

	DIN EN ISO 4126-10	
ICS 13.240	<div>Ersatz für DIN ISO 4126-10:2019-10</div> <div>Sicherheitseinrichtungen gegen unzulässigen Überdruck – Teil 10: Auslegung von Sicherheitsventilen und Berstscheiben für Zweiphasenströmung (flüssig/gas) (ISO 4126-10:2024); Deutsche Fassung EN ISO 4126-10:2024</div> <div>Safety devices for protection against excessive pressure – Part 10: Sizing of safety valves and bursting discs for gas/liquid two-phase flow (ISO 4126-10:2024); German version EN ISO 4126-10:2024</div> <div>Dispositifs de sécurité pour protection contre les pressions excessives – Partie 10: Dimensionnement des soupapes de sûreté et des disques de rupture pour les débits diphasiques gaz/liquide (ISO 4126-10:2024); Version allemande EN ISO 4126-10:2024</div>	
		Gesamtumfang 89 Seiten
		DIN-Normenausschuss Armaturen (NAA)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument enthält sicherheitstechnische Festlegungen.

Das Dokument EN ISO 4126-10:2024 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 185 „Safety devices for protection against excessive pressure“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 69 „Industriearmaturen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 003-01-10 AA „Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung“ im DIN-Normenausschuss Armaturen (NAA).

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 4126-1	siehe	DIN EN ISO 4126-1
ISO 4126-7:2013/Amd 1:2016	siehe	DIN EN ISO 4126-7:2016-12
ISO 21013-3:2016	siehe	DIN EN ISO 21013-3:2016-12
ISO 23251:2019	siehe	DIN EN ISO 23251:2020-11

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN ISO 4126-10:2019-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Erweiterung der Norm um Berstscheiben;
- b) ausführlichere Iteration für die Berechnung der Durchflussmenge;
- c) Berücksichtigung von Schlupf;
- d) Berücksichtigung von Geschwindigkeit in der Auslassleitung und Druckverluste vor und nach der Sicherheitseinrichtung;
- e) Beispiel für den abzuführenden Durchfluss wurde hinzugefügt (Anhang B);
- f) Beispiel für den abführbaren Massenstrom und einer Methode zur Schätzung des Druckabfalls in der Rohrleitung wurde hinzugefügt (Anhang C);
- g) verschiedene Korrekturen.

Frühere Ausgaben

DIN ISO 4126-10: 2019-10

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 4126-1, *Sicherheitseinrichtungen gegen unzulässigen Überdruck — Teil 1: Sicherheitsventile*

DIN EN ISO 4126-7: 2016-12, *Sicherheitseinrichtungen gegen unzulässigen Überdruck — Teil 7: Allgemeine Daten (ISO 4126-7:2013 + Amd 1:2016); Deutsche Fassung EN ISO 4126-7:2013 + A1:2016*

DIN EN ISO 21013-3:2016-12, *Kryo-Behälter — Druckentlastungseinrichtungen für den Kryo-Betrieb — Teil 3: Bestimmung von Größe und Durchfluss (ISO 21013-3:2016); Deutsche Fassung EN ISO 21013-3:2016*

DIN EN ISO 23251:2020-11, *Erdöl-, petrochemische und Erdgasindustrie — Druckentlastungs- und Druckausgleichssysteme (ISO 23251:2019); Englische Fassung EN ISO 23251:2020*

– Leerseite –

Deutsche Fassung

Sicherheitseinrichtungen gegen unzulässigen Überdruck —
Teil 10: Auslegung von Sicherheitsventilen und Berstscheiben
bei Zweiphasenströmung (flüssig/gas) (ISO 4126-10:2024)

Safety devices for protection against
excessive pressure —
Part 10: Sizing of safety valves and bursting discs for
gas/liquid two-phase flow (ISO 4126-10:2024)

Dispositifs de sécurité pour protection contre les
pressions excessives —
Partie 10: Dimensionnement des soupapes de sûreté et
des disques de rupture pour les débits diphasiques
gaz/liquide (ISO 4126-10:2024)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 2. Oktober 2023 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Sicherheitsanforderungen der abzudeckenden Richtlinie 2014/68/EU (Druckgeräte-Richtlinie)	6
Vorwort	8
Einleitung	10
1 Anwendungsbereich	11
2 Normative Verweisungen	11
3 Begriffe	11
3.1 Allgemeines	11
3.2 Druck	12
3.3 Durchfluss	14
3.4 Strömungsquerschnitt	15
3.5 Fluidzustand	15
3.6 Temperatur	16
4 Symbole und Abkürzungen sowie Bilder	16
4.1 Symbole	16
4.2 Abkürzungen	19
4.3 Bilder	21
5 Anwendungsbereich der Methode	23
5.1 Allgemeines	23
5.2 Anwendungsgrenzen der Methode bei der Berechnung der Zweiphasen-Massenstromdichte in Sicherheitseinrichtungen	23
5.2.1 Verdampfende Strömung	23
5.2.2 Kondensierende Strömung	24
5.2.3 Verdampfende Strömung bei Mehrkomponenten-Flüssigkeiten	24
5.2.4 Gelöste Gase	25
5.2.5 Kompressibilitätsfaktor ω	25
5.3 Grenzen der Methode zur Berechnung des mindestens abzuführenden Massenstroms	25
5.3.1 Temperatur- und Druckanstiegsgeschwindigkeit	25
5.3.2 Nicht mischbare Flüssigkeiten	26
6 Auslegungsschritte	26
6.1 Allgemeine Beschreibung der Auslegungsschritte	26
6.2 Schritt 1 — Identifizierung des Auslegungsfalls	27
6.3 Schritt 2 — Strömungsregime am Eintritt in das Abblaseleitungssystem	28
6.3.1 Allgemeines	28
6.3.2 Phänomen des Aufwallens	28
6.3.3 Einfluss der Viskosität und der Schaumbildungsneigung der Flüssigkeit auf das Strömungsregime	28
6.3.4 Vorhersage des Strömungsregimes (Gas/Dampf oder Zweiphasenströmung)	30
6.4 Schritt 3 — Berechnung des mindestens abzuführenden Massenstroms	33
6.4.1 Allgemeines	33
6.4.2 Druckanstieg infolge von unzulässigem Zustrom	33
6.4.3 Druckanstieg infolge von externer Erwärmung	35
6.4.4 Druckanstieg infolge von thermischen Durchgeheaktionen	39
6.5 Schritt 4— Berechnung der abführbaren Massenstromdichte und der Druckänderung im Abblaseleitungssystem	43
6.5.1 Allgemeines	43
6.5.2 Ausflussziffer für Zweiphasenströmung, $K_{dr,2ph}$	46
6.5.3 Dimensionsloser Massenstrom, C	47
6.5.4 Kompressibilitätsfaktor, ω (numerisches Verfahren)	48

