

# **EURISG**

## **European Industrial Sizing Group**

EURISG Sizing Case Report

**ESC\_103**

Stand: **05.04.2016**

Berechnung von Massenstrom und Druckabfall  
bei der Strömung von Stickstoff durch eine Si-  
cherheitsventil-Abblaseleitung während der  
Druckentlastung eines Behälters

### **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 Dokuments wird ausgeschlossen. Es gelten die Compliance Richtlinien der EURISG-Gruppe.

### **CSE - ENGINEERING CENTER OF SAFETY EXCELLENCE GMBH MIT SITZ IN PFINTZAL**

**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

<b>Revisionen</b> .....	<b>2</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Aufgabenstellung</b> .....	<b>5</b>
<b>2 Testdaten und Referenzen</b> .....	<b>7</b>
<b>3 Herangehensweise</b> .....	<b>7</b>
3.1 Verfahrenstechnische Randbedingungen .....	7
3.1.1 Behälter.....	7
3.1.2 Sicherheitsventil .....	7
3.1.3 Medium .....	7
3.1.4 Umgebungsbedingungen/Standortdaten .....	8
3.2 Geometrische Abmessungen der Sicherheitsventil-Abblaseleitung .....	8
3.2.1 Behälter und Stutzen.....	8
3.2.2 Zuleitung .....	8
3.2.3 Sicherheitsventil .....	9
3.2.4 Abblaseleitung .....	9
3.3 Stoffdaten.....	10
3.3.1 Thermodynamisch kritische Daten   reduzierte Daten .....	10
3.3.2 Bewertung realer Eigenschaften.....	12
3.3.3 Stoffdatenmodelle.....	14
3.3.4 Phasenverteilung bei der Notentlastung .....	14
3.4 Auslegungsfall/Sizing Case.....	15
3.5 Auslegungsrechnung .....	15
3.5.1 Bestimmung des zuerkannten Massenstroms des Sicherheitsventils ...	15
3.5.2 Massenstrom und Druckabfall im Sicherheitsventil-Abblaseleitungs-System .....	15
<b>4 Ergebnisse</b> .....	<b>19</b>
4.1 Darstellung der Ergebnisse der numerischen Berechnung.....	19
4.2 Vergleich der Ergebnisse der numerischen Berechnung mit Berechnungen nach AD 2000 A2 .....	22
4.2.1 Erweiterte AD 2000 .....	22
4.2.2 Berechnung mit unveränderter AD 2000 .....	23
4.3 Vergleich von Machzahlen .....	24
<b>5 Diskussion</b> .....	<b>25</b>
<b>6 Lessons learned</b> .....	<b>28</b>

<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>29</b>
<b>Anlagen .....</b>	<b>31</b>
<b>A     <b>Symbole und Einheiten .....</b></b>	<b>31</b>
<b>B     <b>Reibungsdruckverlust in den Rohrleitungen .....</b></b>	<b>33</b>
<b>C     <b>Massenstrom durch das Sicherheitsventil .....</b></b>	<b>34</b>
<b>D     <b>Stoffdaten .....</b></b>	<b>35</b>
<b>E     <b>Überprüfung des Durchflussbeiwertes .....</b></b>	<b>42</b>
<b>F     <b>Vorgehensweise bei den numerischen Berechnungen.....</b></b>	<b>43</b>
F.1    Initialer Massenstrom .....	43
F.2    Behälter - Zustand „0“ .....	44
F.3    Stutzen - Zustandsänderung „0“-„1“ .....	44
F.4    Zuleitung - Zustandsänderung „1“-„in“ .....	44
F.5    Abblaseleitung - Zustandsänderung „out“-„2“ .....	44
F.6    Iterative Berechnung des Massenstroms .....	45
<b>G     <b>Weitere Berechnungsergebnisse.....</b></b>	<b>45</b>

## 1 Aufgabenstellung

In der chemischen und pharmazeutischen Industrie werden technische Anlagen typischerweise mit Sicherheitsventilen abgesichert. Je nach Füllgrad des abzuschließenden Systems beim Ansprechen des Sicherheitsventils wird bei einer Notentlastung reines Gas oder ein Gemisch aus Gas/Dampf und Flüssigkeit entlastet.

