

EURISG

European Industrial Sizing Group

EURISG Sizing Case Report

ESC_106

Stand: **09.09.2016**

Berechnung von Massenstrom und Druckabfall in einer Sicherheitsventil-Abblaseleitung bei der Notentlastung von siedendem Aceton unter Berücksichtigung des Siedeverzugs und der Ausflussziffer für Zweiphasenströmung

Vertraulichkeit | Nutzung | Haftung

Dieses Dokument ist erstellt und Eigentum der CSE-Engineering Center of Safety Excellence GmbH. Es ist vertraulich zu behandeln und darf nicht ohne schriftliche Genehmigung der CSE-Engineering und dem Einverständnis der Teilnehmer der EURISG Gruppe an Dritte weitergegeben werden. Dies gilt für die elektronische Weitergabe ebenso wie für eine Kopie des Dokuments. Die Ergebnisse des Dokumentes dürfen ohne schriftliche Genehmigung weder zitiert noch vervielfältigt werden. Jede Haftung für die Vollständigkeit und Richtigkeit des Dokumentes wird ausgeschlossen. Es gelten die Compliance Richtlinien der EURISG-Gruppe.

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 DEUTDE33

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	21
3.5.2.6 Lösungsstrategie	22
3.5.3 Abführbarer Massenstrom des Gesamtsystems und Druckabfall	23
4 Ergebnisse	24
4.1 Ergebnisse der Berechnung nach dem HNE-Modell	24
5 Lessons learned	29

Literaturverzeichnis	31
Anlagen	34
A Symbole und Einheiten	34
B Druckabfall in Rohrleitungen	38
B.1 Betrachtung des Rohrreibungsbeiwertes	38
B.2 Reibungsdruckabfalles bei Zweiphasenströmung in Rohrleitungen	39
B.3 Bestimmung des Beschleunigungs- und geodätischen Druckabfalls	41
C Bestimmung der energiegemittelten Dichte	42
D Beschreibung des HNE-CSE Modells	42
E Massenstrom durch das Sicherheitsventil	45
F Stoffdaten	46
G Numerische Vorgehensweise	53
G.1 Initialer Massenstrom	53
G.2 Behälter - Zustand „0“	54
G.3 Stutzen – Zustandsänderung „0“-„1“	54
G.4 Zuleitung – Zustandsänderung „1“-„in“	54
G.5 Abblaseleitung – Zustandsänderung „out“-„2“	54
G.6 Identifikation kritischer Strömung in Rohrleitungen	55
G.7 Iterative Berechnung des Massenstroms	55
H Weitere Berechnungsergebnisse	56

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 Reaktors eintritt. Die Berechnungen des Aufwallverhaltens im Reaktor 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. 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, Reale Eigenschaften des Gemisches sind zu berücksichtigen |
| • 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 $K_{dr,l}$: | 0,48 |
| • Abblasen in die Atmosphäre | |

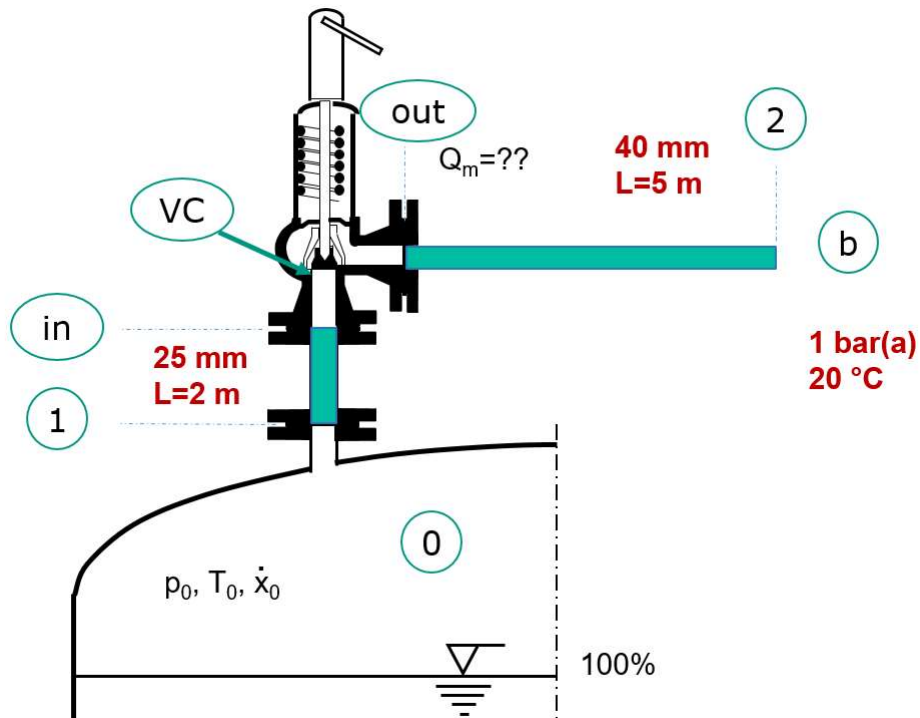


Abbildung 1-1: Aufbau der Abblaseleitung und Daten für die Berechnung der Ergebnisse im EURSIG Sizing Case Report ESC_106.

Tabelle 1-2:

ESC_106 (Gas/Flüssigkeitsströmung – Annahme HNE)						
Ort (vgl. Abbildung 1-1)	0	in	throat	out	2	b
Totaldruck in bar abs						
Statischer Druck in bar abs						
Totaltemperatur in °C						
Statische Temperatur in °C						
Stagnationsmassendampfgehalt in %						
Strömungsmassendampfgehalt in %						
Volumetrischer Gasgehalt ε in %						
Spezifisches Volumen (statisch, homogen) v in m ³ /kg						
Spezifisches Volumen (stagnation, homogen) v in m ³ /kg						