6.5.5	Berechnung der Stagnationsbedingung stromabwärts	50
6.5.6	Schlupfkorrektur für nicht-verdampfende Zweiphasenströmung	50
6.5.7	Schlupfkorrektur für Zweiphasenströmung in geraden Rohren	50
6.6	Schritt 5— Sicherstellung der ordnungsgemäßen Funktion von Abblaseleitungssystemen unter Betriebsbedingungen	50
6.7	Berechnung der abführbaren Massenstromdichte und der Druckänderung im Abblaseleitungssystem	51
6.8	Zusammenfassung des Berechnungsverfahrens	52
Anhang A (informativ)	Identifizierung von Auslegungsszenarien	58
Anhang B (informativ)	Beispiel für die Berechnung des abzuführenden Massenstroms	60
B.1	Allgemeines	60
B.2	Schritt 1 — Identifizierung des Auslegungsfalls	60
B.2.1	Allgemeines	60
B.2.2	Eingabedaten	60
B.2.3	Auslegung einer Sicherheitseinrichtung — Anwendungsbereich des Verfahrens	61
B.3	Schritt 2 — Strömungsregime am Eintritt in das Abblaseleitungssystem	62
B.4	Schritt 3 — Berechnung des abzuführenden Massenstroms	62
Anhang C (informativ)	Beispiel für die Berechnung der abführbaren Massenstromdichte und der Druckänderung im Abblaseleitungssystem	64
C.1	Allgemeines	64
C.2	Eingabedaten	65
C.3	Schritt 4 — Berechnung der abführbaren Massenstromdichte und der Druckänderung im Abblaseleitungssystem	65
C.3.1	Erste Abschätzung des abführbaren Massenstroms	65
C.3.2	Berechnung des Druckverlustes zwischen Position 0 und 1	67
C.3.3	Berechnung der Stagnationsbedingungen stromabwärts	68
C.3.4	Berechnung des Druckverlustes zwischen Position 1 und 2	70
C.4	Berechnung des Druckverlustes in der Sicherheitseinrichtung	72
C.4.1	Sicherheitsventile	72
C.4.2	Berstscheibe	73
C.5	Berechnung des Druckverlustes in der Abblaseleitung	74
C.5.1	Allgemeines	74
C.5.2	Auswahl des Durchmessers der Abströmleitung	74
C.5.3	Berechnung des Druckverlusts am Austritt der Sicherheitseinrichtung	74
C.6	Vereinfachte Berechnung des Durchflusses durch eine Berstscheibe und Abblaseleitung	76
C.6.1	Allgemeines	76
C.6.2	Eingabedaten	76
C.6.3	Berechnung der Durchflussrate	78
Anhang D (informativ)	Umgebungsfaktor	82
Literaturhinweise		83

Bilder

Bild 1 — Zusammenhang zwischen den definierten Drücken	22
Bild 2 — Sicherheitseinrichtung in einem druckführenden System	23
Bild 3 — Verfahren zur Auslegung von Sicherheitseinrichtungen	27
Bild 4 — Strömungsregime am Eintritt der Sicherheitseinrichtung (Einphasen- oder Zweiphasenströmung) [23] — Grenzfüllgrad, ϕ_{limit} , als Funktion der dimensionslosen Blasenauftiegs geschwindigkeit	29
Bild C.1 — Schematische Darstellung des Auslegungsfalls mit Zuströmleitung, Sicherheitseinrichtung und Abströmleitung an der Oberseite eines druckführenden Systems	64

Tabellen

Tabelle ZA.1 — Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und
Richtlinie 2014/68/EU, Anhang I 6

Tabelle ZA.2 — Anwendbare Normen, die die in diesem Anhang ZA beschriebene
Konformitätsvermutung begründen 6

Tabelle 1 — Mögliche Fluidzustände am Eintritt des Sicherheitsventils oder der Berstscheibe,
die eine Zweiphasenströmung ergeben können 10

Tabelle 2 — Wärmeübergangskoeffizienten für die Fälle Vakuumverlust (k_v) und Beflammung
(k_f) 38

Tabelle 3 — Gleichungen zur Berechnung von $Q_{m,out}$, des auszublasenden Massenstroms und $\dot{Q}$. 52

Tabelle 4 — Gleichungen zur Berechnung der Massenstromdichte durch die
Sicherheitseinrichtung 56

Tabelle A.1 — Mögliche Ursachen für Überdruck in einem zu schützenden System 58

Tabelle C.1 — Typische Werte für den Kompressibilitätsfaktoren ω 78

Tabelle D.1 — Umgebungsfaktor für Brandeinwirkungsbedingungen 82

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 4126-10:2024) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 185 „Safety devices for protection against excessive pressure“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 69 „Industriearmaturen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 2024, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 2024 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Normungsauftrages erarbeitet, den die Europäische Kommission CEN erteilt hat. Der Ständige Ausschuss der EFTA-Staaten genehmigt anschließend diese Aufträge für die Mitgliedsstaaten.

Zum Zusammenhang mit EU-Rechtsvorschriften siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die Republik Nordmazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 4126-10:2024 wurde von CEN als EN ISO 4126-10:2024 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Anhang ZA
(informativ)

Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den
grundlegenden Sicherheitsanforderungen der abzudeckenden
Richtlinie 2014/68/EU (Druckgeräte richtlinie)

Diese Europäische Norm wurde im Rahmen eines von der Europäischen Kommission erteilten Mandats M/071 erarbeitet, um ein freiwilliges Mittel zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Richtlinie 2014/68/EU zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über die Bereitstellung von Druckgeräten auf dem Markt bereitzustellen.

Sobald diese Norm im Amtsblatt der Europäischen Union im Sinne dieser Richtlinie 2014/68/EU in Bezug genommen worden ist, berechtigen die Übereinstimmung mit den in Tabelle ZA.1 aufgeführten normativen Abschnitten dieser Norm und die Anwendung der in Tabelle ZA.2 normativ zitierten Normenausgabe innerhalb der Grenzen des Anwendungsbereiches dieser Norm zur Vermutung der Konformität mit den entsprechenden grundlegenden Anforderungen der Richtlinie 2014/68/EU und den zugehörigen EFTA-Vorschriften.