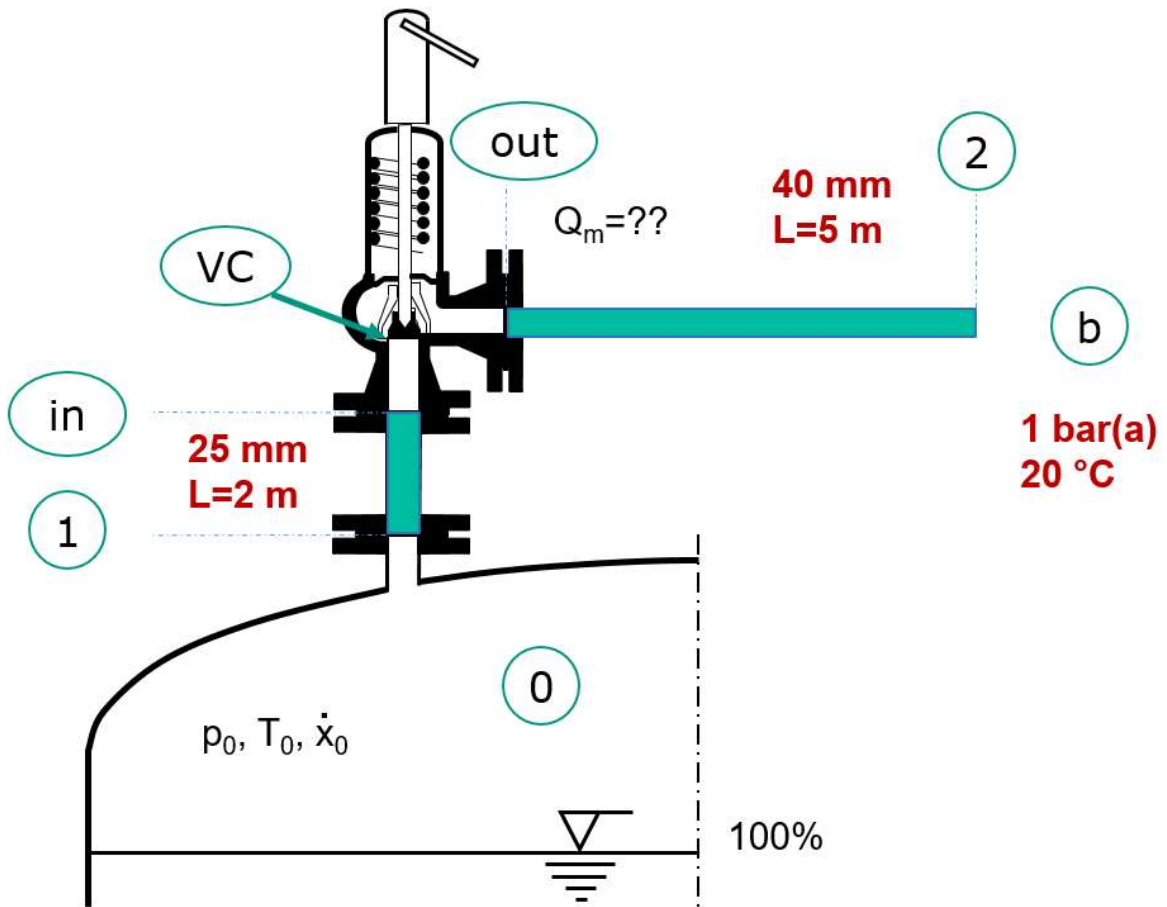
In diesem Report sollen der Massenstrom und der Druckabfall in einer bestehenden Sicherheitsventil-Abblaseleitung bei der Notentlastung von Stickstoff berechnet werden. Der Massenstrom durch die Leitung und die Drücke in den Querschnitten sind wie in **Tabelle 1-2** angegeben zu berechnen.

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 der Abblaseleitung 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:	überhitztes Gas
▪ Medium:	Stickstoff
▪ Strömungsmassendampfgehalt $\dot{x}_0$ bei $p_0, T_0$ :	100 %
▪ Sicherheitsventil Nennweite:	DN 25x40
▪ Ansprech(über)druck $p_{set}$ :	30,9 bar (g)
▪ Abblasedruck $p_0$ :	35 bar (abs)
▪ Temperatur beim Abblasedruck $T_0$ :	493,15 K (220 °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 EUSRISG Sizing Case Report ESC\_103.

**Tabelle 1-2**

ESC_103 (Einphasen-Gasströmung von reinem Stickstoff)					
Ort (vgl. <b>Abbildung 1-1</b> )	Totaldruck [bar abs]	Statischer Druck [bar abs]	Totaltemperatur [°C]	Statische Temperatur [°C]	Strömungsmassendampfgehalt [%]
0	35,00	35,00	220,0	220,0	100 %
in					
out					
2					
b					