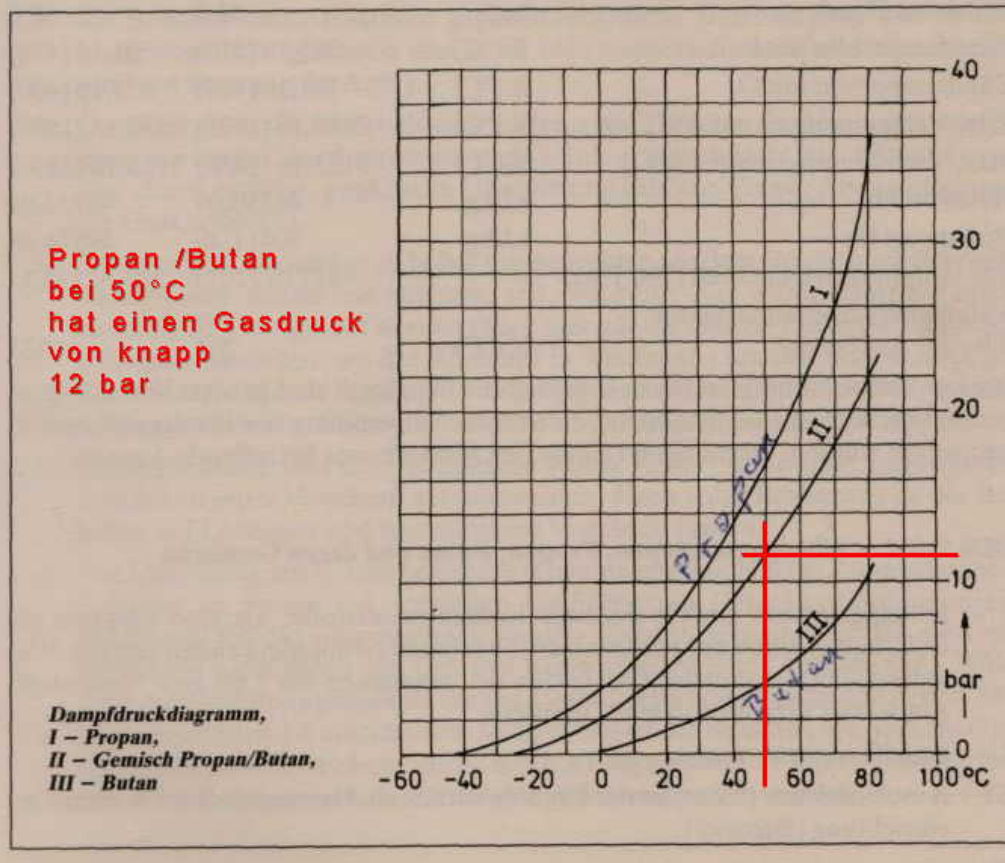


Gastank Berechnung :

Randbedingungen:
Propan/Butan Gasgemisch maximal 50°C
Gasdruck 12 bar

Propan und sein Nachbar Butan gehören zur Gruppe der Kohlenwasserstoffe und sind hauptsächlich dadurch bekannt geworden, weil sie unter relativ geringem Druck flüssig sind. Dadurch ist es möglich, eine verhältnismäßig große Menge Flüssiggas auf relativ kleinem Raum unterzubringen. Die Energiemenge ist dabei hoch, gemessen an anderen Brennstoffarten. Durch Absenkung des Druckes im Behälter wandelt sich das Flüssiggas in eine reine Gasform geringeren Druckes um, das problemlos in entsprechenden Brennern verwendet werden kann. Ein weiterer großer Vorteil besteht darin, daß der Gasdruck im Behälter nicht allzu hoch ist und somit keine schweren, dickwandigen Tanks erforderlich sind.

