Bemessung von Sicherheitsventilen an Wärmeübertragern und Ausdehnungsgefäßen in der Heizungstechnik

Dipl.-Ing. K. SEIDEL
Staatliches Amt für Technische Überwachung, Inspektion Karl-Marx-Stadt
Dr. sc. techn. B. GLUCK
VEB Kombinat Technische Gebäudeausrüstung – Institut –

In der Ausrüstungsvorschrift AV 1–9/74 – Technische Forderungen und Berechnung für Sicherheitsvorrichtungen gegen unzulässigen inneren Überdruck (veröffentlicht in /1/) – legt das Staatliche Amt für Technische Überwachung die erforderlichen Nachweise für die Ermittlung der Strömungsquerschnitte für Sicherheitsventile fest.
Die zu untersuchenden Betriebszustände für die Bemessung der Sicherheitsventile an Wärmetauschern werden in der AV 1–9/74 unter Ziffer 5.9.2.2.2.3. genannt. Aussagen über die sicherheitstechnischen Forderungen für die Projektierung und Konstruktion von Druckgefäßen sind in TGL 30330/02 gegeben.
Unterliegen die Wärmetauscher und Ausdehnungsgefäße gemäß der Anordnung über die Nomenklatur überwachungspflichtiger Druckgefäße vom 14. 1. 1977 (GBl. I Nr. 4, S. 26) einer staatlichen Überwachung durch das Amt, so ist die rechnerische Ermittlung der Sicherheitsventilquerschnitte im Rahmen der beantragten Zustimmung zum Projekt dem Amt zur Prüfung vorzulegen.
Die in der AV 1–9/74 getroffenen speziellen und in TGL 30330/02 festgelegten allgemeinen Aussagen für die zu betrachtenden Betriebszustände sind nur verbal beschrieben. Die Ermittlung des abzuspeisenden Massestroms ist somit nicht eindeutig fixiert. In vielen Fällen wird die mit Berechnungsgleichungen unterlegte Interpretation in /2/ für die Auslegung herangezogen.
Die Bemessung ergab oft relativ große Querschnitte der Sicherheitsventile. Die Ursachen dafür sind vielfältig. Zwei Tatsachen gelten grundsätzlich:

– Die angebotenen Sicherheitsventile haben relativ geringe Ausflußziffern für Flüssigkeiten.
– Die Ansprechdrücke werden sehr oft auf unnötig niedrige Werte festgelegt.

Der erstgenannte Grund ist durch die Projektanten nicht beeinflußbar, die zulässigen Betriebsdrücke der Bauteile sollten jedoch immer voll ausgenutzt werden. So besteht z. B. kein Grund, eine Heizungsanlage mit Plattenheizkörpern und geschlossenem Ausdehnungsgefäß nur mit 0,4 MPa zu sichern, da bei voller Druckausnutzung sowohl die Ausdehnungsgefäße als auch die Sicherheitsventile in kleineren Baugrößen eingesetzt werden können.
Die weiteren Gründe für die großen erforderlichen Sicherheitsventilquerschnitte erfordern eine differenzierte Betrachtung der Einsatzfälle.

Wärmetauscher

Nach AV 1–9/74 sind bei der Bemessung der Sicherheitsventile folgende vier Betriebsfälle zu beachten:

– Berechnung im Hinblick auf möglichen Pumpendruck
– Berechnung im Hinblick auf mögliche Druckerhöhung durch die Beheizung bei unterbrochener Wärmeabgabe
– Berechnung im Hinblick auf mögliche Druckerhöhung infolge Rohrschadens an den Heizrohren
– Berechnung im Hinblick auf mögliche Druckerhöhung infolge Ausdehnung des aufzuheizenden Wassers.

In der Regel wird die Annahme – Rohrschaden – zum bestimmenden Faktor für die Auswahl des Sicherheitsventils. Dies trifft vor allem bei Wärmetauschern Heißwasser/Warmwasser mit großen Differenzdrücken zwischen Primär- und Sekundärmedium zu. Die speziellen Ursachen sind gegeben durch

– die Festlegung in AV 1–9/74, Ziffer 5.9.2.2.2.3., 3. Anstrich, wonach der Strömungsquerschnitt für die bei Rohrbruch aus zwei Rohrquerschnitten austretende Wassermenge auszulegen ist
– das Fehlen einer Aussage in AV 1–9/74 über die dafür anzusetzende Ausflußziffer
– die als Regel der Technik bewertete Aussage in /2/, die Ausflußziffer α gleich 1 zu setzen.

Demgegenüber steht, daß unter Ziffer 8.5. der AV 1–9/74 bei der Bemessung des Ausblasequerschnitts für Brechsicherungen die α-Werte für

- ausgehalste Stutzen gleich 0,85
- aufgesetzte Stutzen gleich 0,65
- durchgesteckte Stutzen gleich 0,5

angegeben sind und daß außerdem

- Rohrschäden bei vorbeugender Instandhaltung (Wartung, Revision, Instandsetzung) nicht eintreten dürften
- bisher nur wenige Schäden bekannt wurden und dabei meistens ein nur sehr kleiner Spalt entstand
- die wenigen Schäden zu keinen Folgeschäden führten, obwohl viele ältere Anlagen mit Sicherheitsventilen ausgerüstet sind, die den genannten Kriterien nicht entsprechen.

