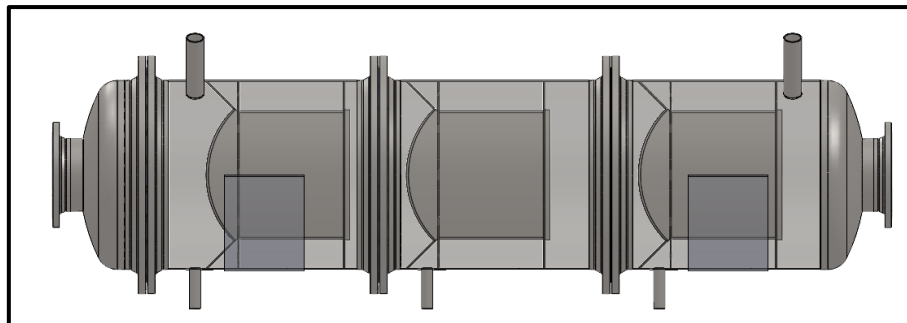


Berechnungsbericht Catalyst Housing

In dieser Festigkeitsberechnung wurde ein Kessel mit dem Außendurchmesser 711 mm und einer Wanddicke von 6 mm unter Innendruck berechnet. Das Berechnungsmodell wird durch die Finite Elemente Methode mit der Software ANSYS V19 berechnet.



Die Berechnung wird nach AD2000 durchgeführt

Planung:					
			Datum :	04.12.2021	Binsau
Geprüft von			Geprüft von		
Datum :	Abteilung :	Name :	Datum :	Abteilung :	Name :
			04.12.202		Binsau

		Seite 2 von 22
Berechnung – Nr.: 1		Rev.: 0
Inhalt 1. generelle Bedingungen 4 2. Lastannahmen 4 3. Festigkeitsberechnung 6 3.1 Berechnungsmodell Vernetzung..... 6 3.2 Randbedingungen 7 3.3 Lasten..... 8 3.4 Material..... 9 4. Berechnungsergebnisse 11 4.1 Thermische Dehnung von 22°C auf 470°C 11 4.2 Lastfallkombination 1 Betriebslastfall 12 4.3 Lastfallkombination 2 Prüflastfall..... 15 4.4 Schraubenauslegung 16 4.5 Analytisch Kesselflansch..... 18 4.6 Analytisch Kesselmantel Querrohr 1 19 4.7 Analytisch Kesselmantel Querrohr 2..... 21 Abbildung 1: Vernetzung 6 Abbildung 2: Externe Verschiebung zur Modelllagerung 7 Abbildung 3: elastische Lagerung..... 7 Abbildung 4: Überdruck auf Schalenelemente..... 9		
Planung:		
Datum : 04.12.2021 Binsau		
Geprüft von		
Datum :	Abteilung :	Name :
04.12.202 Binsau		

Tabelle 1: Lasten	8
Tabelle 2: berechnete Lastfallkombinationen	8
Tabelle 3: E-Modul 1.4571 über Temperatur	9
Tabelle 4: Wärmeausdehnungskoeffizient 1.4571 über Temperatur	10

Planung:					
			Datum :	04.12.2021	Binsau
Geprüft von			Geprüft von		
Datum :	Abteilung :	Name :	Datum :	Abteilung :	Name :
			04.12.2021		Binsau

				Seite 4 von 22	
Berechnung – Nr.: 1				Rev.: 0	
1. generelle Bedingungen Betriebsmedium: Abgas / Entzündliche Gase der Kategorie 1 und 2 Betriebstemperatur: 470°C Auslegungsdruck: 2 bar (Überdruck) Aufstellung im Gebäude in Rohrleitungssystem integriert jedoch nicht durch andere Komponenten beeinflusst (keine Zusatzlasten Axial wie Radial) Zutreffende Norm AD2000 2. Lastannahmen Auslegungstemperatur: 470°C Auslegungsdruck: 2 bar Eigengewicht: ca. 920 kg KAT Gewichte in der Berechnung 3x 200kg Material: 1.5415 / 16Mo3 Keine Windlasten, keine Schneelasten, keine Stutzen Belastungen (Aufstellung im Gebäude, Befestigung in Rohrleitungen). Ca. 1090 L Wasserfüllung bei der Druckprüfung. Keine Forderungen hinsichtlich Erdbeben. Korrosionsverhalten: - Zur Berücksichtigung der Korrosion wird 1mm von der Wanddicke abgezogen Für Fertigungsschwankungen wird ein Zuschlag von 0,5mm angesetzt.					
Planung:					
			Datum :	04.12.2021	Binsau
Geprüft von			Geprüft von		
Datum :	Abteilung :	Name :	Datum :	Abteilung :	Name :
			04.12.202		Binsau

				Seite 5 von 22	
Berechnung – Nr.: 1				Rev.: 0	
Der Kessel ist Bestandteil eines offenen Abgassystems mit nicht verschließbarem Ausgang zum Abgasschlot. Die KAT Elemente werden in Haltekästen gelegt. In Strömungsrichtung befinden sich an den Kästen Leitbleche und es gibt keine Bypass Öffnung. Auf der Rückseite der KAT Elemente in den Halteplatte sind Druckausgleichsbohrungen vorzusehen. Es darf kein separater Druckkörper im Kessel geschaffen werden. Alle internen Bleche müssen beidseitig mit dem statischen Druck beaufschlagt sein.					
Planung:					
			Datum :	04.12.2021	Binsau
Geprüft von			Geprüft von		
Datum :	Abteilung :	Name :	Datum :	Abteilung :	Name :
			04.12.202		Binsau

3. Festigkeitsberechnung

Die Festigkeitsberechnung wird mit der numerischen Software (Finite-Elemente-Methode) ANSYS 19 durchgeführt.

3.1 Berechnungsmodell Vernetzung

Die Flansche sind durch Volumenelementen (Solid186) alle Zylinderflächen sind durch Schalenelemente (Shell281) diskretisiert. Alle Volumenbauteile wurden mit mindestens drei Elementen über dessen Wanddicke diskretisiert. Bei beiden Elementen wurde eine quadratische Ansatzfunktion gewählt. Das Kesselrohr besitzt einen **Außendurchmesser** von **711 mm** und eine Wanddicke von 6mm (**Berechnungswanddicke** von **4,5 mm**). Der **Klöpferboden** hat eine Wanddicke von 8mm und ist in dem Nachweis mit **6,5 mm** berücksichtigt.