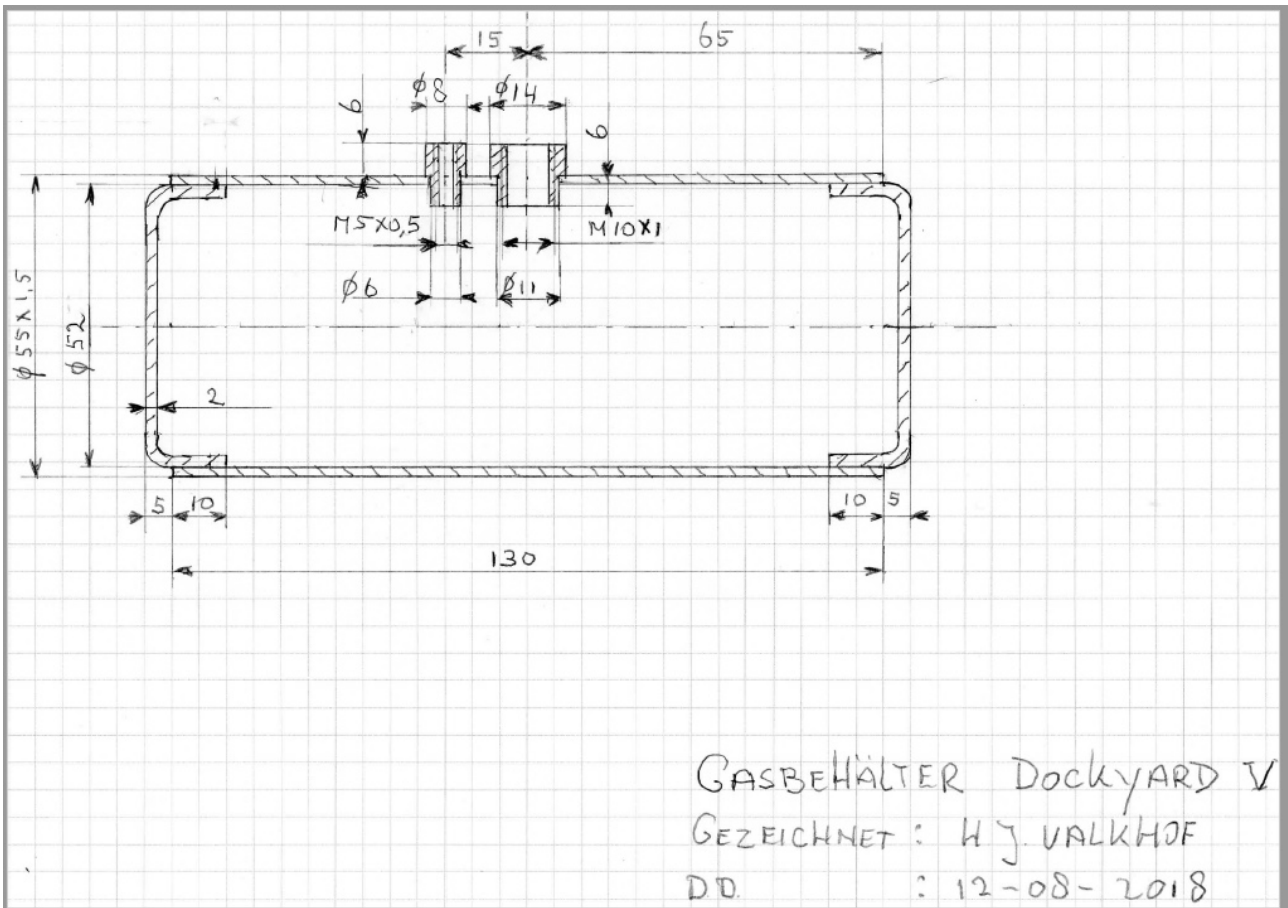


keine Korrosions-Zugabe c1

keine Verschleiß-Zugabe c2

Material R200 Gelötet (geglüht) \gg K/S = 50 N/mm²

Das gilt für das nahtlose Mantelrohr und ebenso für das Blech der Böden .



