

EURISG

European Industrial Sizing Group

EURISG Sizing Case Report

ESC_104

Stand: **05.12.2016**

**Auslegung eines Sicherheitsventils zur Druck-
absicherung eines Behälters für das Szenario
„Regelventil der Stickstoffzufuhr versagt“**

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 DEUTDE33546

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Revisionen	4
1 Aufgabenstellung	5
2 Auftragsklärung: Rückfragen an Auftraggeber	7
3 Testdaten und Referenzen.....	8
4 Herangehensweise	8
4.1 Verfahrenstechnische Randbedingungen.....	8
4.1.1 Behälter	8
4.1.2 Regelventil	8
4.1.3 Sicherheitsventil.....	9
4.1.4 Medium.....	9
4.1.5 Umgebungsbedingungen/Standortdaten	9
4.2 Geometrische Abmessungen Regelventil und Sicherheitsventil-Abblaseleitung.....	10
4.2.1 Behälter	10
4.2.2 Regelventil	10
4.2.3 Zuleitung inklusive T-Stück.....	10
4.2.4 Sicherheitsventil.....	11
4.2.5 Abblaseleitung	11
4.3 Stoffdaten	12
4.3.1 Thermodynamisch kritische reduzierte Daten.....	12
4.3.2 Bewertung realer Eigenschaften	13
4.3.3 Stoffdatenmodelle	15
4.3.4 Phasenverteilung bei der Notentlastung	15
4.4 Auslegungsfall/Sizing Case	16
4.5 Auslegungsrechnung.....	17
4.5.1 Bestimmung mindestens abzuführenden Massenstroms	17
4.5.2 Auswahl eines Sicherheitsventils	18
4.5.3 Abführbarer Massenstrom und Druckabfall.....	19
4.5.4 Annahmen und Vereinfachungen	19
4.5.5 Auswahl des Modells für das Regelventil.....	20
4.5.6 Auswahl des Modells für die Leitungen	20
4.5.7 Auswahl des Modells für die Rohrkrümmer.....	21
4.5.8 Auswahl des Modells für das T-Stück und Annahme zum Behälterdruck.....	22
4.6 Lösungsstrategie	23
5 Ergebnisse.....	25
5.1 Darstellung der Berechnungsergebnisse	25

5.2	Relativer Druckabfall in Zu- und Abblaseleitung.....	27
6	Diskussion	29
6.1	Verlauf der Zustandsänderung	29
6.2	Ventilgröße	31
6.3	Behälterzustand	31
6.4	Bewertung der Sicherheitsventil-Installation	32
7	Lessons learned.....	33
8	Literaturverzeichnis	34
	Anlagen	36
A	Symbole und Einheiten	36
B	Reibungsdruckverlust in den Rohrleitungen	38
C	Massenstrom durch das Sicherheitsventil.....	39
D	Stoffdaten	40
E	Korrektur des zuerkannten Durchflussbeiwertes $K_{Dr,g}$	46
F	Vorgehensweise bei den numerischen Berechnungen	48
F.1	Massenstrom (HEM-numerisch)	48
F.2	Behälter - Zustand „0“	49
F.3	Regelventil - Zustand „1“-„2“	49
F.4	Zuleitung – Zustandsänderung „2“-„in“	49
F.5	Abblaseleitung – Zustandsänderung „out“-„15“	49
F.6	Berechnung des Massenstroms	50

1 Aufgabenstellung

Zur Inertisierung können Anlagenabschnitte mit Stickstoff überlagert werden. Im vorliegenden Fall (s. **Abbildung 1-1**) wird folgendes Szenario definiert: das Ventil Y0200 ist geschlossen, das Regelventil Y0100 der Stickstoffzufuhr versagt und ist vollständig geöffnet. In der chemischen und pharmazeutischen Industrie werden technische Anlagen typischerweise mit Sicherheitsventilen abgesichert. Es soll ein Sicherheitsventil ausgelegt werden, das den Behälter BA001 gegen unzulässigen Druckaufbau schützen soll.

In diesem Report sollen der Massenstrom und der Druckabfall durch ein Regelventil und eine 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. Ein geeignetes Sicherheitsventil ist auszuwählen. Die Leitungen sind auf ausreichende Größe zu überprüfen. Für das Sicherheitsventil ist der mindestens erforderliche Sitzquerschnitt $K_{d,r} \cdot A$ zu ermitteln und das Verhalten des Gesamtsystems zu prüfen.

Der Betriebszustand sowie die Daten des Regelventils sind in **Tabelle 1-1** spezifiziert und die geometrischen Abmessungen der Leitungen sowie die Umgebungsbedingungen sind in **Abbildung 1-1** gegeben. Alle erforderlichen Stoffdaten für die Berechnung sind selbst zu bestimmen.

Tabelle 1-1: Daten für die Berechnung

▪ Medium:	Stickstoff
▪ Betriebstemperatur:	20 °C
▪ Alle Leitungen	DN25 ($D_i = 28,5 \text{ mm}$)
▪ Maximaler Eintrittsdruck in das Regelventil (Y0100):	6 barg
▪ K_{VS} -Wert Y0100:	2,5 m ³ /h
▪ Maximal zulässiger Betriebsdruck des Behälters:	3 barg
▪ Radius aller Krümmen:	90° (R/D=2,5)
▪ T-Stück:	Stutzen ausgehalst, Kanten gerundet
▪ Umgebungsbedingungen am Austritt der Abblaseleitung:	20 °C, 1,013 bara
▪ Länge Rohrleitungsabschnitt	L = 0,5 m