Tabelle ZA.1 — Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und Richtlinie 2014/68/EU, Anhang I

Grundlegende Sicherheitsanforderungen der Richtlinie 2014/68/EU	Abschnitt(e)/Unterabschnitt(e) dieser Europäischen Norm	Erläuterungen/Anmerkungen
2.11.2	6.3.3, 6.5.2, 6.5.3, 6.5.4 (ausgenommen letzter Absatz), 6.5.6, 6.7 (Absatz 1)	Sicherheitseinrichtungen zur Druckbegrenzung

Tabelle ZA.2 — Anwendbare Normen, die die in diesem Anhang ZA beschriebene Konformitätsvermutung begründen

Spalte 1 Verweisung in Abschnitt 2	Spalte 2 Ausgabe der internationalen Norm	Spalte 3 Titel	Spalte 4 Entsprechende Ausgabe der Europäischen Norm
ISO 4126-7	ISO 4126-7:2013 ISO 4126-7:2013/Amd 1:2016	Safety devices for protection against excessive pressure — Part 7: Common data	EN ISO 4126-7:2013 EN ISO 4126-7:2013/A1:2016

Die in Spalte 1 der Tabelle ZA.2 aufgeführten Dokumente werden in diesem Dokument ganz oder teilweise normativ zitiert, d. h. sie sind für seine Anwendung unerlässlich. Das Erreichen der Konformitätsvermutung unterliegt der Anwendung der in Spalte 4 aufgeführten Normenausgabe oder, wenn keine Europäische Normenausgabe existiert, der in Spalte 2 der Tabelle ZA.2 angegebenen Internationalen Normausgabe.

WARNHINWEIS 1 — Die Konformitätsvermutung bleibt nur bestehen, so lange die Fundstelle dieser Europäischen Norm in der im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlichten Liste erhalten bleibt. Anwender dieser Norm sollten regelmäßig die im Amtsblatt der Europäischen Union zuletzt veröffentlichte Liste einsehen.

WARNHINWEIS 2 — Für Produkte, die in den Anwendungsbereich dieser Norm fallen, können weitere Rechtsvorschriften der EU anwendbar sein.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC Directives, Teil 1, beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC Directives, Teil 2, erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

ISO weist auf die Möglichkeit hin, dass die Anwendung dieses Dokuments mit der Verwendung eines oder mehrerer Patente verbunden sein kann. ISO bezieht jedoch in dieser Hinsicht keinerlei Stellung bezüglich Nachweis, Gültigkeit oder Anwendbarkeit jeglicher beanspruchten Patentrechte. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Dokuments lag ISO keine Mitteilung über ein Patent bzw. mehrere Patente vor, welches zur Umsetzung dieses Dokuments erforderlich sein könnte. Anwender werden jedoch darauf hingewiesen, dass dies möglicherweise nicht der aktuelle Informationsstand ist. Dieser kann jedoch der Patentdatenbank unter www.iso.org/patents entnommen werden. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 185, *Safety devices for protection against excessive pressure*, in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Komitee für Normung (CEN), Technisches Komitee CEN/TC 69, *Industriearmaturen*, in Übereinstimmung mit der Vereinbarung zur technischen Zusammenarbeit zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 4126-10:2010), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen sind folgende:

- Einführung des Verfahrens zur Auslegung von Berstscheiben;
- ausführlichere Iteration für die Berechnung des Massenstroms;
- Berücksichtigung von Schlupf;
- Berücksichtigung der Geschwindigkeit in der Abströmleitung und der Druckverluste vor und nach der Sicherheitseinrichtung;
- Beispiel für den abzuführenden Massenstrom hinzugefügt (Anhang B);

- Beispiel für die abzuführende Massenstrom und Verfahren zur Abschätzung des Druckverlusts im Rohrleitungsstrom hinzugefügt (Anhang C);
- verschiedene Korrekturen.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 4126 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Einleitung

Zur Auslegung von Sicherheitsventilen und Berstscheiben und daran angeschlossenen Zuström- und Abströmleitungen bei stationärer Einphasenströmung aus nicht-kondensierenden Gasen/Dämpfen oder nicht-verdampfenden Flüssigkeiten gibt es fundierte Empfehlungen. Bei einer Zweiphasenströmung aus Dampf/Flüssigkeit ist jedoch der mindestens erforderliche Entlastungsquerschnitt zum Schutz eines Systems vor einem unzulässigen Überdruck größer als der für eine Einphasenströmung erforderliche Querschnitt, wenn die gleichen Zustandsbedingungen im Druckbehälter und die gleiche Wärmefreisetzung betrachtet werden. Die Notwendigkeit eines größeren Entlastungsquerschnitts ergibt sich aus der Tatsache, dass die Flüssigkeit in einer Zweiphasenströmung teilweise den Entlastungsquerschnitt für die Dampfströmung blockiert, wodurch nur ein Teil der Energie mit dem Dampf aus dem Behälter entweicht.

Dieses Dokument enthält ein breit anwendbares Verfahren zur Auslegung von typischen, fluiddurchströmten Sicherheitsventilen und Berstscheiben, die in verschiedenen Industriebereichen zum Einsatz kommen (siehe Tabelle 1). Es basiert auf der Omega-Parameter-Methode, die um einen Parameter für das thermodynamische Ungleichgewicht erweitert wurde. Es wird ein Ausgleich zwischen der Genauigkeit der Methode und den unvermeidbaren Unsicherheiten bei den Eingabedaten und Stoffeigenschaften unter den realen Bedingungen bei der Auslegung angestrebt.

Bei einer Zweiphasenströmung können die Abmessungen der Sicherheitseinrichtung den Fluidzustand und damit den abzuführenden Massenstrom beeinflussen. Des Weiteren hängt der durch eine Sicherheitseinrichtung strömende Zweiphasen-Massenstrom grundlegend von dem Strömungsmassendampfgehalt des Fluidmassenstroms am Eintritt der Sicherheitseinrichtung ab. Da diese Parameter für die Auslegung einer Entlastungseinrichtung in den meisten Fällen nicht vorliegen, enthält dieses Dokument außerdem eine umfassende Methodik zur Bestimmung der Phasenzusammensetzung am Eintritt der Sicherheitseinrichtung. Diese Zusammensetzung hängt von dem Ereignis ab, das zum Druckanstieg führt. Aus diesem Grund beginnt das empfohlene Verfahren zur Festlegung der Auslegung bei der Definition des Auslegungsfalls und schließt ein Verfahren zur Vorhersage des abzuführenden Massenstroms und dem sich daraus ergebenden Strömungsmassendampfgehalt am Eintritt der Sicherheitseinrichtung ein.

Die Gleichungen aus ISO 4126-7:2013/Amd 1:2016 für Einphasenströmung bis zum engsten Strömungsquerschnitt sind auch in diesem Dokument enthalten und an die SI-Einheiten angepasst worden, um die Durchflussraten in den Grenzbereichen einer Einphasenströmung aus Gas oder Flüssigkeit zu berechnen.