Tafel 13.2 Zulässige Spannung K/S für nahtlose Rohre

Temperatur °C	Zulässige Spannung K/S in MPa für Auslegungsdauer in h								
	<u>Cu-DHP</u>					CuZn20Al2			
	R200	R200 ¹⁾	R220	R220 ¹⁾	R250		R340		
	bis 100 000				10 000	100 000	10 000	100 000	10
20/50	57	50	63	55	100	100	87	87	
100	57	50	63	55	90	90	83	83	
110	56	49	62	54	89	89	83	83	
120	54	48	60	53	89	89	83	83	
130	53	46	59	51	88	88	83	83	
140	51	45	57	50	88	88	83	83	
150	50	44	56	49	87	87	83	83	
160	49	43	54	48	86	86	83	83	
170	47	41	53	46	85	85	82	81	
180	46	40	51	45	85	85	81	70	
190	44	39	50	44	84	84	81	59	
200	43	38	49	43	83	83	77	48	
210	41	36	47	41	83	82	67	38	
220	40	35	46	40	82	69	57	29	
230	39	34	44	39	81	55	46	21	
240	37	33	43	38	78	42	34	15	
250	36	31	41	36	66	28	24	10	

¹⁾ gebläht

Mantel: Cu-Rohr ø55x1,5

keine nennenswerten Verschwächungen (grosse Auschnitte) im Mantelrohr

Verschwächungsfaktor $V = 1,0$

Seite 2 AD 2000-Merkblatt B 1, Ausg. 10.2000

5 Berechnung

Die erforderliche Wanddicke s beträgt bei Zylinderschalen

$$s = \frac{D_a \cdot p}{20 \frac{K}{3} \cdot v + p} + c_1 + c_2 \quad (2)$$

bzw. bei Kugelschalen

$$s = \frac{D_a \cdot p}{40 \frac{K}{3} \cdot v + p} + c_1 + c_2 \quad (3)$$

6 Kleinste Wanddicke

6.1 Die kleinste Wanddicke nahtloser, geschweißter oder hartgelöteter Zylinder- und Kugelschalen wird mit 2 mm festgelegt.

6.2 Abweichend von Abschnitt 6.1 gilt für die kleinste Wanddicke bei Zylinder- und Kugelschalen aus Aluminium und dessen Legierungen 3 mm.

7 Schrifttum

6.3 Ausnahmen siehe AD 2000-Merkblatt B 0 Abschnitt 10.

6.4 Bei Wärmeaustauscherrohren¹⁾ darf die kleinste Wanddicke gemäß Abschnitt 6.1 und 6.2 unterschritten werden.

[1] *Class, I., Jamm, W., u. E. Weber:* Berechnung der Wanddicke von innendruckbeanspruchten Stahlrohren. VDI-Z 97 (1955) Nr. 6, S. 159/67.

[2] *Schwaigerer, S., u. E. Weber:* Wanddickenberechnung von Stahlrohren gegen Innendruck; Erläuterungen zu DIN 2413, Ausgabe 1972. TU 13 (1972) Nr. 3, S. 74/78.

[3] *Zellerer, E., u. H. Thiel:* Beitrag zur Berechnung von Druckbehältern mit Ringversteifungen. Die Bautechnik (1967) H. 10, S. 333/39.

[4] *Mang, F.:* Festigkeitsprobleme bei örtlich gestützten Rohren und Behältern. Rohre – Rohrleitungsbau – Rohrleitungstransport (1970) H. 4, S. 207/13, u. H. 5, S. 267/79; (1971) H. 1, S. 23/30.

Präsentations Modelle, Funktionsmodelle !

$$S = 55 \cdot 12 / (40 \cdot 50 \cdot 1,0 + 12) + 0 + 0 \text{ mm}$$
$$S = 660 / 2012 \text{ mm}$$

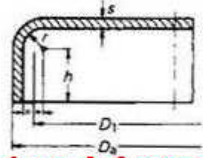
$S = 0,33 \text{ mm}$ (mindest-Maß) : gewählt 1,5mm (handelsübliches Cu-Rohr)

=====

AD 2000-Merkblatt

AD 2000-Merkblatt B 5, Ausg. 08.2007 Seite 9

Tafel 1. Berechnungsbeiwerte unverankerter runder ebener Böden und Platten ohne zusätzliches Randmoment