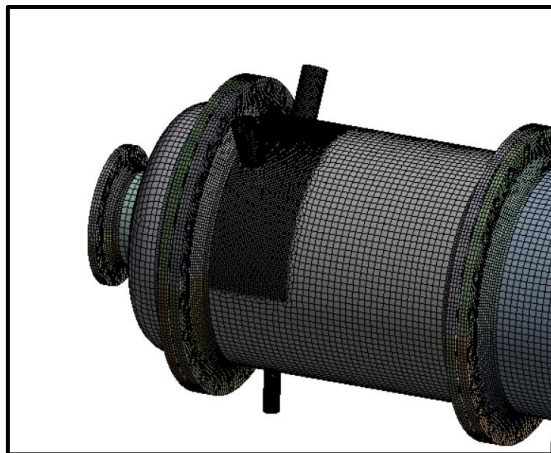


Abbildung 1: Vernetzung

Planung:

			Datum :	04.12.2021	Binsau
Geprüft von			Geprüft von		
Datum :	Abteilung :	Name :	Datum :	Abteilung :	Name :
			04.12.202		Binsau

Das Quer Rohr (Messrohr) hat einen **Außendurchmesser** von **67,4mm** die **Berechnungs-wanddicke** beträgt **2,5mm**.

Das Quer Rohr (Abfluss) hat einen **Außendurchmesser** von **42,6mm** die **Berechnungs-wanddicke** beträgt **2,5mm**.

3.2 Randbedingungen

Die Lagerung des Kessels erfolgt über eine einseitige externe Verschiebungen und zwei elastischen Auflagern.

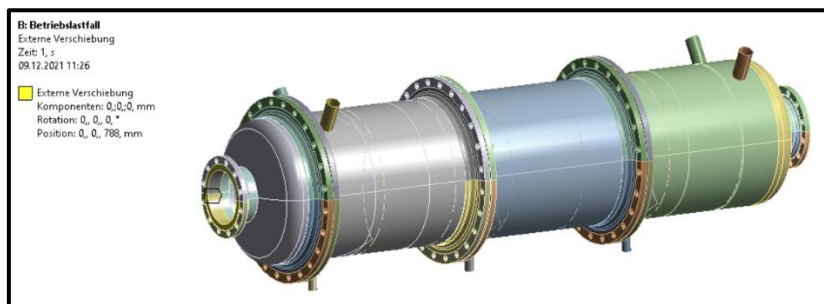


Abbildung 2: Externe Verschiebung zur Modelllagerung

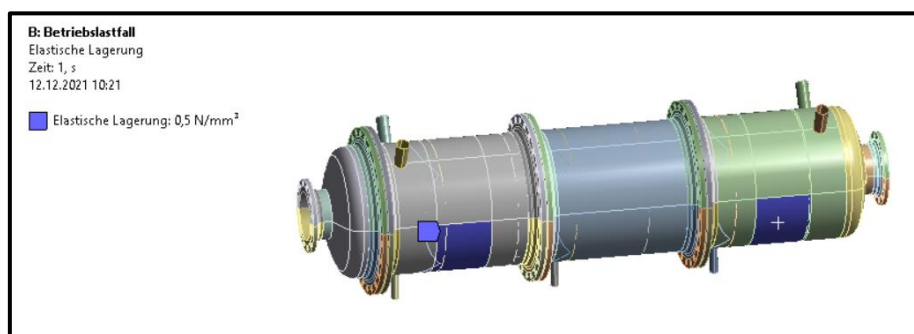


Abbildung 3: elastische Lagerung

Planung:

			Datum :	04.12.2021	Binsau
Geprüft von			Geprüft von		
Datum :	Abteilung :	Name :	Datum :	Abteilung :	Name :
			04.12.202		Binsau

Berechnung – Nr.: 1

Rev.: 0

Am linken Lager A (Strömungsrichtung links) wurde über eine Verformbare Anbindung alle Translationen und Rotationen fixiert

Die elastische Lagerung weist eine Steifigkeit von 0,5 N/mm³ auf.

3.3 Lasten

Die Einzellasten sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 1: Lasten

Nr.		Benennung	Bemerkungen
Last 1	GK1	Eigenlasten	
Last 2	QK1	Drucklast Betriebszustand	2 Bar Überdruck = 0,2 MPa
Last 3	QK2	Prüfdruck	6 Bar Überdruck = 0,6 MPa

Über die Teilsicherheitsbeiwerte werden die Lasten entsprechend erhöht. Die Lastfälle welche sich aus der Lastkombination mit den Teilsicherheitsbeiwerten ergeben sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 2: berechnete Lastfallkombinationen

Teilsicherheitsbeiwerte Einwirkungskombination				
Nr.		GK1 Eigenlast	QK1 Drucklast	QK1 Prüfdruck
LK1	Bemessung Betriebsfall 470°C	1,35	1,5	0
LK2	Prüfdruck	1,35	0	1

Der Teilsicherheitsbeiwert 1,35 ist über die Dichte von 10,6 kg/dm³ berücksichtigt.

Planung:

			Datum :	04.12.2021	Binsau
Geprüft von			Geprüft von		
Datum :	Abteilung :	Name :	Datum :	Abteilung :	Name :
			04.12.202		Binsau

Berechnung – Nr.: 1

Rev.: 0

Der Berechnungsdruck mit dem Teilsicherheitsbeiwert 1,5 beträgt 0,3 MPa.

Der Prüfdruck ist in der Berechnung mit 0,6 MPa angesetzt.

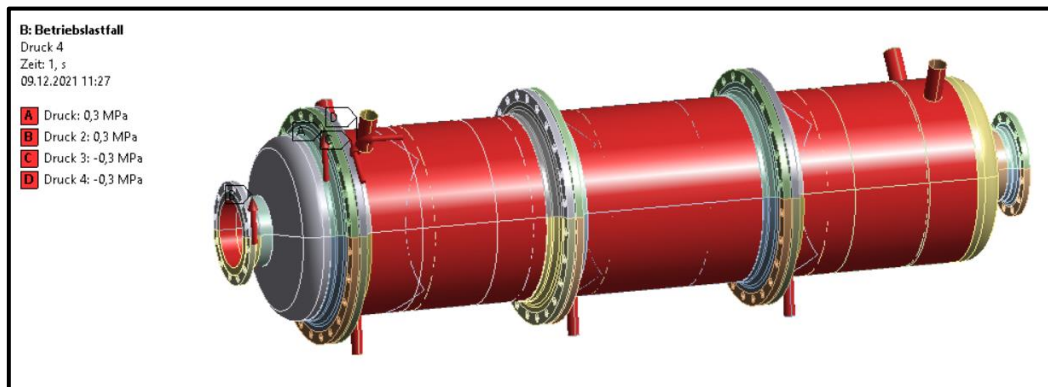


Abbildung 4: Überdruck auf Schalenelemente

3.4 Material

1.5415 / 16Mo3; $0 < T \leq 16$

Der E-Modul Verlauf über die Temperatur in °C ist in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 3: E-Modul 1.4571 über Temperatur

Temp °C	20	100	200	300	400	470
E in Gpa	212	207	199	192	184	178

Bei 470°C Betriebstemperatur wurde der E-Modul mit **178 GPa** angesetzt.