In diesem Dokument wird die Einheit bar für den Druck verwendet, 100 000 Pa = 1 bar.

Tabelle 1 — Mögliche Fluidzustände am Eintritt des Sicherheitsventils oder der Berstscheibe, die eine Zweiphasenströmung ergeben können

Fluidzustand am Eintritt der Sicherheitseinrichtung	Auslegungsfälle	Beispiele
flüssig	unterkühlt (möglicherweise Verdampfen (Flashing) in der Sicherheitseinrichtung) gesättigt mit gelöstem Gas	kaltes Wasser siedendes Wasser CO ₂ /Wasser
gas-/dampfförmig	annähernd gesättigter Dampf (mögliche Kondensation in der Sicherheitseinrichtung)	Dampf
gasförmig/flüssig	dampfförmig/flüssig nicht verdampfende Flüssigkeit und nicht kondensierbares Gas (gleichbleibender Massengehalt) Gas-/Flüssigkeits-Gemisch, wenn das Gas desorbiert oder erzeugt wird	Dampf/Wasser Luft/Wasser

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument enthält Festlegungen für die Auslegung von Sicherheitsventilen und Berstscheiben für eine Zweiphasenströmung aus Gas/Flüssigkeit in druckführenden Systemen, z. B. Reaktoren, Lagertanks, Kolonnen, Wärmeübertragern, Rohrleitungssystemen oder Transporttanks/-behältern, siehe Bild 2. Tabelle 1 enthält die möglichen Fluidzustände am Eintritt in die Sicherheitseinrichtung, die eine Zweiphasenströmung ergeben können.

ANMERKUNG Die in diesem Dokument verwendeten Drücke sind absolute Drücke, keine Überdrucke.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 4126-7:2013/Amd 1:2016, *Safety devices for protection against excessive pressure — Part 7: Common data*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 4126-7:2013/Amd 1:2016 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online-Browsing-Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1 Allgemeines

3.1.1

druckführendes System

Anlage, die durch eine Sicherheitseinrichtung gegen unzulässige Drucküberschreitung abgesichert ist

BEISPIEL Bei den Anlagen kann es sich um Reaktoren, Lagertanks, Kolonnen, Wärmeübertrager, Rohrleitungssysteme und Transporttanks/-behälter handeln.

3.1.2

Grenzfüllgrad

ϕ_{limit}

maximaler anfänglicher Flüssigkeitsfüllgrad (Flüssigkeitshöhe) im *druckführenden System* (3.1.1) bei Auslegungsbedingungen, bis zu dem eine Dampffreisetzung auftritt und eine Einphasenströmung aus Gas oder Dampf erwartet werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Grenzfüllgrad wird als Verhältnis zum Gesamtvolumen des Systems ausgedrückt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei Füllgraden oberhalb des Grenzfüllgrads wird davon ausgegangen, dass Zweiphasenströmung auftritt.

3.1.3

anfänglicher Flüssigkeitsfüllgrad

ϕ_0

Flüssigkeitshöhe im *druckführenden System* (3.1.1) bei Auslegungsbedingungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Der anfängliche Flüssigkeitsfüllgrad wird als Verhältnis zum Gesamtvolumen des Systems ausgedrückt.

3.1.4

Zuströmleitung

Rohrleitungen und zugehörige Armaturen, über die das *druckführende System* (3.1.1) mit dem Eintritt der Sicherheitseinrichtung verbunden ist

3.1.5

Abströmleitung

Rohrleitungen und zugehörige Armaturen, über die der Austritt der Sicherheitseinrichtung mit einem Sicherheitsbehälter oder mit der Atmosphäre verbunden ist

3.1.6

Abblaseleitungssystem

Kombination aus Sicherheitseinrichtung, *Zuströmleitung* (3.1.4) und *Abströmleitung* (3.1.5)

3.1.7

Kryo-Behälter

Vakuumbehälter für den Einsatz bei niedrigen Temperaturen mit Flüssiggasen

3.2 Druck

3.2.1

maximal zulässiger Betriebsdruck

p_{MAW}

maximal zulässiger Druck im Gasraum eines *druckführenden Systems* (3.1.1) bei Normalbetrieb und Auslegungstemperatur

3.2.2

maximal zulässiger akkumulierter Druck

p_{MAA}

Summe aus *maximal zulässigem Betriebsdruck* (3.2.1) und *maximal zulässiger Drucküberschreitung* (3.2.3)

Anmerkung 1 zum Begriff: Die maximal zulässige Drucküberschreitung wird anhand geltender Vorschriften für Betriebs- und Brandereignisse festgelegt.

3.2.3

maximal zulässige Drucküberschreitung

Δp_{MAA}

Druckanstieg oberhalb des *maximal zulässigen Betriebsdrucks* (3.2.1) eines *druckführenden Systems* (3.1.1) während dem Entlasten durch die Sicherheitseinrichtung

Anmerkung 1 zum Begriff: Die maximal zulässige Drucküberschreitung wird als Druck oder als Prozentsatz des maximal zulässigen Betriebsdrucks angegeben.

3.2.4

Öffnungsdruck

p_{open}

vorgegebener Absolutdruck, bei dem ein Sicherheitsventil unter Betriebsbedingungen spätestens beginnt sich zu öffnen

3.2.5

absolute Öffnungsdruckdifferenz

Δp_{over}

Druckanstieg über den *Öffnungsdruck* (3.2.4) p_{open} der Sicherheitseinrichtung

Anmerkung 1 zum Begriff: Die größte absolute Öffnungsdruckdifferenz entspricht der maximal zulässigen Drucküberschreitung Δp_{MAA} wenn der Öffnungsdruck des Sicherheitsventils auf den *maximal zulässigen Betriebsdruck* (3.2.1) des *druckführenden Systems* (3.1.1) eingestellt ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die absolute Öffnungsdruckdifferenz wird in Druckeinheiten oder als Prozentsatz des Öffnungsdrucks angegeben.

3.2.6

Überdruck

p_{over}

maximaler Druck im *druckführenden System* (3.1.1) während der Entlastung, d. h. der Druck ist kleiner oder gleich dem maximal akkumulierten Druck

3.2.7

Auslegungsdruck

p_0

Druck, bei dem alle Stoffdaten, insbesondere der Kompressibilitätsfaktor ω , zur Auslegung der Sicherheitseinrichtung berechnet werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Für dampfdruckbildende und hybride Reaktionssysteme muss der Auslegungsdruck so niedrig wie vernünftigerweise möglich sein, sollte aber den Normalbetrieb nicht beeinträchtigen. Für nicht reaktive und *gasbildenden Systemen* (3.5.3) kann bei der Auslegung ein höherer Wert für den Auslegungsdruck gewählt werden, der jedoch den *maximal zulässigen akkumulierten Druck* (3.2.2) nicht überschreiten darf.