Ausführungsform (nur schematische Darstellung)	Voraussetzungen	Berechnungsbeiwert C												
<p>a) gekrempter ebener Boden</p>  <p>hier: $S = 2 \text{ mm}$, $1,3 \times s = 2,6 \text{ mm} = r_{\text{min}}$ Mindestbordhöhe $h = 7 \text{ mm}$</p>	<p>1. Krempenhalbmesser:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>D_2</th> <th>r Mindestmaß</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>bis 500</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>über 500 bis 1400</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>über 1400 bis 1600</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>über 1600 bis 1900</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>über 1900</td> <td>50</td> </tr> </tbody> </table> <p>und $r \geq 1,3 s$ 2. Bordhöhe: $h \geq 3,5 s$</p>	D_2	r Mindestmaß	bis 500	30	über 500 bis 1400	35	über 1400 bis 1600	40	über 1600 bis 1900	45	über 1900	50	<div style="border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block;">0,30</div>
D_2	r Mindestmaß													
bis 500	30													
über 500 bis 1400	35													
über 1400 bis 1600	40													
über 1600 bis 1900	45													
über 1900	50													

End – Böden :

ebene , gekrempte Böden $\varnothing 52 \text{ mm}$ x 2mm dick ;

Eckradius ca.3mm -> $C = 0,3$: $D_1 = 52 - 2 \cdot (2 + 3) \text{ mm} = 42 \text{ mm}$

AD 2000-Merkblatt

Seite 2 AD 2000-Merkblatt B 5, Ausg. 08.2007

6 Berechnung

6.1 Unverankerte runde ebene Böden und Platten ohne zusätzliches Randmoment

6.1.1 Die erforderliche Wanddicke s unverankerter runder ebener Böden und Platten ohne zusätzliches Randmoment beträgt

$$s = C \cdot D_1 \cdot \sqrt{\frac{p \cdot S}{10 K}} + c_1 + c_2 \quad (2)$$

Die Berechnungsbeiwerte C und die Berechnungsdurchmesser D_1 sind entsprechend Tafel 1 einzusetzen.

$K/S = 50 \gg S/K = 0,02$

$$S = 0,3 \cdot 42 \cdot \sqrt{(12 \cdot 0,02 / 10)} + 0 + 0$$

$$S = 12,6 \cdot \sqrt{0,024}$$

$$S = 12,6 \cdot 0,155$$

S = 1,95 mm (mindest-Maß) : gewählt 2,0 (handelsübliches Cu-Blech)

Das ist knapp unter dem Mindestmaß ! Ein Zugankerstab von Bodenmitte zu Bodenmitte längs durch den Tank wäre denkbar als Verstärkung . Einfacher wäre es gewölbte Böden (Klöpperboden oder elliptisch gewölbte Böden) zu verwenden .

=====

Bei der Gefahrenanalyse wurde nach AD 2000 Z2 Seite3 lfd.Nr.3 Stufe I zugrunde gelegt

AD 2000-Merkblatt Z 2, Ausg. 02.2004 Seite 3

Lfd. Nr.	Mögliche Gefahren	DGR Anhang I Abschnitt	Grundlegende Sicherheitsanforderungen	Stufe I: Maßnahmen zur Beseitigung oder Verminderung der Gefahren bezogen auf AD 2000-Merkblatt Abschnitt	Stufe II: Schutzmaßnahmen gegen nicht zu beseitigende Gefahren (Beispiele)	Stufe III: Hinweise auf Restgefahren in der Betriebsanleitung (Beispiele)
3	Zu: Mechanisches Versagen aufgrund falscher Auslegungs- und Berechnungsmethoden	2.2.3 b)	Nachweis der Belastbarkeit durch geeignete Auslegungsberechnungen - Berechnungsdrücke \geq maximal zulässige Drücke - Angemessene Sicherheitsmargen für Berechnungstemperaturen - Berücksichtigung aller möglichen Temperatur- und Druckkombinationen - Maximale Spannung und Spannungskonzentrationen innerhalb sicherer Grenzwerte	B 0 Abschnitt 4 N 1 Abschnitt 4 N 2 Abschnitt 8 B 0 Abschnitt 5 N 1 Abschnitt 4 N 2 Abschnitt 8 B 0 Abschnitte 4 und 5 N 1 Abschnitt 4 N 2 Abschnitt 8 N 4 Abschnitt 6 B 0 Abschnitte 6, 7 und 8 N 1 Abschnitt 4.4 N 2 Abschnitt 8 N 4 Abschnitt 5		