Der Ausdehnungskoeffizient über die Temperatur in °C ist in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Planung:					
			Datum :	04.12.2021	Binsau
Geprüft von			Geprüft von		
Datum :	Abteilung :	Name :	Datum :	Abteilung :	Name :
			04.12.202		Binsau

Berechnung – Nr.: 1

Rev.: 0

Tabelle 4: Wärmeausdehnungskoeffizient 1.4571 über Temperatur

Temp	20-100	20 - 200	20 - 300	20 - 400	20 - 500
Alpha 10 ⁻⁶	11,1	12,1	12,9	13,5	13,9

Festigkeiten 16Mo3

$$R_{p0,2}(20^{\circ}\text{C}) = 270 \text{ MPa}$$

$$R_{p0,2}(470^{\circ}\text{C}) = 148 \text{ MPa}$$

Mit der **Sicherheit** von **1,5** betragen die zulässigen Festigkeiten für die Berechnungsauswertung:

$$\sigma_{zul.}(20^{\circ}\text{C}) = 180 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{zul.}(470^{\circ}\text{C}) = 98,7 \text{ MPa}$$

Für die Abminderung der Schweißnähte ist für die Lastfallkombination Betriebslasten ein Faktor von **0,68** und für den Sonderlastfall ein Schweißnaht Abminderungsfaktor von **0,85** angesetzt.

$$\sigma_{zul. \text{ Schweißnaht}}(20^{\circ}\text{C Sonderlastfall}) = 153 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{zul. \text{ Schweißnaht}}(470^{\circ}\text{C}) = 67,1 \text{ MPa}$$

Planung:

			Datum :	04.12.2021	Binsau
Geprüft von			Geprüft von		
Datum :	Abteilung :	Name :	Datum :	Abteilung :	Name :
			04.12.202		Binsau

4. Berechnungsergebnisse

In diesem Kapitel werden die Berechnungsergebnisse aus der FEM ausgewertet.

4.1 Thermische Dehnung von 22°C auf 470°C

Durch die Temperaturdifferenz von 448°C ohne Druckbelastung entsteht eine **Thermische Dehnung von 20 mm**

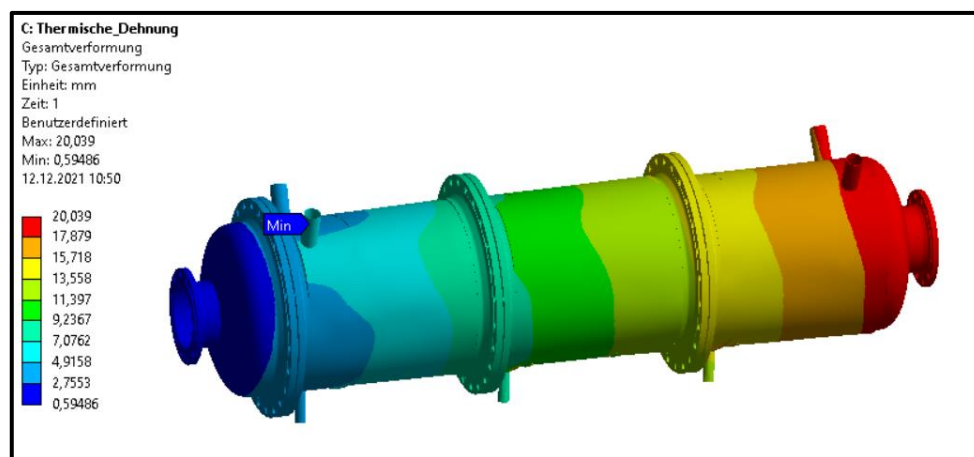


Abbildung 5: thermische Dehnung

Diese thermische Dehnung darf nicht behindert werden, da es sonst zu thermisch induzierten Spannungen kommt.

Planung:					
			Datum :	04.12.2021	Binsau
Geprüft von			Geprüft von		
Datum :	Abteilung :	Name :	Datum :	Abteilung :	Name :
			04.12.202		Binsau

Berechnung – Nr.: 1

Rev.: 0

4.2 Lastfallkombination 1 Betriebslastfall

Bei den Ausgewerteten Spannungen handelt es sich um die Vergleichsspannungshypothese nach von Mises in MPa.

Die maximale Spannung beträgt 86,4 MPa

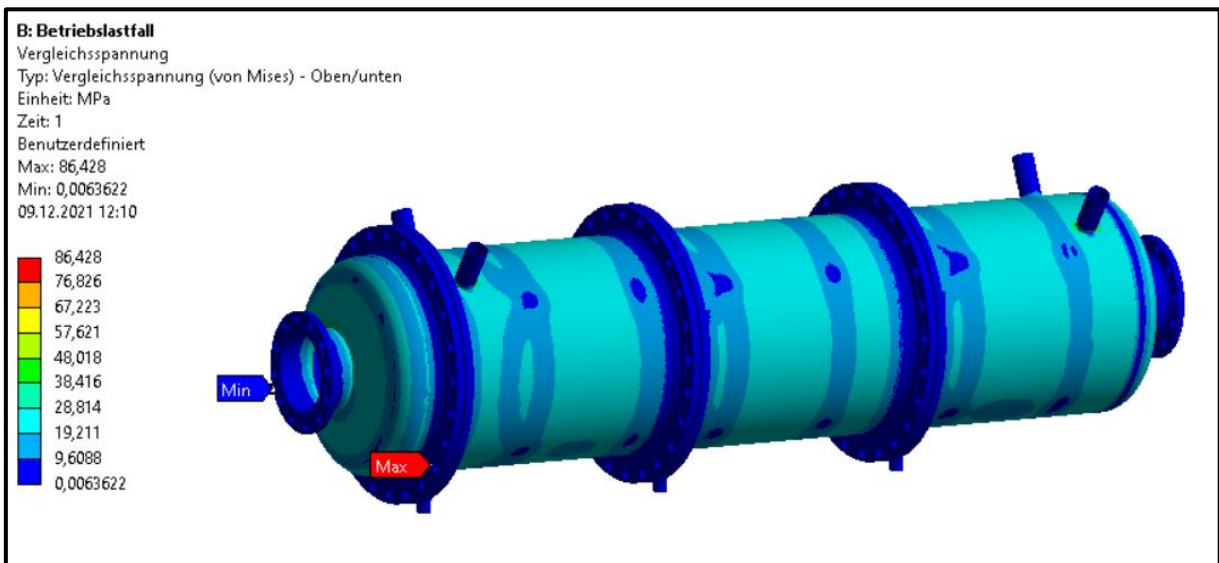


Abbildung 6: Spannungsplot Lastfallkombination 1 Betriebslastfall

Planung:

			Datum :	04.12.2021	Binsau
Geprüft von			Geprüft von		
Datum :	Abteilung :	Name :	Datum :	Abteilung :	Name :
			04.12.202		Binsau