Vom Staatlichen Amt für Technische Überwachung wird deshalb zugestimmt, die Ausflußziffer α für den Austritt des Mediums aus der Schadenstelle des Rohres mit 0,5 anzunehmen. Diese Aussage wird auch in die Neufassung der TGL 23043/01 eingearbeitet.
Damit können die in /2/, Bilder 3.4. bis 9, enthaltenen Diagrammwerte für die Bemessung der Sicherheitsventile halbiert werden.

Ausdehnungsgefäße

Nach TGL 30330/02 Abschnitt 4.8. gilt:

– Jeder Druckraum eines Druckgefäßes muß mit einer Sicherheitsvorrichtung oder -einrichtung gegen unzulässiges Überschreiten des Betriebsdrucks ausgerüstet sein.
– Für Sicherheitsvorrichtungen gegen unzulässigen inneren Überdruck ist, sofern dafür keine Festlegungen in staatlichen Standards bestehen, die Ausrüstungsvorschrift AV 1–9/74 anzuwenden.
– Die Sicherheitsvorrichtungen können entfallen, wenn die Druckerzeuger oder Druckzuleitungen mit Sicherheitsvorrichtungen ausgerüstet sind oder als Druckerzeuger, z. B. Kreiselpumpen, verwendet werden, die entsprechend ihrer Kennlinie ein Überschreiten des Betriebsdrucks unter Berücksichtigung der nach der AV 1–9/74 zulässigen Differenzen zwischen dem Einstelldruck und dem Druck, bei dem die volle Abblasemenge durchgesetzt wird, ausschließen.

Nach /2/ sind folgende Komponenten, die zu einer möglichen Druckerhöhung führen, bei der Bemessung von Sicherheitsventilen zu beachten:

– Volumenexpansion beim Aufheizen
– Zuströmung des Druckmediums zur Erzeugung des Auflastdrucks
– Zufluß des Netzinhaltwassers durch die Umwälzpumpen.

Vielfach ist die Annahme – Zuströmung des Druckmediums – die entscheidende Auslegungsgröße, da sich bei Anordnung des Sicherheitsventils am Wasserraum (was nach TGL 190–259/05 gefordert wird) infolge der Umrechnung auf eine äquivalente abzuspeisende Wassermenge größere Sicherheitsventile ergeben, als dies bei Anordnung am Druckmedienraum der Fall wäre /2/.
Die angenommene Belastung kann bei Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften nur durch Anordnung von Sicherheitsvorrichtungen auf den Druckzuleitungen vermindert werden. Da diese Sicherheitsventile bei Stickstoffauflastung im geschlossenen Zustand zum Vermeiden von Verlusten gasdicht sein müssen, sollten vor allem Kompaktdruckminderer mit angebauten Sicherheitsventilen verwendet werden. Ein solches Erzeugnis wird zum Beispiel vom *VEB Kombinat Technische Werke Halle* hergestellt. Dabei ist speziell der

zweistufige Druckminderer für Stickstoff zu empfehlen. Die erste Stufe reduziert auf den vom Werk fest eingestellten Nachdruck von 2,7 (+ 0,2) MPa. Das zu dieser Stufe gehörige Sicherheitsventil bläst bei 3,1 (+ 0,3) MPa ab. Es würde beispielsweise bei Membranbruch der ersten Stufe in Aktion treten. Die zweite Stufe könnte somit nur mit maximal 3,4 MPa beaufschlagt werden. Der Enddruck der Reduzierstation ist einstellbar bis zur rot gekennzeichneten Marke am Manometer, das sind 2,0 MPa. Das Sicherheitsventil dieser Endstufe spricht bei 2,2 (+ 0,3) MPa an. Die beiden Sicherheitsventile werden vom Hersteller nach betriebseigenen Prüfvorschriften eingestellt und vom ASMW geprüft.

Der engste freie Querschnitt beträgt in jeder Stufe 4 mm². Die Berechnung des maximalen Druckmedien-Massestroms zum Ausdehnungsgefäß kann für ein überkritisches Druckgefälle nach /2/ Gl. (3.4. bis 39) (oder Bilder 3.4. bis 7) vorgenommen werden. Die einzusetzenden Vordrücke sind von der gewählten Schaltung abhängig.

