

DIN EN ISO 24664



ICS 27.080; 27.200

EntwurfEinsprüche bis 2021-05-12
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 13136:2020-08**Kälteanlagen und Wärmepumpen –
Druckentlastungseinrichtungen und zugehörige Leitungen –
Berechnungsverfahren (ISO/DIS 24664:2021);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 24664:2021**

Refrigerating systems and heat pumps –
Pressure relief devices and their associated piping –
Methods for calculation (ISO/DIS 24664:2021);
German and English version prEN ISO 24664:2021

Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur –
Dispositifs de surpression et tuyauteries associées –
Méthodes de calcul (ISO/DIS 24664:2021);
Version allemande et anglaise prEN ISO 24664:2021

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-03-12 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an fnkae@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Kältetechnik (FNKä), 10772 Berlin oder Saatwinkler Damm 42/43, 13627 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 81 Seiten

DIN-Normenausschuss Kältetechnik (FNKä)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 24664:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 182 „Kälteanlagen, sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ISO/TC 86 „Refrigeration and air-conditioning“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 044-00-01 AA „Sicherheit und Umweltschutz“ im DIN-Normenausschuss Kältetechnik (FNKä).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

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

ISO 3104:1994	siehe	DIN EN ISO 3104:1999-12
ISO 4126-1:2013+Amd 1:2016	siehe	DIN EN ISO 4126-1:2016-12
ISO 4126-2:2018	siehe	DIN EN ISO 4126-2:2019-08
ISO 6708:1995	siehe	DIN EN ISO 6708:1995-09

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 EN 13136:2020-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Norm vollständig technisch überarbeitet;
- b) Norm redaktionell überarbeitet.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 3104:1999-12, *Mineralölerzeugnisse — Durchsichtige und undurchsichtige Flüssigkeiten — Bestimmung der kinematischen Viskosität und Berechnung der dynamischen Viskosität (ISO 3104:1994 + Cor. 1:1997); Deutsche Fassung EN ISO 3104:1996 + AC:1999*

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

DIN EN ISO 4126-2:2019-08, *Sicherheitseinrichtungen gegen unzulässigen Überdruck — Teil 2: Berstscheibeneinrichtungen (ISO 4126-2:2018); Deutsche Fassung EN ISO 4126-2:2019*

DIN EN ISO 6708:1995-09, *Rohrleitungsteile — Definition und Auswahl von DN (Nennweite) (ISO 6708:1995); Deutsche Fassung EN ISO 6708:1995*

— Leerseite —

<i>Titel de:</i>	Kälteanlagen und Wärmepumpen — Druckentlastungseinrichtungen und zugehörige Leitungen — Berechnungsverfahren (ISO/DIS 24664:2021)
<i>Titel en:</i>	Refrigerating systems and heat pumps — Pressure relief devices and their associated piping — Methods for calculation (ISO/DIS 24664:2021)
<i>Titel fr:</i>	Systèmes de réfrigération et pompes à chaleur — Dispositifs de surpression et tuyauteries associées — Méthodes de calcul (ISO/DIS 24664:2021)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Symbole	9
5 Allgemeines	11
5.1 In den Berechnungen verwendete Kältemiteleigenschaften	12
6 Mindestens erforderliche Ablaseleistung zum Schutz von Teilen einer Kälteanlage	12
6.1 Allgemeines	12
6.2 Durch Wärmequellen verursachter unzulässiger Druck	13
6.2.1 Äußere Wärmequellen	13
6.2.2 Innere Wärmequellen	14
6.3 Durch Verdichter verursachter unzulässiger Druck	14
6.4 Überdruck durch Ausdehnung eingeschlossener Flüssigkeit	14
7 Ablaseleistungen von Druckentlastungseinrichtungen	15
7.1 Allgemeines	15
7.2 Ablaseleistung von Druckentlastungsventilen	15
7.2.1 Theoretische Abblaskapazität	16
7.3 Ablaseleistungen von Berstscheiben	17
8 Druckverlust in den Eingangs- und Ausgangsleitungen	17
8.1 Allgemeines	17
8.2 Druckverlust in den Eingangsleitungen	17
8.2.1 Druckabfall in Rohrleitungen	18
8.2.2 Druckabfall in Armaturen	18
8.2.3 Druckverlust in den Wechseleinrichtungen	18
8.3 Druckverlust in den Ausgangsleitungen	19
8.4 Gesamtdruckverlust	19
8.5 Anschluss der Ausgänge von mehreren Druckbegrenzungsventilen an eine gemeinsame Ausgangsleitung	19
Anhang A (normativ) Werte von Faktoren und Eigenschaften von Kältemitteln	22
Anhang B (informativ) Berechnung der Strömungsquerschnitte für nicht verdampfende und verdampfende Flüssigkeiten	29
B.1 Berechnung des Strömungsquerschnitts eines Druckbegrenzungsventils für nicht verdampfende Flüssigkeiten	29
B.2 Berechnung des Strömungsquerschnitts eines Druckbegrenzungsventils für verdampfende Flüssigkeiten	30
Anhang C (informativ) Beispiel für die Berechnung der Größe von Druckentlastungseinrichtungen mit zugehörigen Leitungen	32
C.1 In den Beispielen verwendete Kältemiteleigenschaften	32
C.2 Bestimmung von Druckentlastungsventilen für einzelne Behälter	32

