

EURISG

European Industrial Sizing Group

EURISG Sizing Case Report

ESC_101

Stand: **05.04.2016**

Berechnung von Massenstrom und Druckabfall in einer Sicherheitsventil-Abblaseleitung bei der Notentlastung von siedendem Aceton unter der Annahme thermodynamischen Gleichgewichts

CSE - ENGINEERING CENTER OF SAFETY EXCELLENCE GMBH MIT SITZ IN PFINZTAL

GESCHÄFTSFÜHRER:
Prof. Dr. Jürgen Schmidt
Prof. Dr. Jens Denecke

HRB NR. 722490
Amtsgericht Mannheim
Umsatzsteuer-ID: DE300689965

DEUTSCHE BANK IN NEUSTADT
IBAN DE41 5467 0024 0033 6164 00
BIC DEUTDEDB546

Inhaltsverzeichnis

Revisionen	2
Inhaltsverzeichnis	3
1 Aufgabenstellung	5
2 Testdaten und Referenzen	7
3 Herangehensweise	7
3.1 Verfahrenstechnische Randbedingungen	7
3.1.1 Behälter.....	7
3.1.2 Sicherheitsventil	7
3.1.3 Medium	8
3.1.4 Umgebungsbedingungen Standortdaten.....	8
3.2 Geometrische Abmessungen der Sicherheitsventil-Abblaseleitung	8
3.2.1 Behälter und Stutzen.....	9
3.2.2 Zuleitung	9
3.2.3 Sicherheitsventil	9
3.2.4 Abblaseleitung	10
3.3 Stoffdaten.....	11
3.3.1 Thermodynamisch kritische Daten reduzierte Daten	11
3.3.2 Bewertung der realen Eigenschaften des Acetons	13
3.3.3 Stoffdatenmodelle	13
3.3.4 Phasenverteilung bei der Notentlastung	14
3.4 Auslegungsfall Sizing Case.....	14
3.5 Auslegungsrechnung	14
3.5.1 Bestimmung des zuerkannten Massenstroms des Sicherheitsventils ...	16
3.5.2 Bestimmung des zuerkannten Massenstroms des Gesamtsystems.....	16
3.5.2.1 Annahmen und Vereinfachungen.....	17
3.5.2.2 Auswahl des Modells für das Sicherheitsventil.....	18
3.5.2.3 Ausflussziffer für Zweiphasenströmungen	19
3.5.2.4 Auswahl des Modells für den Behälterstutzen	20
3.5.2.5 Auswahl des Modells für die Leitung	20
3.5.2.6 Lösungsstrategie	22
3.5.3 Abführbarer Massenstrom des Gesamtsystems und Druckabfall im Sicherheitsventil-Abblaseleitungssystem	23
4 Ergebnisse	23
4.1 Ergebnisse der Berechnung nach dem numerischen HEM-Modell	23

4.2	Vergleich der Ergebnisse des numerische HEM Modells mit dem ω -HEM Modell	25
4.3	Einfluss der Zustandsgleichungen auf den Massenstrom (HEM-numerisch)	26
5	Diskussion	26
6	Lessons learned	29
	Literaturverzeichnis	31
	Anlagen	33
A	Symbole und Einheiten	33
B	Reibungsdruckverlust in den Rohrleitungen	37
B.1	Betrachtung des Rohrreibungsbeiwertes	37
B.2	Bestimmung des Reibungsdruckabfalles bei Zweiphasenströmung in geraden Rohrleitungen	38
B.3	Bestimmung des Beschleunigungsdruckabfalles bei Zweiphasenströmung in geraden Rohrleitungen.....	40
C	Bestimmung der energiegemittelten Dichte.....	40
D	Massenstrom durch das Sicherheitsventil	41
E	Stoffdaten	42
F	Numerische Vorgehensweise	50
F.1	Initialer Massenstrom	50
F.1.1	Leung (HEM)	50
F.1.2	HEM-Numerisch	51
F.2	Behälter - Zustand „0“	52
F.3	Stutzen – Zustandsänderung „0“-„1“	52
F.4	Zuleitung – Zustandsänderung „1“-„in“	52
F.5	Abblaseleitung – Zustandsänderung „out“-„2“	52
F.6	Identifikation kritischer Strömung in Rohrleitungen	53
F.7	Iterative Berechnung des Massenstroms	53
G	Weitere Berechnungsergebnisse.....	53

1 Aufgabenstellung

In der chemischen und pharmazeutischen Industrie werden häufig Vielzweckanlagen eingesetzt (Multipurpose Plants), in denen Reaktionen in Lösungsmitteln gefahren werden. Die Behälter sind typischerweise mit Sicherheitsventilen abgesichert. Je nach Füllgrad des Behälters beim Ansprechen des Sicherheitsventils wird bei einer Notentlastung reiner Dampf, ein Gemisch aus Dampf und Flüssigkeit, unterkühlte oder siedende Flüssigkeit entlastet.

In diesem Report wird vereinfachend angenommen, dass bei voll geöffnetem Sicherheitsventil siedendes Aceton (Flüssigkeit) in die Sicherheitsventil-Abblaseleitung eines Behälters eintritt. Die Berechnungen des Aufwallverhaltens im Behälter und des Strömungsmassendampfgehalts am Eintritt der Leitung sind nicht Gegenstand dieser Berechnungen.

