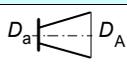
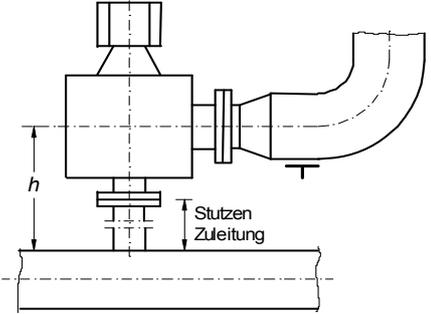


1	Aufgabenstellung				2017
2	Geltungsbereich Gase / Dämpfe	AD 2000- A2: 2012 Goßlau / Dr. Weyl , Sonderdruck TÜV 4. Auflage 1995			
3	Literatur, Quellen	Apparatelemente, Praxis der sicheren Auslegung. VDI Springer Verlag 2005			
4	Sicherheitsventil für Gase, Dämpfe				
5	empfohlen für Nachberechnungen				
6					
7					
8					
9	Ausblasen ins Freie = 1 bar oder in ein Behältnis Gegendruck > 1 bar				
10	Betriebs- Betreiberangaben	Einheit	Formel / Zeichen	Werte-Tabelle	Prüfung
11	Benennung		unbekannt		
12	Gase / Dämpfe, (erweitern Gase siehe "DB")		<i>Info</i> <i>Datei</i>	Ethanol / C2 H6 O	
13	Betriebsdruck in Anlage, Behälter	bar	$p_{e \min} \geq 1,20$	10,00 bar	<i>Info</i> ✓
14	abzuleitender Massenstrom	kg / h	q_m	16.000,0	✓
15	Berechnungstemperatur	°C	$t \geq 0 \text{ °C}$	20	
16	abs. Fremdgedruck am Ende der Ausblaseleitung		$P_{a0} \geq P_u$ <i>Info</i>	1,00 bar (abs)	✓
17	Spezifizierung: Typ Sicherheitsventil	—	Vollhub		
18	Öffnungs-Charakteristik, <i>empfohlen</i> Lieferantenwerte / Maße		zuerkannte Ausflussziffer $\alpha_w \approx 0,45 - 0,98$		
19	zuerkannte Ausflussziffer	—	$0,45 \leq \alpha_w < 1,0$	0,780	
20	engster Strömungs Ø, Baumaß $\geq d_0$	mm	<i>Innen Ø</i> $d_0 \geq$ 46,9	50,00 mm	<i>Info</i> ✓
21	Eintritt Ø SV (Flansch)	mm	<i>Innen Ø</i> $D_E \geq D_e$ 50,0	82,50 mm	<i>Info</i> ✓
22	Austritt Ø SV (Flansch)	mm	<i>Innen Ø</i> $D_a \geq D_E$ 82,5	107,10 mm	<i>Info</i> ✓
23	Thermophysikalische / sicherheitstechnische Werte			<i>weitere Parameter</i>	
24	molare Masse	kg / kmol	M	46,100	
25	Isentropenexponent	—	<i>Info</i> k (1 bar; 0 °C)	1,100	
26	Realgasfaktor im Druckraum	—	<i>Info</i> Z_0	1,000	✓
27					
28	abzuleitender Massenstrom	kg / h	$q_m = V_N \cdot M / 22,4$	16.000,0	$R_i \approx R / M$
29	individuelle Gaskonstante	J / kg K	$R_i = 8314,33 \cdot J / kmol \cdot K$	180,354	
30	Ansprechüberdruck des SV	bar	$p_e = p_{zul}$	10,0000	<i>Literatur</i>
31	Druck d. abzusichernden Systems	bar (abs)	$p_0 = 1,1 \cdot p_e + P_{a0}$	12,000	Δp e ≤ 0,03
32	abs. statischer Druck vor dem SV	bar (abs)	$p_y = p_0 - 0,03 \cdot (p_e + 1 - p_{a0})$	11,700	0,3000 0,03000
33	dynam. Fremdgedruck hinter SV	bar (abs)	p_a (15 %) = $0,15 \cdot p_e + 1$	2,500	<i>siehe e</i> ✓
34	bei Druckverhältnis $p_{a15}; p_{a30}$	bar (abs)	p_a (30 %) = $0,30 \cdot p_e + 1$	4,000	
35	maßgeb. Berechnungstemperatur	K	$T = 273 + t$	293	✓
36	Berechnet Strömungsquerschnitt	mm ²	A_0 A2 (15)	1.734,5	$A_{0,vorh}$ 1963,5
37	SV- Eintritt bis engsten Ø d_0	—	$D_e \rightarrow d_0$	Verengung innerhalb SV	$\zeta_{zeta} \sim$ 0,000
38	Beiwerte, Ausflussfunktion	2 / k	$k / (k-1)$ 1 / (k-1) $\psi_{unt.Kr}$	$\psi = \psi_{\max}$	$\approx 0,431 \cdot k^{0,346}$
39		1,8182	11,0000 10,0000 0,3236	0,4443	0,4450
40	Parameter Sicherheitsventil		<i>überkritisch</i>	$\psi =$ Ausflussfunktion	
41	Ausflussfunktion $(P_{a0} / P_0)_{Kri} =$	0,5847	$P_{a0} / P_0 =$ 0,0833	0,4443	✓
42	Druckverhältnisse	$P_a / P_0 \approx$	SV_{Auszg} / P_0 0,2500	Druckverlust Zuleitung siehe Zeile 32	
43	zulässig Massenstrom $q_{m,zul}$ (15)	kg / h	18.085,1	Ventilauslastung	88,5% ✓