C.2.1	Annahmen für das Berechnungsbeispiel.....	33
C.2.2	Berechnung der erforderlichen Mindestabblaseleistung bei Standardwärmestromdichte	33
C.2.3	Berechnung der erforderlichen Mindestabblaseleistung bei reduzierter Wärmestromdichte.....	33
C.2.4	Auswahl von Druckentlastungsventilen	34
C.2.5	Druckabfall in der zuführenden Leitung (vom Behälter zum Druckentlastungsventil)	34
C.2.6	Druckabfall in der abführenden Leitung (vom Druckentlastungsventil zur Atmosphäre)	35
C.3	Beispiel mit zwei Behältern.....	37
C.3.1	Gemeinsame Ausgangsleitung.....	38
C.3.2	Eintrittsrohrleitungen	39
C.3.3	Ausgangsleitungen	39
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Internationalen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Richtlinie 2014/68/EU (Druckgeräte-Richtlinie)		40
Literaturhinweise.....		41

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 24664:2021) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 182 „Kälteanlagen, sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ISO/TC 86 „Refrigeration and air-conditioning“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 13136:2013+A1:2018 ersetzen.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Normungsauftrages erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinien.

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

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 24664:2021 wurde von CEN als prEN ISO 24664:2021 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

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-Direktiven, 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-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

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 Europäischen Komitee für Normung (CEN), Technisches Komitee CEN/TC 182, *Kälteanlagen, sicherheitstechnische und umweltrelevante Anforderungen*, in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee ISO/TC 86, *Refrigeration and air-conditioning*, Unterkomitee SC 1, *Safety and environmental requirements for refrigerating systems*, in Übereinstimmung mit der Vereinbarung zur technischen Zusammenarbeit zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet. 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. Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 24664 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

Diese erste Ausgabe ersetzt EN 13136:2013+A1:2018, die technisch überarbeitet wurde.

Einleitung

Diese Internationale Norm basiert auf den anwendbaren Teilen von ISO 4126-1:2013, ISO 4126-2:2018 und ISO/FDIS 21922:2021.

Sie ist an die besonderen Anforderungen an Kälteanlagen angepasst und enthält die entsprechenden Daten. Sie stellt Maßnahmen bereit, um die Anforderungen an die Druckentlastungseinrichtungen nach EN 378-2:2016 und ISO 5149-2:2014 zu erfüllen.

1 Anwendungsbereich

1.1 Diese Internationale Norm beschreibt die Berechnung der Massenströme zur Größenbestimmung von Druckentlastungseinrichtungen für Teile von Kälteanlagen.

ANMERKUNG Der in dieser Europäischen Norm verwendete Begriff „Kälteanlage“ schließt Wärmepumpen mit ein.