Berechnung – Nr.: 1

Rev.: 0

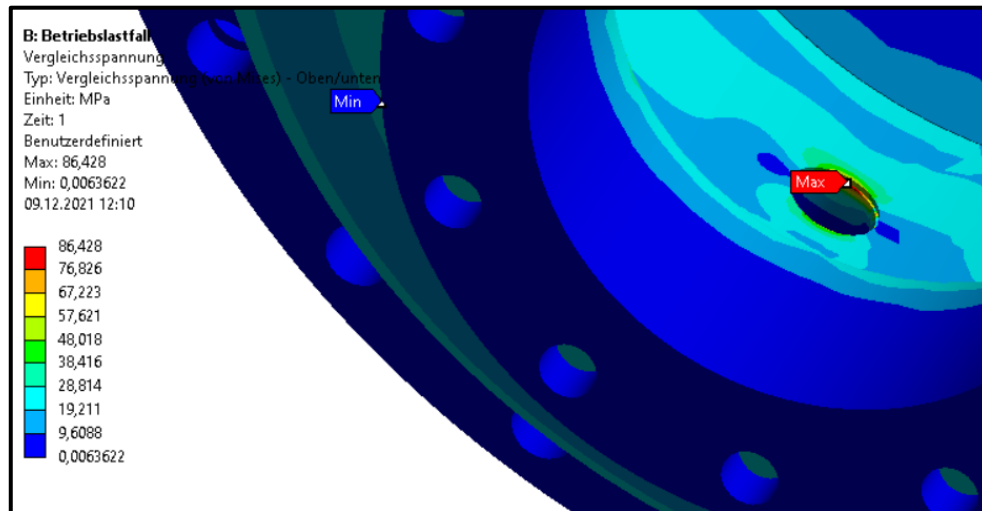


Abbildung 7: LK1 Spannungsmaxima Detail

$$\sigma_{zul.}(470^{\circ}\text{C}) = 98,7 \text{ MPa} > \sigma_{max.}(470^{\circ}\text{C}) = 86,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{zul. \text{ Schweißnaht}}(470^{\circ}\text{C}) = 67,1 \text{ MPa} > \sigma_{max}(470^{\circ}\text{C}) = 86,4 \text{ MPa}$$

Der Spannungsnachweis für das Blech und den Boden ist erfüllt die Auslastung beträgt 87,5%.

Am Rohrübergang ist die zulässige Spannung von 67,1MPa überschritten. Da es sich um das Nennspannungskonzept (ohne Schweißnahtmodellierung) handelt wird die Spannung linearisiert. (siehe nachfolgende Abbildung)

Planung:

			Datum :	04.12.2021	Binsau
Geprüft von			Geprüft von		
Datum :	Abteilung :	Name :	Datum :	Abteilung :	Name :
			04.12.202		Binsau

Berechnung – Nr.: 1

Rev.: 0

In der nachfolgenden Abbildung ist der Spannungsverlauf vom Kesselmantel zum Quer Rohr mit der maximalen Schweißnahtspannung abgebildet.

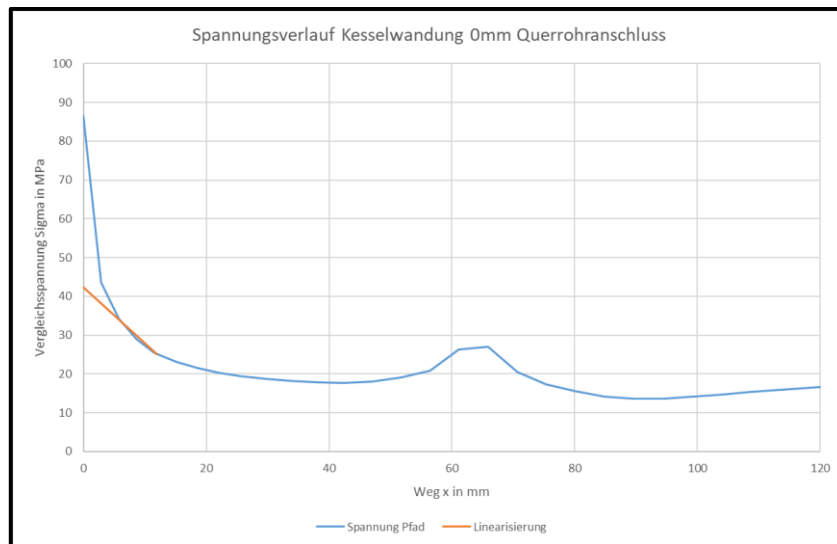


Abbildung 8: Spannungsverlauf Übergang Kesselmantel Quer Rohr

Der Spannungslinearisierung wurde durch zwei Stützpunkte $X1 = \text{Manteldicke} = 6\text{mm}$ und $X2 = 2 \cdot \text{Manteldicke} = 12\text{mm}$ durchgeführt. Damit ergibt sich die Lineare Gleichung:

$$\sigma = -1,43 \cdot x + 42,35 \text{ MPa}$$

$$\sigma(x = 0) = 42,35 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{zul. Schweißnaht}}(470^\circ\text{C}) = 67,1 \text{ MPa} > \sigma_{\text{max}}(470^\circ\text{C}) = 42,35 \text{ MPa}$$

Der Spannungsnachweis für die Schweißnaht ist erfüllt die Auslastung beträgt 63%.

Planung:

			Datum :	04.12.2021	Binsau
Geprüft von			Geprüft von		
Datum :	Abteilung :	Name :	Datum :	Abteilung :	Name :
			04.12.202		Binsau

Berechnung – Nr.: 1

Rev.: 0

4.3 Lastfallkombination 2 Prüflastfall

Bei den Ausgewerteten Spannungen handelt es sich um die Vergleichsspannungshypothese nach von Mises in MPa.