3.2.8

kritischer Druck

p_{crit}

fluidodynamischer kritischer Druck, der im engsten Strömungsquerschnitt des Sicherheitsventils und/oder einem erweiterten Bereich in der *Abströmleitung* (3.1.5) auftritt

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei diesem Druck nähert sich der Massenstrom bei vorgegebenen Auslegungsbedingungen im *druckführenden System* (3.1.1) einem Höchstwert. weiteres Absinken des Drucks stromabwärts bewirkt keinen weiteren Anstieg des Massenstroms. Üblicherweise tritt der kritische Druck im Sicherheitsventil auf, entweder im Ventilsitz, in der -düse und/oder im -körper. Bei einer Berstscheibe kann der kritische Druck stromabwärts bei einem minimalen Strömungsquerschnitt, am Ausgang des Behälters oder bei einer Änderung des Rohrdurchmessers auftreten. In langen Abströmleitungen können auch mehrere kritische Drücke auftreten.

3.2.9

Stagnationsbedingungen

Zustand, wenn das Fluid sich im Ruhezustand befindet

BEISPIEL Fluid in großen Gefäßen, in denen die Fließgeschwindigkeit auch bei einer Massentlastung nahezu Null ist.

3.2.10

kritisches Druckverhältnis

η_{crit}

Verhältnis von *kritischem Druck* (3.2.8) zum *Auslegungsdruck* (3.2.7)

3.2.11

thermodynamischer kritischer Druck

p_c

Zustandsgröße, zusammen mit der *thermodynamischen kritischen Temperatur* (3.6.1), am thermodynamischen kritischen Punkt

3.2.12 Gegendruck

p_b
Überdruck am Austritt einer Sicherheitseinrichtung, der durch den Druck im Entlastungssystem entsteht

Anmerkung 1 zum Begriff: Gegendruck kann entweder variabel oder konstant sein; er ist die Summe aus Fremdgedruck und *Eigengegendruck* (3.2.13).

3.2.13 Eigengegendruck

Überdruck am Austritt der Sicherheitseinrichtung aufgrund der Strömung durch die Abströmleitung

3.2.14 Eintrittsdruckverlust

Δp_{loss}
irreversibler Druckabfall, durch die Strömung in der Rohrleitung zwischen dem abgesicherten druckführenden System und dem Eintritt der Sicherheitseinrichtung

3.2.15 Schließdruckdifferenz

Δp_{BD}
Differenz zwischen *Öffnungsdruck* (3.2.4) und Schließdruck eines Sicherheitsventils

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Schließdruckdifferenz wird in der Regel als Prozentsatz des Öffnungsdrucks angegeben.

3.2.16 dimensionsloser reduzierter Druck

p_{red}
lokaler Druck geteilt durch den *thermodynamischen kritischen Druck* (3.2.11) des Stoffes

3.3 Durchfluss

3.3.1 mindestens abzuführender Massenstrom aus einem druckführenden System

$Q_{\text{m,out}}$
erforderlicher Massenstrom, um zu verhindern, dass der Druck während der Entlastung den *maximal zulässigen akkumulierten Druck* (3.2.2) im *druckführenden System* (3.1.1) überschreitet

3.3.2 dem druckführenden System zugeführter Massenstrom

$Q_{\text{m,feed}}$
durch eine Zuführleitung oder ein Stellventil strömender maximaler Massenstrom, der dem abzusichernden *druckführenden System* (3.1.1) zugeführt wird

3.3.3 durch die Sicherheitseinrichtung abführbare Massenstromdichte

$\dot{m}_{\text{SD}}$
durch eine Sicherheitseinrichtung bei Auslegungsbedingungen abgeführter Massenstrom je Flächeneinheit, der mithilfe der zuerkannten Ausflussziffern für die Einphasenströmung aus Gas/Dampf bzw. Flüssigkeit berechnet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Gleichung (48).

3.3.4

zuerkannte Ausflussziffer für die Einphasenströmung aus Gas/Dampf bzw. Flüssigkeit

$K_{dr,g}$ (Gas)

$K_{dr,l}$ (Flüssigkeit)

Korrekturfaktor, definiert durch das Verhältnis des theoretisch *durch die Sicherheitseinrichtung abführbare Massenstromdichte* (3.3.3) zu einer experimentell bestimmten Massenstromdichte, die durch einen der durch eine baugleiche *Sicherheitseinrichtung* abgeführt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Ausflussziffer eines Sicherheitsventils ist bezogen auf den Ventilsitzquerschnitt und berücksichtigt die tatsächliche Strömung in einem Sicherheitsventil verglichen mit der Strömung in einem Referenzmodell (ideale Düse). Zuerkannte Werte für die Gas- und Flüssigkeitsströmung K_d , werden üblicherweise vom Ventilhersteller bereitgestellt oder Durchströmungsversuchen bestimmt. Gewichtete Ausflussziffern K_{dr} , mit einem Wert von 0,9 K_d werden angewendet, um den Auslegungsquerschnitt des Sicherheitsventils zu berechnen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Ausflussziffer einer Berstscheibe ist bezogen auf den Scheibenquerschnitt und berücksichtigt die tatsächliche Strömung in einer Berstscheibe verglichen mit der Strömung in einem Referenzmodell.

3.4 Strömungsquerschnitt

3.4.1

Auslegungsquerschnitt der Sicherheitseinrichtung

A_0

wichtigstes Ergebnis des Auslegungsverfahrens nach diesem Dokument, das erforderlich ist, um eine angemessen ausgelegte Sicherheitseinrichtung auszuwählen und als Mindest-Strömungsquerschnitt definiert ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Es ist wichtig, dass die *durch die Sicherheitseinrichtung abführbare Massenstromdichte* (3.3.3) sich auf diesen spezifischen Querschnitt beziehen.