44	Zuleitung vor dem SV		<i>für alle Rohrstränge und Einbauteile gilt der Innen Ø</i>		
45	Ø Stutzen + aufgesetzter Flansch mit Rohrstrang		Eintritt - Innen Ø D_E	82,5 mm	<i>Info</i> ✓
46	Ø T Stück + aufgeschw. / ausgehalst + Rohrstrang				
47	Anschluss Zuleitung: z.B Stutzen auf Rohrstrang oder T Stück siehe / wählen in Datei		<i>Datei</i>	Stutzen: Kante scharf oder Rohr durchgesteckt	ζ_{zeta} 0,500
48					✓
49	Σ Zuleitungslänge = Baulänge	mm	<i>Bildmitte</i> $L_E = L_{R1} + L_{R2}$	600,0 mm	✓
50	Reduzierung: Zulaufleitung bis Eingang Sicherheitsventil	—	D_E D_e <i>Datei</i>	stetige Verengung	ζ_{zeta} 0,100
51		—		$D_E > D_e$	

52	sonstige Verlustbeiwerte, siehe Info	–	<i>Info</i> ζ_{zeta}	0,300	
53	Rohrreibungswert, siehe Info	–	$\lambda = 0,0276 \quad K > 0$	0,300 mm	<i>Info</i> K ✓
54	Σ Widerstandswert Formstücke.	–	$\zeta_e = \text{Zeile 48; 50, 52}$	0,900	f_E (3) 3,173
55	Widerstandswert Rohrstrang s. Formel	–	$\Sigma \xi_{\text{zeta}} = \lambda \cdot L_e / D_E + \Sigma \zeta_e$	1,101	
56	Zuleitungslänge (nicht gefordert)	–	$L_E = (\zeta_Z - \Sigma \zeta_i) \cdot D_E / \lambda$	517,203 mm	<i>Info</i> ✓
57	Ergebnisse der Zuleitung				
58	Widerstandswert der Zuleitung bis P_y Ventileingang P_0	$\xi_Z = 0,5 \cdot \left[\left(\frac{P_0}{P_y} \right)^2 - 1 \right] \cdot \left(\frac{f_E}{\varphi} \right)^2 - 2 \cdot \ln \frac{P_0}{P_y} = \lambda \cdot \frac{L_E}{D_E} + \sum_E \xi_i$			<i>informativ Hinweise</i>
59	AD 2000 / A2 / Pkt. 6.2 (Formel 1)				
60	Widerstandsbedingung	ζ_Z	zulässiger Widerstandswert 1,27383 \geq	Ist Widerstandswert 1,10077	A2 Pkt.6.2 (1) ✓
62	vorhandener Zuleitungsdruckverlust	e	$(p_0 - p_y) / (p_e + 1 - p_{a0})$	0,0300	3,00% ✓
64	Ausblaseleitung hinter dem SV für alle Rohrstränge und Einbauteile gilt der Innen \emptyset				
65	Austritt \emptyset SV (Flansch)	mm	Austritt- Innen \emptyset D_a	107,10 mm	<i>Info</i> ✓
66	Konische Erweiterung, siehe rechts SV Austritt $\emptyset D_a \rightarrow \emptyset D_A$	–	 D_a D_A <i>Datei</i>	8° Grad, $D_a / D_A = 1,25$	ζ_{zeta} 0,125
67	Hauptstrang = Ausblaseleitung Innen \emptyset	empfohl. $D_A \geq$ 107,10		107,10 mm	\emptyset abwägen
68	Geradrohlänge	mm	$\Sigma L_A \geq$	3000 mm	<i>Info</i> ✓
69	Rohrbogen / Winkel 90°; ab \emptyset 20 mm	Innen \emptyset	$R/D \geq 0$ <i>Datei</i>	1,50	
70	Anzahl von Bögen im Rohrstrang	beachten 0,0 oder > Anzahl $n \geq 0$		1,0	✓
71	Widerstandswerte der Rohrbögen	–	AD / A2 -Tafel 2 ζ_{Bogen}	0,195	$\Sigma \zeta_{\text{zeta}}$ 0,195
72	Gestreckte Rohrbogenlänge	mm	L_{Bogen}	171,4 mm	✓
73	Σ Rohrstrang + gestreckte Längen	mm	$\Sigma L_A \geq$	3171,4 mm	
74	Rohrreibung λ / Rauigkeit K	–	$\lambda = 0,0193 \quad K > 0$	0,100 mm	<i>Info</i> K
75	Σ sonstige Verlustbeiwerte	–	$\zeta_i \geq 0$	0,300	✓
76	Widerstandswerte Formstücke etc.	–	$\zeta_a \geq$ siehe Zeile 68, 73	0,620	f_A (3.1) 5,348
77	Σ Widerstandswert Rohrstrang	–	$\Sigma \xi_a = \lambda \cdot L_A / D_a + \zeta_a$	1,191	✓
78	Für die Ausblaseleitung gilt; der Gegendruck P_a direkt hinter dem Sicherheitsventil, darf die Summe aus bezogener Schließ- und Öffnungsdruckdifferenz nicht überschreiten. Zulässige Parameter sind den Herstellerangaben zu entnehmen.				