1.2 Diese Internationale Norm beschreibt die Berechnung der Abblaseleistungen von Druckentlastungsventilen und anderen Druckentlastungseinrichtungen in Kälteanlagen einschließlich der hierzu erforderlichen Daten zur Größenbestimmung dieser Einrichtungen, wenn sie ins Freie oder in einen Teil der Kälteanlage mit niedrigerem Druck abblasen.

1.3 Diese Internationale Norm legt die Anforderungen an die Auswahl von Druckentlastungseinrichtungen zur Vermeidung von unzulässigen Drücken, hervorgerufen durch innere und äußere Wärmequellen, Druckerzeuger (z. B. Verdichter, Erhitzer usw.) und die Wärmeausdehnung eingesperrter Flüssigkeit fest.

1.4 Diese Internationale Norm beschreibt die Berechnung des Druckabfalls in den zu und abführenden Leitungen von Druckentlastungsventilen und anderen Druckentlastungseinrichtungen einschließlich der erforderlichen Daten.

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/FDIS 21922:2020, *Refrigerating systems and heat pumps — Valves — Requirements, testing and marking*

ISO 4126-1:2013+Amd 1:2016, *Safety devices for protection against excessive pressure — Part 1: Safety valves*

ISO 4126-2:2018, *Safety devices for protection against excessive pressure — Part 2: Bursting disc safety devices*

ISO 817, *Refrigerants — Designation system*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO/FDIS 21922:2020, ISO 4126-1:2013 und ISO 4126-2:2018 und die folgenden Begriffe.

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

— IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>

3.1

Kältemittel

Fluid, das zur Wärmeübertragung in einer Kälteanlage verwendet wird, das bei niedriger Temperatur und niedrigem Druck des Fluids Wärme aufnimmt und bei höherer Temperatur und höherem Druck Wärme abgibt, was normalerweise mit Zustandsänderungen des Fluids verbunden ist

3.2

Teil der Kälteanlage

mehrere zusammengebaute Komponenten, die im Betrieb bzw. an der Druckquelle dem gleichen Druck ausgesetzt sind, wie vom Hersteller festgelegt

3.3

Druckentlastungsventil

(en: pressure relief device)

Druckbegrenzungsventil oder Berstscheibeneinrichtung, die dazu dient, übermäßigen Druck automatisch abzubauen

3.4

Druckentlastungsventil

druckbetätigtes Ventil, das durch eine Feder oder ein anderes Mittel geschlossen gehalten wird und so konstruiert ist, dass es übermäßigen Druck automatisch abbaut, indem es bei einem eingestellten Druck zu öffnen beginnt und wieder schließt, nachdem der Druck unter den eingestellten Druck gefallen ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Für die Zwecke dieser Norm wird die Definition eines Sicherheitsventils nach ISO 4126-1 als gleichwertig mit einem Druckbegrenzungsventil angesehen.

3.5

Druckbehälter

jede kältemittelhaltiges Bauteil einer Kälteanlage, außer:

- Kühlschlangen (einschließlich ihrer Sammler), die aus Rohren mit Luft als Sekundärfluid bestehen;
- Rohrleitungen und deren Ventile, Verbindungen und Armaturen;
- Steuergeräte;
- Druckschalter, Manometer, Flüssigkeitsanzeiger;
- Sicherheitsventile, Schmelzsicherungsschrauben, Berstscheiben;
- Geräte mit Gehäusen oder Maschinen, deren die Abmessungen, Wahl des Werkstoffs und Herstellungsregeln in erster Linie auf Anforderungen an ausreichende Festigkeit, Steifigkeit und Stabilität beruhen, um die statischen und dynamischen Betriebseinflüsse oder andere Betriebseigenschaften zu erfüllen, und bei denen Druck kein wesentlicher Konstruktionsfaktor ist. Solche Geräte können Pumpen und Kompressoren umfassen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die in Kälteanlagen eingesetzten halbhermetischen und offenen Verdichter können unter Bezugnahme auf die Arbeitsgruppenrichtlinien WPG 1/11, 1/12 und 2/34 unter den Ausschlussartikel 1.2.j der EU-Richtlinie 2014/68/EU fallen. Der Kompressorhersteller muss auf Basis einer Einzelfallprüfung entscheiden, ob der Ausschlussartikel 1.2.j der EU-Richtlinie 2014/68/EU anwendbar ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Diese Definition ist an die EU-Richtlinie 2014/68/EU angeglichen.