3.4.2

effektiver engster Strömungsquerschnitt der Zuführleitung oder des Stellventils

A_{feed}

Entlastungsströmungsquerschnitt einer Zuführleitung oder eines Stellventils in der Leitung zum *druckführenden System* (3.1.1)

3.5 Fluidzustand

3.5.1

Gas-/Flüssigkeits-Gemisch

Fluidgemisch aus sowohl einem flüssigen Bestandteil als auch einem gasförmigen Bestandteil, in dem das Gas nicht unbedingt die gleiche chemische Zusammensetzung aufweist wie die Flüssigkeit

3.5.2

dampfdruckbildendes System

Fluidsystem, in dem ein Teil der Energie durch Verdampfen (Flashing) aus der Flüssigphase entweicht

3.5.3

gasbildendes System

Fluidsystem, in dem nicht-kondensierbares Gas gebildet wird (z. B. durch chemische Reaktion oder durch Freisetzung von gelöstem Gas) und in dem bei Auslegungsbedingungen keine signifikante Energiemenge durch Verdampfen aus der Flüssigkeit entweicht

3.5.4

hybrides System

Fluidsystem, das bei Auslegungsbedingungen signifikante Merkmale von sowohl dampfdruckbildenden und *gasbildenden Systems* (3.5.3) aufweist

3.5.5 thermische Durchgehareaktion
unkontrollierte oder unerwünschte exotherme chemische Reaktion

3.6 Temperatur

3.6.1 thermodynamische kritische Temperatur
 T_c
Zustandsgröße, zusammen mit dem *thermodynamischen kritischen Druck* (3.2.11), am thermodynamischen kritischen Punkt

3.6.2 Auslegungstemperatur
 T_0
Temperatur im *druckführenden System* (3.1.1) bei Auslegungsbedingungen

3.6.3 Übertemperatur
 T_{over}
maximale Temperatur im *druckführenden System* (3.1.1) während der Entlastung

3.6.4 Sättigungstemperaturdifferenz
 ΔT_{over}
Differenz zwischen der Sättigungstemperatur bei maximalem Druck während der Entlastung p_{over} , und der Sättigungstemperatur bei *Auslegungsdruck* p_0 (3.2.7)

3.6.5 dimensionslose reduzierte Temperatur
 T_{red}
lokale Temperatur geteilt durch die *thermodynamische kritische Temperatur* (3.6.1) des Stoffes

4 Symbole und Abkürzungen sowie Bilder

4.1 Symbole

Symbol	Definition	Einheit
A_{feed}	effektiver engster Strömungsquerschnitt in der Zuführleitung oder im Stellventil	m ²
A_{fire}	Die benetzte Gesamtoberfläche, die für die Wärmeübertragung durch Brandeinwirkung zu berücksichtigen ist. Im Einzelnen handelt es sich um die teilweise mit Flüssigkeit benetzte Oberfläche eines stehenden zylindrischen Behälters im Bereich von 7,5 m über dem Boden oder einer beliebigen Fläche, auf der ein Lachenbrand aufrechterhalten werden kann. Je nach betrachtetem Brandfall wird die Bodenwand des Behälters einbezogen oder nicht einbezogen.	m ²
A_{heat}	Wärmeübertragungsfläche im druckführenden System bei externem Wärmeeintrag	m ²
A_0	mindestens erforderlicher Querschnitt der Sicherheitseinrichtung (Auslegungsquerschnitt der Sicherheitseinrichtung). Im Allgemeinen ist dies bei Sicherheitsventilen die Sicherheitsventilsitzfläche und bei Berstscheiben der engste Netto-Strömungsquerschnitt (MNFA, en: minimum net flow area).	m ²

Symbol	Definition	Einheit
A_R	Querschnittsfläche in einem stehenden zylindrischen Behälter	m^2
B_{heat}	(maximaler) Gesamtwärmedurchgangskoeffizient, siehe Gleichung (24)	$W/(m^2 \cdot K)$
C	dimensionsloser Massenstrom	—
C_1	Durchflusskoeffizient 1	
C_2	Durchflusskoeffizient 2	
c_p	spezifische Wärmekapazität bei konstantem Druck	$J/(kg \cdot K)$
D	Innendurchmesser eines stehenden zylindrischen Behälters	m
d	Durchmesser	m
$\frac{dp}{dt}$	Druckanstiegsgeschwindigkeit im druckführenden System	Pa/s
$\frac{dT}{dt}$	Temperaturanstiegsgeschwindigkeit im druckführenden System	K/s
F	Umgebungsfaktor bei Wärmeeintrag durch Brandeinwirkung (siehe 6.4.3.2)	—
g	Fallbeschleunigung	m/s^2
H_l	Flüssigkeitsfüllhöhe in einem stehenden zylindrischen Behälter (vom Behälterboden bis zur Flüssigkeitsoberfläche)	m
H_{fire}	maximale Höhe der Flammen über dem Erdboden	m
H_{vessel}	Höhe des Behälterbodens der Behälterflammen über dem Erdboden	m
k_{∞}	Anpassungsparameter zur Berechnung der charakteristischen Gasaufstiegsgeschwindigkeit	—
$K_{\text{dr},2\text{ph}}$	Ausflussziffer des Ventils für Zweiphasenströmung	—
$K_{\text{dr},g}$	Zuerkannte Ausflussziffer des Ventils für Einphasenströmung aus Gas oder Dampf	—
$K_{\text{dr},l}$	Zuerkannte Ausflussziffer des Ventils für Einphasenströmung aus Flüssigkeit	—
K_R	Geschwindigkeit des Druckabfalls der Berstscheibe	—
K_{vs}	Durchflusskoeffizient des voll geöffneten Stellventils in der Zuführleitung, welcher A_{feed} der Zuführleitung bzw. des Steuerventils eines reibungsfreien Ventils bei gleicher Druckdifferenz für den gleichen Durchfluss charakterisiert.	m^3/h
L	vertikale Länge einer Strömungsbegrenzung zur Berücksichtigung der Änderung der potentiellen Energie. Für Sicherheitsventile und Berstscheiben darf L auf 0 eingestellt werden. Für Zuström- und Abströmleitungen müssen die Höhen des Systems berücksichtigt werden.	m
$\dot{m}$	Massenstromdichte	$kg/(m^2 \cdot s)$
$\dot{m}_{\text{SD}}$	durch eine Sicherheitseinrichtung abführbare Massenstromdichte	$kg/(m^2 \cdot s)$
M_0	gesamte Flüssigkeitsmasse im druckführenden System bei Auslegungsbedingungen	kg
M	Molmasse	$kg/kmol$
N	Siedeverzugsfaktor zur Berücksichtigung des thermodynamischen Ungleichgewichts	—
p	Druck im druckführenden System	Pa
p_b	Gegendruck	Pa
p_c	thermodynamischer kritischer Druck	Pa