80	Ergebnisse der Ausblaseleitung				
81	Auslegung von Sicherheitsventilen W. Goßlau, Dr. Weyl Technische Überwachung BASF	–	$P_a = P_0 \cdot \sqrt{\left(\frac{P_n}{P_0} \right)^2 + 2 \cdot \left(\lambda \cdot \frac{L_a}{d_a} + \sum \zeta + \frac{2}{k} \cdot \ln \frac{P_a}{p_n} \right) \cdot \psi^2 \cdot \alpha^2 \left(\frac{d_0}{d_a} \right)^4} \cdot 1$		
82	(abs) dynamischer Fremdgedruck hinter der Armatur	–	$P_a \geq 1,0 =$ <i>Richtw.</i> 2,319	2,320 bar(abs)	ist der Druck am Venilausgang
83	Iteration aktivieren	$P_n = P_{ns} \geq P_{a0} \geq P_u = 1$ bar		<i>hier klicken</i>	✓
84	Druck P_n im Ausblasequerschnitt ist bei Entspannung \geq dem Fremdgedruck P_{a0} (abs)	$P_n = P_{ns} \geq P_{a0} \geq P_u = 1$ bar		1,312 bar(abs)	$\frac{2 \cdot P_0}{\sqrt{k \cdot (k+1)}} \cdot \frac{\psi}{f_A}$
86	Gasdruck oder Gasentspannung in der Ausblaseleitung			1,312 bar(abs)	✓
87			Istwert	zul. Sollwert	
88	Druckverhältnis ohne Faltenbag $P_0 \rightarrow P_a$ mit Faltenbalg	–	P_a / P_0 0,193	$\leq 0,15 / 1,1 \cdot (1 - P_u / P_0) + P_u / P_0$	0,210 ✓
89		–	P_a / P_0 0,193	$\leq 0,3 / 1,1 \cdot (1 - P_u / P_0) + P_u / P_0$	0,330 ✓
90	<i>Info</i> Korrektur Druckverhältnis				

91	Austrittsgeschwindigkeit					
92	Gasdichte	kg / m ³	ρ	1,357		
93	Geschwindigkeit am Ausblaseende	m/s	$p < 1: V_n$ A 2.7.1 / 2	363,6		
94	Schallgeschwindigkeit ins Freie	m/s	$p \geq 1: V_{S 20^\circ} \approx$ Info	241,1	$V_s = \sqrt{k \cdot R \cdot T}$	
95						
96	Rohrhalterungskräfte DIN EN13480-3: 2012: A.2.4 / Bild A.2.4-1					
97			<p><i>"Die Druckentlastung beim Öffnen des Sicherheitsventiles bewirkt eine Reaktionslast an der angeschlossenen Rohrleitung. Das anfängliche schlagartige Öffnen des Ventils erzeugt eine unter Umständen beträchtliche dynamische Kraftkomponente".</i></p>			
98			stationäre Reaktionskraft	1352,7 N	1,4 kN	✓
99			F_r (A.2.4-1)			
100			Innen Ø Ausblaseleitung	107,1 mm		✓
101						
102						
103	Rohrwanddicke	mm	gewählt $\geq 3,0$ mm	3,00	$A_{\text{Fläche}}$ 1.037,7	
104	Masse: Sicherheitsventil incl. Anbauten	kg	W [kg] ≥ 5 kg	5,00		
105	Elastizitäts- Modul	N/mm ²	E_{20°	200.000,0		
106	Abstand: siehe Bild	optimal	ca. 100 < h < ~ 1200 --	500 mm	✓	
107	Trägheitsmoment Zulaufrohr	mm ⁴	$I_{\text{Träg.}}$	1.602.749	<i>Beiwerte</i>	
108	Sicherheitsventil - Periode	–	T (A.2.4-3)	0,160	2,000 0,000	
109	dynamischer Lastfaktor	–	DLF	2,000		
110	dynamische Anfangskraft	N	$F_{dr} = F_r \cdot DLF$	2705,3 N	2,7 kN ✓	
111						
112	Bemerkungen					
113						
114	11.08.2017	Bearbeiter	geprüft	Datum		