Die maximale Spannung beträgt 98,6 MPa

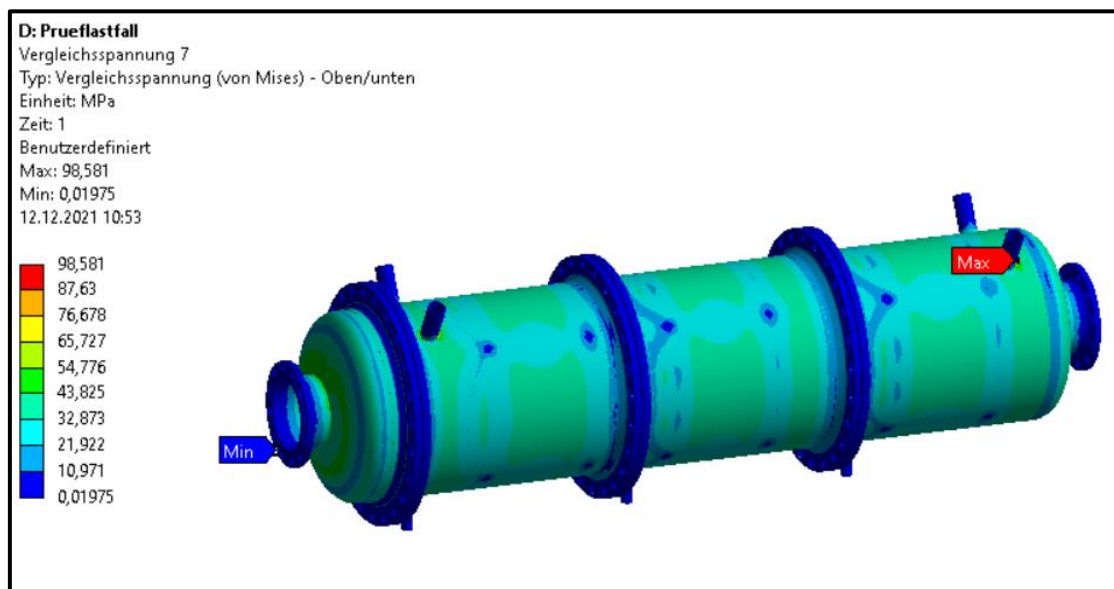


Abbildung 9: Spannung LK2 Prüfdruck in MPa

$$\sigma_{zul.}(20^{\circ}C) = 180 \text{ MPa} > \sigma_{max.}(20^{\circ}C) = 98,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{zul. \text{ Schweißnaht}}(20^{\circ}C) = 153 \text{ MPa} > \sigma_{max}(20^{\circ}C) = 98,5 \text{ MPa}$$

Der Spannungsnachweis für das Kessel ist erfüllt

Planung:					
			Datum :	04.12.2021	Binsau
Geprüft von			Geprüft von		
Datum :	Abteilung :	Name :	Datum :	Abteilung :	Name :
			04.12.202		Binsau

				Seite 16 von 22	
Berechnung – Nr.: 1				Rev.: 0	
4.4 Schraubenauslegung Da es sich um ein offenes System handelt wurde die Schraubenauslegung mit einem fiktiven Deckel durchgeführt um die maximale Axiallast anzusetzen.					
Planung:					
			Datum :	04.12.2021	Binsau
Geprüft von			Geprüft von		
Datum :	Abteilung :	Name :	Datum :	Abteilung :	Name :
			04.12.202		Binsau

Berechnung – Nr.: 1

Rev.: 0

Aufgabenstellung		Kessel M27 Schrauben		Ausgabe 2011	
Geltungsbereich / Literatur		AD 2000 Merkblätter B0, B5, B7:2010 TGL 32903/09: 1989			
<i>Kenntnisse des AD-Regelwerkes, Bilder, Symbole, Kommentare (roter Punkt) sind Berechnungsbestandteil und zu beachten.</i>					
Blinddeckel / Flansch mit innenliegender Dichtung		Betrieb		Prüfung	
Berechnungsinndruck	bar	Betrieb: $p > 0$; Prüfung $p^* \geq 1,43 \cdot p$	2,00 bar	6,00 bar	
Berechnungstemperatur	°C	$-200 \text{ °C} \leq t \text{ End. } 0/5$; Prüfen = 20 °C	470	20	✓
Sicherheitswert		$S \geq 1,0$ $S = 1,5$ (normal); Prüfung = 1,05	1,50	1,05	✓
Bezugs-Temp. für Kennwerte	°C	gilt für Temperatur $< 20 \text{ °C}$	Info		
Korrosionszuschlag innen	mm	C_2	1,00		✓
Berechnungs-Verfahren für 1 oder mehrere Ausschnitte Approximationsfunktionen gültig für 1 Ausschnitt nach Bild 5 und Bild 22; Mehrere Ausschnitte nach TGL 32903/09: 1989 Abgeleitete Dicht.-Kennwerte: $K_0 \cdot K_D = \sigma_{vu} \cdot b_D$ $k_1 = m \cdot b_D$ Info Im Bereich zeitabhängiger Spannungen und $T \geq \text{ca. } 400 \text{ °C}$ ist AD B0 und Info zu beachten Info Dicht					
Deckel mit Randmoment		Datei		Blinddeckel ohne Ausschnitt	
Schraubenverbindung	–	Datei	Vollschaftschraube oder Gewindebolzen		
Deckel, Boden	–	Werkstoffdatei	1.5415 / 16Mo3 / Rp0,2 / $0 < T \leq 16$		
Schraube	–	Werkstoffdatei	1.7218 / 25 CrMo4 / $d \leq 100$		
Verbundstoff auf bearbeiteter Dichtfläche, $\phi = 1$	–	Datei	Expandierter Graphit ohne Metalleinlage		
Kennwert, zulässige Spannung	–	Info	K_{20}	$K_{20} \geq 0$	K_1
Deckel, Boden	N/mm ²	Benutzerdef. gelbe Zelle	275,00	275,0	144,60
Schraube, zusätzl. K-Wert = R_m	N/mm ²	Daten der Schraube nur nach DB	440,00	–	259,00
			E_{20}	$K_1 \geq 0$	σ_{zul}
			176,654	176,6	117,73
Deckel ohne / mit 1 Ausschnitt oder mit 1 Stützer		Richtwert = Blau			
Dichtungs Ø	mm	$\phi d_D = \phi D_1$	765,0	Lochkr. Ø $d_1 > d_D$	840,0
Ausschnitt Ø	mm	$\phi d_i \leq 0,0$	0,0	Dicht.-Breite b	45,00
Dichtungskennwerte	–	Mindestpressung $k_0 \cdot K_D$	$k_0 \cdot K_D$	Pressung K_1	K_1
Kennwerte nach AD B7: 2010	N/mm	im Einbauszustand $\geq 1.125,0$	1130,0	im Betrieb	76,5
Berechn.-Werte Bild 5 / Bild 22	–	$d_i/d_D < 0,8$ $d_i \leq 1,6 \cdot d_D$	$\delta(5)$ C_1	C_{AA1}	C_{AB1}
Geltungsbereich	–	0,000 1,100	1,48 0,521	0,000	0,000
Ausgeführte Bodendicke	mm	$S_e \geq 17,9$	20,00	Toleranz C_1	0,50
Max. zulässiger Innendruck	bar	$P_{1,zul.}$	2,53 bar	Weiter Schrauben	
$n = 2 - -3$ Ausschnitte					
Diametralschnitt I oder II	mm	$\sum d_i < 0,7 \cdot D_D$	$b_1 \leq d_1$	$b_2 \leq d_2$	$b_3 \leq d_3$
Ausgeführte Bodendicke	mm	$S_e \geq$	20,00	Beiwert	C_{A1} $C_{A1} \cdot C_1$
Max. zulässiger Innendruck	bar	$\text{Min}(P_1; P_2)$			
Schrauben					
Abmessungen, Anzahl	mm	ϕd_{B0}	M 27	Loch Ø d_L	30,0
	mm	ϕd_K oder ϕd_S	23,30	$n \geq 4$	24,0
Reibwert	–	η	0,160		
Vorverformung = maßgebende Einbau-Schraubenkraft		$F_{DV} (5; 6) \geq 2.715.750$	2.720.750,0	Info	Dichtungskraft
					2.720.750,0
Nachweis Schrauben AD B 7					
Tafel 3.1 / 3.2 : 2010		(1-4)	(4)	Schraubenkräfte	Zuschlag
Lastfall		S_i	Z	$F_{DV} > 1,1 \cdot F_{SB}$	Berechn. Ø
		F_R	F_D	$F_{SB} \leq F_{DA} (8)$	Auslast. empfohl.
		C_5	$d_k; d_s$	C_5	Anzugsmoment
		$\geq 30 \%$	$= 1,2 \cdot \mu \cdot d_{B0} \cdot F_S / n$		
Einbau	1,26	1,270	0,00	0,00	20,39
Prüfung	1,26	1,270	275781	12607	288.388
Betrieb	1,80	1,510	91927	44125	136.052
Auslastung und Dichtheit erhöhen: 1.) Einbau-Schraubenkraft F_{DV} ggf. deutlich > 2.) Die Pressung im Betrieb K_1 >					
12.12.2021					
Datum					
Bearbeiter					
Dipl.-Ing. (FH) A. Binsau					