Es sollen der Massenstrom und der Druckabfall durch die Leitung mit den in **Tabelle 1-2** angegebenen Daten berechnet werden. Der Zustand im Behälter zu Beginn der Notentlastung und die Daten des Sicherheitsventils sind in **Tabelle 1-1** spezifiziert. Als Besonderheit ist als Annahme für das Sicherheitsventil eine Durchströmung bei thermodynamischem Gleichgewicht vorgegeben. Die geometrischen Abmessungen der Leitungen sowie die Umgebungsbedingungen sind in **Abbildung 1-1** gegeben. Alle erforderlichen Stoffdaten für die Berechnungen sind selbst zu bestimmen.

Anmerkung: Die Innendurchmesser sind vereinfacht mit 25 bzw. 40 mm festgesetzt worden, sie entsprechen nicht den Durchmessern der üblichen Rohrnennweiten DN 25 bzw. DN 40.

Tabelle 1-1: Daten für die Berechnung

- | | |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| ▪ Berechnungsfall: | Zweiphasenströmung, Annahme thermodynamisches Gleichgewicht |
| ▪ Medium: | Aceton |
| ▪ Stagnationsmassendampfgehalt \dot{x}_0 bei p_0, T_0 : | 0,0 % |
| ▪ Sicherheitsventil Nennweite: | DN 25x40 |
| ▪ Abblasedruck p_0 : | 20 bar (abs) |
| ▪ Temperatur beim Abblasedruck T_0 : | 453,15 K (180,3 °C) |
| ▪ Sitzdurchmesser des Ventils d_{VC} : | 13 mm |
| ▪ Zuerkannte Ausflussziffer $K_{dr,g}$: | 0,72 |
| ▪ Zuerkannte Ausflussziffer $K_{dr,l}$: | 0,72 (willkürlich gewählter Wert, üblicherweise kleiner als $K_{dr,g}$) |
| ▪ Abblasen in die Atmosphäre | |

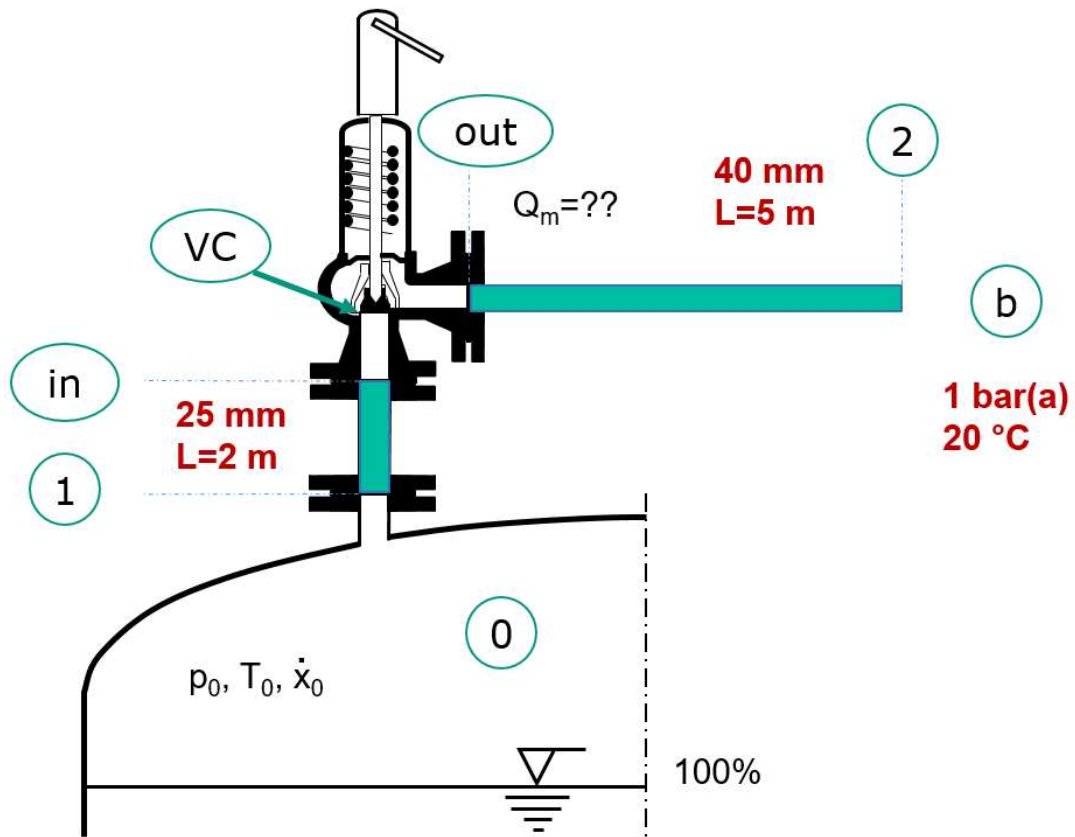


Abbildung 1-1: Aufbau der Abblaseleitung und Daten für die Berechnung der Ergebnisse im EURSIG Sizing Case Report ESC_101.

Tabelle 1-2:

ESC_101 (Gas/Flüssigkeitsströmung – thermodynamisches Gleichgewicht (HEM))					
Ort (vgl. Abbildung 1-1)	Totaldruck [bar abs]	Statischer Druck [bar abs]	Totaltemperatur [°C]	Statische Temperatur [°C]	Strömungsmassendampfgehalt [%]
0	20,00	20,00	180,3	180,3	0,0 %
in					
out					
2					
b					