Symbol	Definition	Einheit
p_{crit}	strömungsdynamischer kritischer Druck	Pa
p_{MAW}	maximal zulässiger Betriebsdruck	Pa
p_{MAA}	maximal zulässiger akkumulierter Druck	Pa
p_0	Auslegungsdruck	Pa
p_{over}	maximaler Druck in einem druckführenden System während der Entlastung, siehe Bild 1	Pa
p_{open}	Öffnungsdruck	Pa
$\dot{q}_{\text{fire}}$	dimensionsloser Fluidstrom unter Brandeinwirkung	—
$Q_{\text{m,out}}$	mindestens abzuführender Massenstrom aus einem druckführenden System	kg/s
$Q_{\text{m,feed}}$	dem druckführenden System zugeführter Massenstrom	kg/s
$Q_{\text{m,SD}}$	durch eine Sicherheitseinrichtung abführbarer Massenstrom	kg/s
$\dot{Q}$	Wärmeeintrag in das druckführende System, entweder infolge einer Durchgeheaktion oder durch externe Beheizung	W
$\dot{Q}_{\text{acc}}^*$	Verhältnis von fühlbarer Wärme zu latenter Wärme	—
$\dot{Q}_{\text{in}}^*$	Verhältnis von zugeführtem Gesamtwärmestrom zur Energiemenge, die je Zeiteinheit mit dem Dampf entweicht	—
R	universelle Gaskonstante (8 314,2 J/(kmol·K))	J/(kmol·K)
$R_{2\text{ph}}$	Zweiphasenmultiplikator	—
T	Temperatur im druckführenden System	K
T_{c}	thermodynamische kritische Temperatur	K
T_{heat}	maximal erreichbare Temperatur der externen Wärmequelle	K
T_0	Temperatur des druckführenden Systems bei Auslegungsbedingungen	K
T_{over}	maximale Temperatur im druckführenden System während der Entlastung	K
$u_{\text{g},0}$	Gas-Leerrohrgeschwindigkeit im Gasraum eines stehenden zylindrischen Behälters bei Auslegungsbedingungen	m/s
u_{∞}	charakteristische Aufstiegs geschwindigkeit der Gas-/Dampfblasen in der Flüssigkeit	m/s
u^*	dimensionslose Aufstiegs geschwindigkeit der Gasblasen	—
v	spezifisches Volumen im druckführenden System	m ³ /kg
V	Volumen des druckführenden Systems	m ³
$\dot{x}$	Strömungsmassendampfgehalt/-gasgehalt, d. h. das Verhältnis von Gasmassenstrom zum Gesamtmassenstrom eines Zweiphasengemischs	—
Z	Realgasfaktor	—
β	Verhältnis von Durchmesser der Abblaseleitung zum Durchmesser des Halses	—
ε_0	Volumetrischer Gasgehalt im druckführenden System bei Auslegungsbedingungen bei einem homogenen Zweiphasengemisch	—
$\varepsilon_{\text{seat}}$	Volumetrischer Gasgehalt im engsten Strömungsquerschnitt, siehe Gleichung (50)	—
$\zeta_{\text{v,ref}}$	Referenz-Widerstandskoeffizient, entweder Eintritt oder Austritt	—
η	Druckverhältnis, entweder η_{crit} oder η_{b}	—

Symbol	Definition	Einheit
η_b	Verhältnis von Gegendruck zum Auslegungsdruck des Sicherheitsventils	—
η_{crit}	kritisches Druckverhältnis	—
η_s	Verhältnis des Sättigungsdrucks bei Auslegungstemperatur zum Auslegungsdruck (Maß der Flüssigkeitsunterkühlung), siehe Gleichung (64)	—
θ	Winkel der Abblaseleitung zur Horizontalen	°
κ	Isentropenexponent	—
ρ	Fluiddichte	kg/m ³
ρ_{H2O}	Dichte des Wassers bei Durchströmungsversuchen zur Messung von K_{vs} bei einer Temperatur von 5 °C	kg/m ³
σ	Oberflächenspannung	N/m
ϕ_{limit}	Grenzfüllgrad	—
ϕ_0	anfänglicher Flüssigkeitsfüllgrad bei Auslegungsbedingungen, d. h. Flüssigkeitsvolumen geteilt durch das Gesamtvolumen des betrachteten druckführenden Systems	—
ω	Kompressibilitätsfaktor	—
ω_{eq}	Kompressibilitätsfaktor im Gleichgewichtszustand ($N = 1$)	—
Γ_g	Gasbildungsrate je Flüssigkeitsmasse, d. h. Gasmassenstrom je Flüssigkeitsmasse im druckführenden System	kg/(s·kg)
Γ	dimensionsloses Geschwindigkeitsverhältnis	—
Δh_v	Verdampfungswärme	J/kg
Δp	Druckabfall in der Zuström- oder Abströmleitung	Pa
Δp_{MAA}	maximal zulässige Drucküberschreitung	Pa
Δp_{feed}	Druckabfall zwischen dem Austritt des Stellventils in der Zuführleitung und dem druckführenden System	Pa
Δp_{H2O}	Druckabfall in einem Stellventil bei Durchströmungsversuchen zur Messung von K_{vs} , definiert bei einer Druckdifferenz von 10 ⁵ Pa	Pa
Δp_{loss}	Druckverlust in der Zuströmleitung	Pa
Δp_{over}	absoluter Überdruck	Pa
ΔT_{over}	Sättigungstemperaturdifferenz	K
ψ	Siedeflächenverhältnis	—
Ω	dynamische Viskosität	Pa·s

4.2 Abkürzungen

Index	Bedeutung
0	Auslegungsbedingung
2ph	Zweiphasenströmung
b	gegen
CV	stromaufwärts des Stellventils
c	thermodynamisch kritischer Zustand
crit	kritischer Zustand im Hinblick auf die Strömung

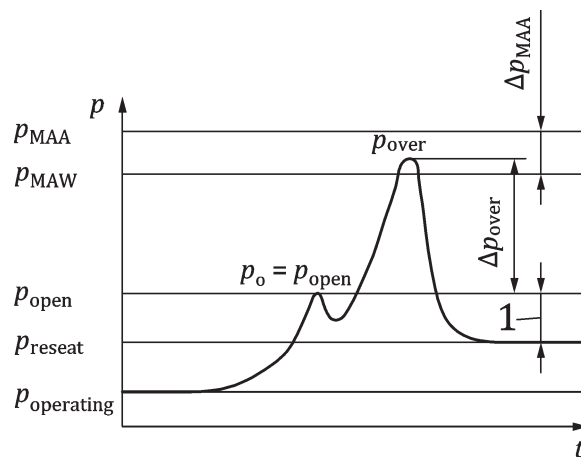
Index	Bedeutung
ct	churn-turbulent
feed	Zulauf zum druckführenden System
fire	externer Wärmeeintrag durch Brandeinwirkung
g	Gasphase
HNE	homogenes Ungleichgewicht
H ₂ O	Wasser
heat	externer Wärmeeintrag (Wärmequelle)
i	Bestandteil des Flüssigkeitsgemischs
ideal	theoretisch perfekt (adiabat, reibungslos)
in	Zuströmung / Eintritt
is	isentrop
j	Identifizierung eines bestimmten Bestandteils eines Flüssigkeitsgemischs
l	Flüssigphase
limit	Grenzwert (Schwellenwert)
loss	üblicher Druckverlust
MAA	maximal zulässige Akkumulation
MAW	maximal zulässiger Betriebszustand
max	maximaler Wert
mean	Mittelwert zwischen Ansprechzustand und dem Zustand bei maximal zulässigem akkumuliertem Druck
operating	Betrieb
out	Abströmung/Austritt
over	Überdruck oder Übertemperatur
r	gewichteter Wert (siehe 3.3.4)
red	reduzierter Zustand, d. h. Zustand in Bezug auf die thermodynamische kritische Eigenschaft
ref	Referenzquerschnitt, entweder Eintritt oder Austritt
reseal	Schließzustand
SD	durch die Sicherheitseinrichtung
sat	Sättigungszustand der Flüssigphase
seat	Zustand im engsten Strömungsquerschnitt der Sicherheitseinrichtung, z. B. dem Ventilsitz oder minimalen Strömungsquerschnitt einer Berstscheibe
open	Bedingung, bei der ein Sicherheitsventil unter Betriebsbedingungen spätestens geöffnet wird
s	Unterkühlung
th	Hals
vessel	Boden des Behälters
∞	charakteristische Aufstiegs geschwindigkeit der Gasblasen in der Flüssigphase