Planung:

Geprüft von

Datum :

Abteilung :

Name :

Datum :

04.12.2021

Binsau

Geprüft von

Datum :

Abteilung :

Name :

04.12.202

Binsau

Berechnung – Nr.: 1

Rev.: 0

4.6 Analytisch Kesselmantel Querrohr 1

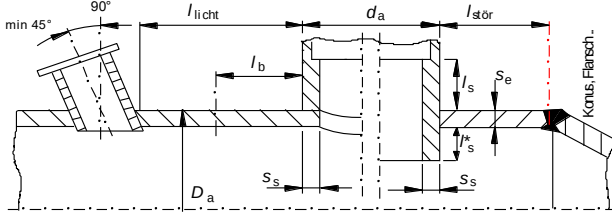
Aufgabenstellung	Betriebslasten Kesselmantel / Querrohr		Ausgabe 2011	
Geltungsbereich / Literatur	AD 2000: B0 / B1 / B9: 2010; VDI : Apparate-Elemente Springer, Verlag: 2005			
<i>Bilder, Symbole, Kommentare siehe Info bzw. roter Punkt, - sind Berechnungsbestandteil und zu beachten</i>				
Berechnung von Zylinderschalen ohne / mit Stützen oder T- Stück				
Berechnungsinndruck	bar	$p > 0$ Prüfen $p^* \geq 1,43 \cdot p$	2,00 bar	
Berechnungstemperatur	$-200^\circ\text{C} \leq t$ End.	0 / 5, Prüfen = 20 °C	470	
Sicherheitswert	$S \geq 1,5$ (normal);	Prüfen = 1,05	1,50	
Bezugs-Temp für Kennwerte	°C	gilt für Temperatur < 20 °C	Info	
Korrosionszuschlag innen	mm	C_2	1,00	
Berechnungs-Verfahren AD 2000: B9 Verschwächungswert nach B9 (10a) $V_A = \frac{D_i \cdot (A_{\sigma 0} + K_1 / K \cdot A_{\sigma 1})}{S_A \cdot (2 \cdot A_p + A_{\sigma 1} - K_1 / K \cdot A_{\sigma 1})}$				
Im Bereich zeitabhängiger Spannungen und $T \geq \text{ca. } 400^\circ\text{C}$ ist AD B0 und Info zu beachten Überprüfen Sie die K-Werte, ggf. Korrektur vornehmen in DB oder alternativ durch Eintrag in Zeile 24 bzw. 25				
Bauteilausführung				
Mantel, Rohr	–	Info	Mantel / Rohr: Stützen aufgesetzt	
Stützen, Abzweig	–	Info	1.5415 / 16Mo3; Rp0,2 / 0 < T ≤ 16	
Kennwert, zulässige Spannung	–	Info	K_{20}	$K_{20} \geq 0$
Mantel, Rohr	N / mm ²	Benutzerdef. gelbe Z.	280,00	280,00
Stützen, Abzweig	N / mm ²	Benutzerdef. gelbe Z.	280,00	280,00
Geometriedaten Richtwert = Blau				
Mantel, Rohr	mm	$\varnothing D_a$	711,0	$0,8 \leq V \leq 1$
Ausgeführte Dicke	mm	$S_e \geq 2,35$	6,00	Toleranz C_1
Berechnungsdicke	mm	S_v	4,50	$\varnothing D_i$
Zulässiger Innendruck	bar	p_{zul}	10,68 bar	–
Geltungsbereich B1	$D_a / D_i \leq 1,2$ (1,7)		1,0128	–
Stützen, Abzweig	mm	$\varnothing d_a \leq D_a$	67,4	$0,8 \leq V \leq 1$
Ausgeführte Dicke	mm	$S_e \geq 1,57$	4,00	Toleranz C_1
Innerer Überstand	mm	$I_s^* \geq 0$	0,0	$45^\circ \leq 90$
Berechnungsdicke	mm	S_v	2,50	$\varnothing d_i$
Zulässiger Innendruck	bar	Stützen: p_{zul}	76,01 bar	–
Geltungsbereich B1; B9	$d_a / d_i \leq 1,2$ (1,7)		1,0801	$S_s / S_A \leq 2$
Nachweis der Bauteilkonstruktion				
Ungestörte tragende Längen	–	$I_b \geq (3)$	$I_s \geq (6)$	$I_s^* \geq L_{\text{licht}} (8)$
Min. auszuführende Maße	mm	56,4	15,9	0,0 113,0
Tragende Fläche / Druckfläche	mm ²	A_p	$A_{\sigma 0}$	$A_{\sigma 1} K_1 / K$
Verschwächungswert	–	$V_A (10a)$	p_{zul}	$\sigma_{vorh} [\text{N/mm}^2]$
Zul. Innendruck / Spannungsvergleich (1)	–	0,737	9,263	21,3 < 98,7
Geltungsbereich B9	$0,002 \leq S_v / D_a \leq 0,1$		$S_v / D_a > 0,1 \rightarrow D_a / D_i \leq 1,7$	$S_v / D_a < 0,002 \rightarrow d_i / D_a \leq 1 / 3$
	0,0063		0,0063 1,0128	0,0063 0,0878
12.12.2021				
Datum	Bearbeiter	Dipl.-Ing. (FH) A. Binsau		

Planung:

			Datum :	04.12.2021	Binsau
Geprüft von			Geprüft von		
Datum :	Abteilung :	Name :	Datum :	Abteilung :	Name :
			04.12.202		Binsau

Berechnung – Nr.: 1

Rev.: 0

Aufgabenstellung	Betriebslasten Kesselmantel / Querrohr		Ausgabe 2011	
Geltungsbereich / Literatur	AD 2000: B0 / B1 / B9: 2010; VDI : Apparate-Elemente Springer,Verlag: 2005			
<i>Bilder, Symbole, Kommentare siehe Info bzw. roter Punkt, - sind Berechnungsbestandteil und zu beachten</i>				
Berechnung von Zylinderschalen ohne / mit Stutzen oder T- Stück				
Berechnungssinnendruck	bar	$p > 0$ Prüfen $p^* \geq 1,43 \cdot p$	6,00 bar	
Berechnungstemperatur	°C	$-200 \text{ °C} \leq t \text{ End. } 0/5$, Prüfen = 20 °C	20	
Sicherheitswert		$S \geq 1,5$ (normal); Prüfen = 1,05	1,50	
Bezugs-Temp für Kennwerte	°C	gilt für Temperatur < 20 °C	Info	
Korrosionszuschlag innen	mm	C_2	1,00	
Berechnungs-Verfahren AD 2000: B9 Verschwächungswert nach B9 (10a) $V_A = \frac{D_i \cdot (A_{\sigma 0} + K_1/K \cdot A_{\sigma 1})}{S_A \cdot (2 \cdot A_p + A_{\sigma 1} - K_1/K \cdot A_{\sigma 1})}$  Im Bereich zeitabhängiger Spannungen und $T \geq \text{ca. } 400 \text{ °C}$ ist AD B0 und Info zu beachten Überprüfen Sie die K-Werte, ggf. Korrektur vornehmen in DB oder alternativ durch Eintrag in Zeile 24 bzw. 25				
Bauteilausführung		Datei	Mantel / Rohr: Stutzen aufgesetzt	
Mantel, Rohr		Werkstoffdatei	1.5415 / 16Mo3; Rp0,2 / $0 < T \leq 16$	
Stutzen, Abzweig		Werkstoffdatei	1.5415 / 16Mo3; Rp0,2 / $0 < T \leq 16$	
Kennwert, zulässige Spannung		Info	K_{20}	$K_{20} \geq 0$
Mantel, Rohr	N/mm ²	Benutzerdef. gelbe Z.	280,00	280,00
Stutzen, Abzweig	N/mm ²	Benutzerdef. gelbe Z.	280,00	280,00
Geometriedaten Richtwert = Blau				
Mantel, Rohr	mm	$\emptyset D_a$	711,0	$0,8 \leq V \leq 1$
Ausgeführte Dicke	mm	$S_e \geq 4,03$	6,00	Toleranz C_1
Berechnungsdicke	mm	S_v	4,50	$\emptyset D_i$
Zulässiger Innendruck	bar	p_{zul}	10,68 bar	702,0
Geltungsbereich B1		$D_a/D_i \leq 1,2$ (1,7)	1,0128	—
Stutzen, Abzweig	mm	$\emptyset d_a \leq D_a$	67,4	$0,8 \leq V \leq 1$
Ausgeführte Dicke	mm	$S_e \geq 1,70$	4,00	Toleranz C_1
Innerer Überstand	mm	$l_s^* \geq 0$	0,0	$\checkmark$ $45^\circ \leq 90^\circ$
Berechnungsdicke	mm	S_v	2,50	$\emptyset d_i$
Zulässiger Innendruck	bar	Stutzen: p_{zul}	76,01 bar	62,4
Geltungsbereich B1; B9		$d_a/d_i \leq 1,2$ (1,7)	1,0801	$S_s/S_A \leq 2$
Nachweis der Bauteilkonstruktion				
Ungestörte tragende Längen		$l_b \geq (3)$	$l_s \geq (6)$	$l_s^* \geq L_{\text{licht}} (8)$
Min. auszuführende Maße	mm	56,4	15,9	0,0 113,0
Tragende Fläche / Druckfläche	mm ²	A_p	$A_{\sigma 0}$	$A_{\sigma 1}$ K_1 / K
		32.257,0	265,0	39,8 1,000
Verschwächungswert		V_A (10a)	p_{zul}	$\sigma_{\text{vorh}} [\text{N/mm}^2]$ $\sigma_{zul} [\text{N/mm}^2]$
Zul. Innendruck / Spannungsvergleich (1)		0,737	9,263	63,8 < 98,7
Geltungsbereich B9		$0,002 \leq S_v/D_a \leq 0,1$ 0,0063	$S_v/D_a > 0,1 \rightarrow D_a/D_i \leq 1,7$ 0,0063 1,0128	$S_v/D_a < 0,002 \rightarrow d_i/D_a \leq 1/3$ 0,0063 0,0878
12.12.2021				
Datum	Bearbeiter		Dipl.-Ing. (FH) A. Binsau	

Planung:

			Datum :	04.12.2021	Binsau
Geprüft von			Geprüft von		
Datum :	Abteilung :	Name :	Datum :	Abteilung :	Name :
			04.12.202		Binsau