Diese sei an zwei Beispielen erklärt:

- Darf im Ausdehnungsgefäß der Druck von z. B. 0,6 MPa nicht überschritten werden und wird ein zweistufiger Druckminderer von 14,7 MPa auf 2,7 MPa und weiter auf 2 MPa eingesetzt, dann bietet bei einem Defekt der zweiten Stufe das auf maximal 2,5 MPa eingestellte Sicherheitsventil für das beaufschlagte Druckgefäß natürlich keinen Schutz. In die oben genannte Formel kann aber als Vordruck der abgesicherte Nachdruck der ersten Stufe (maximal 3,4 MPa) eingesetzt werden. (Würde eine einstufige Reduzierstation gewählt, müßte mit dem maximalen Fülldruck der Flasche als Vordruck, d. h. 14,7 MPa, gerechnet werden. Aus diesem Grunde wurde eingangs der Einsatz einer zweistufigen Reduzierstation empfohlen.)
- Soll der Abblasedruck des auf der letzten Stufe installierten Sicherheitsventils für die sicherheitstechnische Auslegung auch bei nachgeschalteten Druckgefäßen mit niedrigeren höchstzulässigen Betriebsdrücken einbezogen werden, ist in die Zuführungsleitung noch eine weitere genau definierte Drosselstelle, z. B. ein weiterer Druckminderer mit vorgegebenem k_{vs}-Wert oder eine Drosselscheibe mit bekannten Abmessungen, einzubauen. Soll beispielsweise die vorgenannte Aufgabe unter Einbeziehung des zweiten Sicherheitsventils (maximaler Abblasedruck = 2,5 MPa) gelöst werden, so ist das möglich, wenn eine Drosselscheibe mit 3 mm² hinter dem Druckminderer in die Druckleitung eingebaut wird. Für diese zusätzliche Drosselstelle kann dann die in /2/ gegebene Formel bzw. das Diagramm für den Vordruck 2,5 MPa und $A = 3$ mm² angewendet werden (die Überdrücke sind allerdings als Absolutdrücke in kp/cm² einzusetzen).

Sicherheitsventile für Heißwasser

Wird Wasser bis zu Temperaturen von 130 °C abgespeist, ist nach AV 1–9/74, Ziffer 5.9.2.2.1., Formel (15a), die für reine Flüssigkeitsabströmung gilt, anzusetzen. Bei Abspeisen von Wasser mit Temperaturen > 130 °C gelten für die Berechnung der Strömungsquerschnitte der Sicherheitsventile an Heißwasserkesseln, Rauchgas-Speisewasservorwärmer und an Wärmetauschern getrennte Festlegungen.

Nicht eindeutig ist die in Ziffer 5.9.2.2.2.3., dritter Anstrich, gegebene Aussage, die Berechnung nach Ziffer 5.9.2.2.2.1. – Heißwasserkessel – vorzunehmen, da bei Heißwasserkesseln zwischen Natur- und Zwanglaufkessel unterschieden wird.[1]) Da bei Rohrbruch immer nur dann eine Druckerhöhung im Wärmetauscher stattfinden kann, wenn eine wirksame Druckdifferenz zwischen Primär- und Sekundärmedium vorliegt, entspricht dieser Belastungsfall dem eines Heißwassererzeugers nach dem Zwanglaufprinzip. Dieser Tatbestand kann auch auf analoge Belastungsfälle übertragen werden, z. B. auf die Sicherung der Nachdruckseite eines Druckminderers bei Wassertemperaturen von mehr als 130 °C.

Vom Staatlichen Amt für Technische Überwachung wird deshalb zugestimmt, die Sicherheitsventile auf der Grundlage der thermodynamischen Entspannung gemäß den Formeln (16a) bis (16d) der AV 1–9/74 zu bemessen, wenn der Ansprechfall durch eine hydraulisch gegebene Druckdifferenz hervorgerufen wird.

Zusammenfassung

Die ungenügenden Aussagen der AV 1–9/74 in (1) hinsichtlich anzuwendender Ausflußziffer für den Austritt des Mediums aus der Schadstelle bei Rohrbruch in Wärmetauschern und die Annahme in (2), als Ausflußziffer den Wert 1 einzusetzen, ferner die ungenügende Aussage der AV 1–9/74, Ziffer 5.9.2.2.2.3., 3. Stabstrich in (1), in bezug auf den anzuwendenden Belastungsfall entsprechend Ziffer 5.9.2.2.2.1., gem. AV 1–9/74 (1), sowie ungenügende Kenntnisse bezüglich des Druckmedienzuflusses an Ausdehnungsgefäßen führten zu Unsicherheiten und Anfragen seitens der Projektanten.

Zur Gewährleistung einer einheitlichen Arbeitsweise wird für den Fall Rohrbruch die Ausflußziffer $\alpha = 0{,}5$ anerkannt. Außerdem wird der Bemessung der Sicherheitsventile entsprechend den Formeln (16a) bis (16d) zugestimmt und die Zulässigkeit dieser Annahmen begründet.

Anhand von Beispielen werden Hinweise für die Ermittlung des Druckmedienzuflusses an Ausdehnungsgefäßen gegeben.

Es wird zugestimmt, daß das serienmäßig am Druckminderer angebrachte Sicherheitsventil in die sicherheitstechnische Konzeption einbezogen werden kann.

(1) Neufassung der AV 1 erfolgt 1981; die Unterscheidung in Natur- und Zwanglaufkessel entfällt dort.

Literatur

/1/ Werkstoff- und Bauvorschriften für Anlagen der Dampf- und Drucktechnik (Ausgabedatum 9/74).
VEB Verlag Technik, Berlin

/2/ *Glück, B.:* Bausteine zur rationellen Projektierung von Wasserheizungssystemen.
VEB Kombinat Technische Gebäudeausrüstung — Institut — 1976