesem Falle ist der Nachweis einer 1,1-fachen Sicherheit gegen Überschreiten der Streckgrenze bei 20 °C bei der Wasserdruckprüfung gesondert zu erbringen.

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.

5 Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung, Verschwächungen

5.1 Entsprechend den Festlegungen der AD 2000-Merkblätter der Reihe HP muss durch Herstellung und Prüfung eine volle Beanspruchbarkeit der Längsschweißnaht ($\nu = 1$) gewährleistet sein, um dieses AD 2000-Merkblatt anzuwenden.

5.2 Sind kleine radiale Bohrungen im Zylindermantel für Armaturen oder dergleichen notwendig, so ist die an den Bohrungsändern auftretende Spannungserhöhung im Betriebszustand und bei der Wasserdruckprüfung zu berücksichtigen.

6 Berechnung

6.1 Wandungen ohne nennenswerte Temperaturdifferenz

6.1.1 Die erforderliche Wanddicke s beträgt

$$s = \frac{D_a \cdot p}{23 \frac{K}{S} - p} + c_1 + c_2 \quad (1)$$

6.1.2 Die vom Innendruck herrührende Vergleichsspannung an der Innenfaser σ_{vi} bzw. an der Außenfaser σ_{va} beträgt

$$\sigma_{vi} = \frac{p \cdot (D_a + s_e)}{23 s_e} \quad (2)$$

$$\sigma_{va} = \frac{p \cdot (D_a - 3 \cdot s_e)}{23 s_e} \quad (3)$$

6.2 Wandungen mit nennenswerter Temperaturdifferenz

6.2.1 Ist durch Heizen oder Kühlen von innen oder außen ein Wärmefluss durch die Zylinderwand zu erwarten, so sind die hierdurch entstehenden Vergleichsspannungen unter Berücksichtigung des Vorzeichens hinzuzurechnen²⁾.

²⁾ Streng genommen müssen die durch Innendruck und Wärmefluss hervorgerufenen Tangential-, Radial- und Axialspannungen jeweils algebraisch addiert werden und die so erhaltenen Tangential- (σ_t), Radial- (σ_r) und Axialgesamtspannungen (σ_l) zur Vergleichsspannung (σ_v) zusammengesetzt werden nach der Formel:

$$\sigma_v = 0,71 \sqrt{(\sigma_t - \sigma_l)^2 + (\sigma_l - \sigma_r)^2 + (\sigma_r - \sigma_t)^2}$$

In der Praxis kann vereinfachend die durch Wärmefluss entstandene Zusatztangentialspannung algebraisch zur Vergleichsspannung, die vom Innendruck erzeugt wird, addiert werden.

6.2.2 Die Wärmespannungen betragen nach *Lorenz* an der Innenfaser

$$\sigma_{wi} = \frac{1}{2} \cdot \frac{E}{1 - \nu} \cdot \alpha \cdot (\vartheta_a - \vartheta_i) \cdot A \quad (4)$$

und an der Außenfaser

$$\sigma_{wa} = \frac{1}{2} \cdot \frac{E}{1 - \nu} \cdot \alpha \cdot (\vartheta_a - \vartheta_i) \cdot B \quad (5)$$

wobei $\nu = 0,3$ für Stähle einzusetzen ist.

Für die Werte A und B gelten

$$A = \frac{2 \eta^2}{\eta^2 - 1} - \frac{1}{\ln \eta} \quad (6)$$

$$B = \frac{2}{\eta^2 - 1} - \frac{1}{\ln \eta} \quad (7)$$

Sie können auch aus Tafel 1 entnommen werden.

Tafel 1. Hilfwerte A und B

$\eta = D_a / D_i$	1,2	1,3	1,4	1,5	(1,6)	(1,8)
A	1,06	1,09	1,11	1,13	1,15	1,20
B	-0,94	-0,91	-0,89	-0,87	-0,85	-0,80

6.2.3 Es ist nachzuprüfen, ob die maximale Spannung an der Innenfaser σ_i bzw. an der Außenfaser σ_a die zulässige Spannung K nicht übersteigt.

$$\sigma_i = \sigma_{wi} + \sigma_{vi} \quad (8)$$

$$\sigma_a = \sigma_{wa} + \sigma_{va} \quad (9)$$

Für σ_{vi} und σ_{va} gelten die Formeln (2) und (3).

7 Schrifttum

- [1] *Siebel, E.*: Die Festigkeit dickwandiger Hohlzylinder. Konstruktion **3** (1951) Nr. 5, S. 137/41.
- [2] *Class, I.*: Stellungnahme zum Aufsatz „Die Festigkeit dickwandiger Hohlzylinder“ von E. Siebel. Konstruktion **4** (1952) Nr. 1, S. 25.
- [3] *Siebel, E., Schwaigerer, S., u. E. Kopf*: Berechnung dickwandiger Hohlzylinder. Die Wärme **65** (1942) Nr. 51/52, S. 440/45.
- [4] *Lorenz, R.*: Temperaturspannungen in Hohlzylindern. VDI-Z **51** (1907) Nr. 19, S. 743/47.
- [5] *Buchter H. H.*: Apparate und Armaturen der Chemischen Hochdrucktechnik. Springer Verlag 1967.

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