Der Hydrostatische Prüfdruck ist nach AD2000 HP30 Seite 3 mit Berechnungsdruck = maximal zulässigem Betriebsdruck * 1,25 (Raumtemperatur) zugrunde gelegt .
 Hier also 12 bar * 1,43 = 17,2 bar .

$$p_p = F_p \cdot p + \max \left\{ \begin{array}{l} + 0,1 \gamma_p \cdot \left(H + \frac{D_i}{2} \right) \\ + 0,1 \gamma_p \cdot \frac{D_i}{2} + 0,1 \gamma_f \cdot H_f \end{array} \right\}$$

Bei Doppelmantelbehältern sind ggf. zusätzliche Betrachtungen erforderlich.

- p = Druck am höchsten Punkt im stehenden Behälter (= maximal zulässiger Druck) in bar
- p_p = bei der Druckprüfung aufgebrachter Druck, gemessen an der Stelle „A“ (= Prüfdruck gemäß Druckbehälterbuch), in bar
- H = Maximale Füllhöhe (= Füllhöhe bei der Wasserdrukprüfung) in m
- H_f = Maximaler betrieblicher Füllstand (abgesichert durch Füllstandbegrenzer oder vergleichbare Absicherung) des (flüssigen) Betriebsmediums in m
- γ_p = spezifisches Gewicht des Prüfmediums in dN/dm^3 (= 1 bei Wasser)
- γ_f = spezifisches Gewicht des Betriebsmediums in dN/dm^3
- D_i = Innendurchmesser des Behälters in m
- F_p = Prüfdruckfaktor nach Abschnitt 4.17 bis 4.19

4.11 Spätestens bei der Druckprüfung - bei mehreren Druckräumen bei der zuletzt durchgeführten - muss der Druckbehälter mit der vorgeschriebenen Kennzeichnung (z. B. Fabrikschild) versehen sein. Abweichungen, z. B. bei Emaillierungen, sind in den Prüfunterlagen festzulegen.

4.16.2 Steht ein besonderer Raum nicht zur Verfügung, sind geeignete Schutzvorkehrungen zu treffen, z. B. Aufstellen von Schutzwänden. Die nähere Umgebung des zu prüfenden Druckbehälters ist abzusperrern und durch Hinweisschilder als Gefahrzone und Sperrgebiet zu kennzeichnen.

4.16.3 Es muss möglich sein, den angezeigten Druck aus sicherer Entfernung oder von einer geschützten Stelle aus festzustellen.

4.16.4 Die unmittelbare Besichtigung darf in der Regel erst erfolgen, wenn der Druckbehälter ausreichend lange unter Prüfdruck gestanden hat und danach der Druck bei Flüssigkeitsdruckprüfungen auf etwa den maximal zulässigen Druck, bei Gasdruckprüfungen erforderlichenfalls noch weiter auf einen dem Dichtheitsprüfverfahren angepassten Druck abgesenkt wurde.

4.17 Bei hydrostatischer Druckprüfung von Druckbehältern beträgt der in Abschnitt 4.10 einzusetzende Prüfdruckfaktor

$$F_p = \max \left[1,43; 1,25 \cdot \frac{K_{20}}{K_n} \right]$$

K_{20} Festigkeitskennwert nach den AD 2000-Merkblättern der Reihe W für Prüftemperatur 20 °C

K_n Festigkeitskennwert nach den AD 2000-Merkblättern der Reihe W für die angegebene Bauteilberechnungstemperatur

Bestehen Druckbehälter aus mehreren Werkstoffen und/oder sind den Bauteilen des Druckbehälters unterschiedliche Berechnungstemperaturen zugeordnet, so ist bei der Ermittlung des Prüfdruckfaktors F_p wie folgt vorzugehen:

Warburg den 13. August 2018

E. Kröger