Exponent	Bedeutung
a	Exponent in der Gleichung für den Siedeverzugskoeffizienten, N , siehe Gleichung (62)
*	dimensionslos

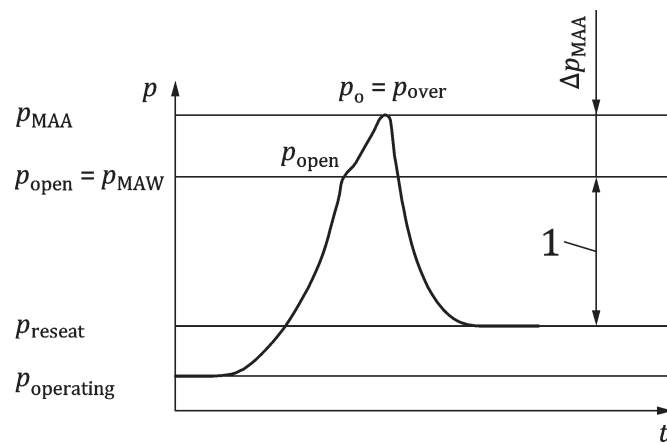
4.3 Bilder

Siehe Bild 1 a) und Bild 1 b) für eine Darstellung der in 3.2 definierten Druckzusammenhänge.

Im Gegensatz zu den Definitionen, die in anderen Teilen der Normenreihe ISO 4126 verwendet werden (z. B. ISO 4126-7), sind alle Drücke absolute Drücke und keine Manometerdrücke.



- a) Zeitlicher Druckverlauf in einem üblichen dampfdruckbildenden Reaktionssystem ausreichenden Abmessungen

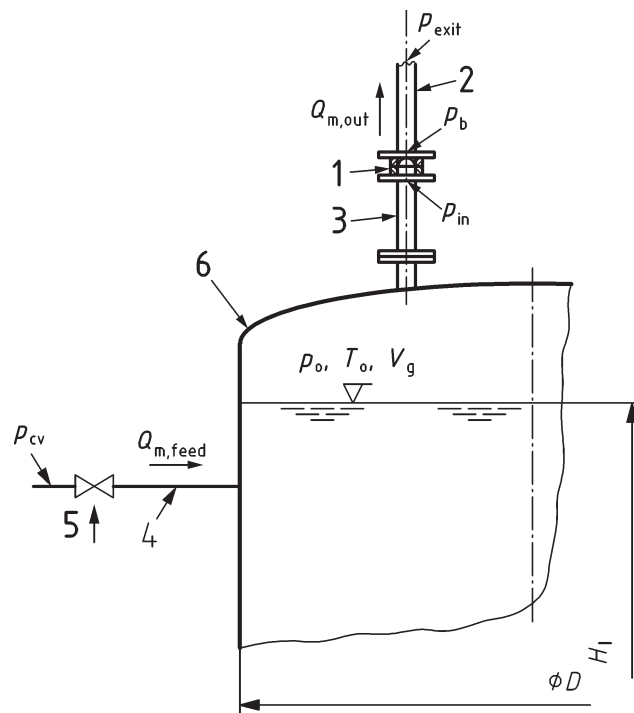


b) Üblicher zeitlicher Druckverlauf in einem außenbeheizten System mit Gasentlastung

Legende

p_{MAA}	maximal zulässiger Druckanstieg
p_{MAW}	maximal zulässiger Betriebsdruck
p_{open}	Öffnungsdruck
p_{reseat}	Schließdruck
$p_{\text{operating}}$	Betriebsdruck
1	Δp_{BD} Schließdruckdifferenz
p_o	Auslegungsdruck gleich p_{open} wie in Bild 1 a) und gleich p_{over} wie in Bild 1 b) dargestellt
p_{over}	Überdruck
Δp_{MAA}	maximal zulässiger Druckanstieg
Δp_{over}	Änderung des Überdrucks

Bild 1 — Zusammenhang zwischen den definierten Drücken



Legende

- 1 Sicherheitseinrichtung
- 2 Abströmleitung
- 3 Zuströmleitung
- 4 Zuführleitung
- 5 Stellventil
- 6 druckführendes System

Bild 2 — Sicherheitseinrichtung in einem druckführenden System

5 Anwendungsbereich der Methode

5.1 Allgemeines

Für die Auslegung der Sicherheitseinrichtung wird ein homogenes Einkomponentengemisch aus Gas/Flüssigkeit mit einem Ungleichgewicht beider Phasen angenommen. Von der Strömung wird angenommen, dass sie sich im quasi-stationären Zustand befindet. Es wird empfohlen, die Anwendungsgrenzen der Methoden, wie in 5.2 und 5.3 angegeben, zu beachten.

5.2 Anwendungsgrenzen der Methode bei der Berechnung der Zweiphasen-Massenstromdichte in Sicherheitseinrichtungen

5.2.1 Verdampfende Strömung

Die Berechnungsmethode ist für verdampfende Dampf-/Flüssigkeits-Systeme geeignet, in denen entweder eine oder beide der folgenden Bedingungen erfüllt ist/sind.

- a) Die Übertemperatur beträgt weniger als 90 % der thermodynamischen kritischen Fluidtemperatur, wie in Gleichung (1) angegeben:

$$T_{\text{red}} = \frac{T_{\text{over}}}{T_c} < 0,9 \quad (1)$$