Berechnung – Nr.: 1

Rev.: 0

4.7 Analytisch Kesselmantel Querrohr 2

Aufgabenstellung	Betriebslasten Kesselmantel / Querrohr					Ausgabe 2011
Geltungsbereich / Literatur	AD 2000: B0 / B1 / B9: 2010; VDI : Apparate-Elemente Springer, Verlag: 2005					
<i>Bilder, Symbole, Kommentare siehe Info bzw. roter Punkt, - sind Berechnungsbestandteil und zu beachten</i>						
Berechnung von Zylinderschalen ohne / mit Stutzen oder T- Stück						
Berechnungssinnendruck	bar	$p > 0$ Prüfen $p^* \geq 1,43 \cdot p$	2,00 bar			
Berechnungstemperatur	°C	$-200 \leq t \leq t_{\text{End}}$ Prüfen = 20 °C	470			✓
Sicherheitswert		$S \geq 1,5$ (normal); Prüfen = 1,05	1,50			
Bezugs-Temp für Kennwerte	°C	gilt für Temperatur < 20 °C	Info			
Korrosionszuschlag innen	mm	C_2	1,00			✓
Berechnungs-Verfahren AD 2000: B9 Verschwächungswert nach B9 (10a) $V_A = \frac{D_i \cdot (A_{\sigma 0} + K_1 / K \cdot A_{\sigma 1})}{S_A \cdot (2 \cdot A_p + A_{\sigma 1} - K_1 / K \cdot A_{\sigma 1})}$ Im Bereich zeitabhängiger Spannungen und $T \geq \text{ca. } 400 \text{ °C}$ ist AD B0 und Info zu beachten Überprüfen Sie die K-Werte, ggf. Korrektur vornehmen in DB oder alternativ durch Eintrag in Zeile 24 bzw. 25						
Bauteilausführung						
Mantel, Rohr	–	Info	Mantel / Rohr: Stutzen aufgesetzt			
Stutzen, Abzweig	–	Info	1.5415 / 16Mo3; Rp0,2 / 0<T ≤ 16			
Kennwert, zulässige Spannung	–	Info	K_{20}	$K_{20} \geq 0$	K_t	$K_t \geq 0$
Mantel, Rohr	N / mm ²	Benutzerdef. gelbe Z.	280,00	280,00	148,00	148,00
Stutzen, Abzweig	N / mm ²	Benutzerdef. gelbe Z.	280,00	280,00	148,00	148,00
Geometriedaten						
Mantel, Rohr	mm	Info	$\varnothing D_a$	711,0	$0,8 \leq V \leq 1$	0,85
Ausgeführte Dicke	mm	Info	$S_e \geq 2,35$	6,00	Toleranz C_1	0,50
Berechnungsdicke	mm		S_v	4,50	$\varnothing D_i$	702,0
Zulässiger Innendruck	bar		p_{zul}	10,68 bar		–
Geltungsbereich B1			$D_a/D_i \leq 1,2$ (1,7)	1,0128		–
Stutzen, Abzweig	mm	Info	$\varnothing d_a \leq D_a$	42,6	$0,8 \leq V \leq 1$	1,00
Ausgeführte Dicke	mm	Info	$S_e \geq 1,54$	4,00	Toleranz C_1	0,50
Innerer Überstand	mm		$l_s^* \geq 0$	0,0	✓ $45^\circ \leq 90$	90
Berechnungsdicke	mm		S_v	2,50	$\varnothing d_i$	37,6
Zulässiger Innendruck	bar		Stutzen: p_{zul}	123,03 bar		–
Geltungsbereich B1; B9			$d_a/d_i \leq 1,2$ (1,7)	1,1330	$S_s/S_A \leq 2$	0,5556
Nachweis der Bauteilkonstruktion						
Ungestörte tragende Längen	–		$l_b \geq (3)$	$l_s \geq (6)$	$l_s^* \geq L_{\text{licht}} (8)$	$l_{\text{stör}} \geq$
Min. auszuführende Maße	mm		56,4	12,5	0,0 113,0	56,5
Tragende Fläche / Druckfläche	mm ²		A_p	$A_{\sigma 0}$	$A_{\sigma 1} K_1 / K$	$\sum A_{\sigma}$
			27.587,3	265,0	31,3 1,000	296,3
Verschwächungswert	–		V_A (10a)	p_{zul}	$\sigma_{\text{vorh}} [\text{N/mm}^2]$	$\sigma_{\text{zul}} [\text{N/mm}^2]$
Zul. Innendruck / Spannungsvergleich (1)			0,838	10,529	18,7	< 98,7
Geltungsbereich B9			$0,002 \leq S_v/D_a \leq 0,1$	$S_v/D_a > 0,1 \rightarrow D_a/D_i \leq 1,7$	$S_v/D_a < 0,002 \rightarrow d_i/D_a \leq 1/3$	0,0529
12.12.2021						
Datum	Bearbeiter		Dipl.-Ing. (FH) A. Binsau			

Planung:

			Datum :	04.12.2021	Binsau
Geprüft von			Geprüft von		
Datum :	Abteilung :	Name :	Datum :	Abteilung :	Name :
			04.12.202		Binsau

Berechnung – Nr.: 1

Rev.: 0

Aufgabenstellung	Betriebslasten Kesselmantel / Querrohr		Ausgabe 2011	
Geltungsbereich / Literatur	AD 2000: B0 / B1 / B9: 2010; VDI : Apparate-Elemente Springer, Verlag: 2005			
<i>Bilder, Symbole, Kommentare siehe Info bzw. roter Punkt, - sind Berechnungsbestandteil und zu beachten</i>				
Berechnung von Zylinderschalen ohne / mit Stutzen oder T- Stück				
Berechnungsinndruck	bar	$p > 0$ Prüfen $p^* \geq 1,43 \cdot p$	6,00 bar	
Berechnungstemperatur	$-200^\circ\text{C} \leq t$ End.	0 / 5, Prüfen = 20 °C	20	
Sicherheitswert	$S \geq 1,5$ (normal);	Prüfen = 1,05	1,50	
Bezugs-Temp für Kennwerte	°C	gilt für Temperatur < 20 °C	Info	
Korrosionszuschlag innen	mm	C_2	1,00	
<u>Berechnungs-Verfahren AD 2000: B9</u> Verschwächungswert nach B9 (10a) $V_A = \frac{D_i \cdot (A_{\sigma 0} + K_1 / K \cdot A_{\sigma 1})}{S_A \cdot (2 \cdot A_p + A_{\sigma 1} - K_1 / K \cdot A_{\sigma 1})}$				
Im Bereich zeitabhängiger Spannungen und $T \geq \text{ca. } 400^\circ\text{C}$ ist AD B0 und Info zu beachten Überprüfen Sie die K-Werte, ggf. Korrektur vornehmen in DB oder alternativ durch Eintrag in Zeile 24 bzw. 25				
<u>Bauteilausführung</u>	–	Datei	Mantel / Rohr: Stutzen aufgesetzt	
Mantel, Rohr	–	Werkstoffdatei	1.5415 / 16Mo3; Rp0,2 / $0 < T \leq 16$	
Stutzen, Abzweig	–	Werkstoffdatei	1.5415 / 16Mo3; Rp0,2 / $0 < T \leq 16$	
Kennwert, zulässige Spannung	–	Info	K_{20}	$K_{20} \geq 0$
Mantel, Rohr	N / mm ²	Benutzerdef. gelbe Z.	280,00	280,00
Stutzen, Abzweig	N / mm ²	Benutzerdef. gelbe Z.	280,00	280,00
<u>Geometriedaten</u> <u>Mantel, Rohr</u> Ausgeführte Dicke Berechnungsdicke Zulässiger Innendruck Geltungsbereich B1 <u>Stutzen, Abzweig</u> Ausgeführte Dicke Innerer Überstand Berechnungsdicke Zulässiger Innendruck Geltungsbereich B1; B9				
<u>Nachweis der Bauteilkonstruktion</u> Ungestörte tragende Längen Min. auszuführende Maße Tragende Fläche / Druckfläche Verschwächungswert Zul. Innendruck / Spannungsvergleich Geltungsbereich B9				
12.12.2021 Datum Bearbeiter Dipl.-Ing. (FH) A. Binsau				

Planung:

Datum :		04.12.2021		Binsau	
Geprüft von			Geprüft von		
Datum :	Abteilung :	Name :	Datum :	Abteilung :	Name :
			04.12.202		Binsau