4 Symbole

Für die Anwendung dieser Norm gelten folgende Festlegungen:

Symbol	Benennung	Einheit
A_{actual}	Tatsächlicher Strömungsquerschnitts des Druckentlastungsventils Der Durchflussquerschnitt am engsten Querschnitt, wenn die Druckentlastungseinrichtung vollständig geöffnet ist	mm ²
$A_{effective}$	Effektiver Querschnitt des Druckentlastungsventils	mm ²
A_{liq}	Berechneter Strömungsquerschnitt für Flüssigkeit nach Entspannung	mm ²
A_R	Innenquerschnitt des Rohres	mm ²
A_{surf}	Äußere Oberfläche des Behälters	m ²
A_{vap}	Berechneter Strömungsquerschnitt für Dampf nach Entspannung	mm ²
DN	Nennweite (siehe ISO 6708:1995)	—
d	Tatsächlicher engster Strömungsdurchmesser des Druckentlastungsventils	mm
d_R	Innendurchmesser des Rohres	mm
f	Darcy-Reibungsfaktor	—
A_{vap}	Verdampfungswärme	kJ/kg
K_{cap}	Kapazitätskorrekturfaktor	—
K_d	Zuerkannte Ausflussziffer unter Berücksichtigung des Gegendruck-Verhältnisses p_b/p_0 und des möglicherweise reduzierten Hubs des Druckentlastungsventils	—
K_{dr}	Reduzierte Ausflussziffer	—
K_{dr}	Reduzierte Ausflussziffer für Flüssigkeit	—
K_{vs}	Durchflusskennziffer (Volumenstrom von Wasser bei einem Differenzdruck von 1 bar bei voller Öffnung des Ventils)	m ³ /h
K_{visc}	Viskositätskorrekturfaktor	—
L	Länge des Rohres	mm
n	Drehzahl	min ⁻¹
p_{atm}	Atmosphärendruck (1,01325 bar)	bar
p_b	Gegendruck bei Austritt aus der Druckentlastungseinrichtung, absolut	bar
p_c	kritischer absoluter Druck	bar
$p_{Anschluss}$	Druck in der Anschlussstelle	bar
p_0	Tatsächlicher absoluter Entlastungsdruck	bar
p_1	Absoluter Druck am Eintritt zur Ausgangsleitung der Druckentlastungseinrichtung	bar
$p_{r,choked}$	Gedrosseltes Druckverhältnis	—

Symbol	Benennung	Einheit
p_{set}	Einstelldruck, Überdruck (der vorbestimmte Druck, bei dem eine Druckentlastungseinrichtung unter Betriebsbedingungen zu öffnen beginnt.)	bar
Δp	Druckverlust	bar
Δp_{common}	Druckverlust in der gemeinsamen Ausgangsleitung	bar
Δp_{in}	Druckverlust in der Eingangsleitung zum Druckentlastungsgerät	bar
Δp_{out}	Druckverlust in der Ausgangsleitung vom Druckentlastungsgerät	bar
Q_h	zugeführter Wärmestrom, innere Wärmequelle	kW
q_m	theoretischer Ausflussmassenstrom	kg/h · mm ²
q'_m	tatsächlicher Ausflussmassenstrom, durch Prüfungen ermittelt	kg/h · mm ²
$Q_{m, adjusted}$	Eingestellte Entlastungsleistung der Druckentlastungseinrichtung. Wird zur Druckverlustberechnung in Rohrleitungen verwendet	kg/h
$Q_{m, common}$	Massenstrom im gemeinsamen Auslassrohr	kg/h
$Q_{m, liq}$	Strom der Flüssigkeit nach der Entspannung	kg/h
$Q_{m, relief}$	Berechneter Kältemittel-Massenstrom der Druckentlastungseinrichtung	kg/h
$Q_{m, required}$	erforderliche Kältemittel-Mindestabblaseleistung der Druckentlastungseinrichtung	kg/h
$Q_{m, vap}$	Strom des Dampfes nach der Entspannung	kg/h
R	Biegeradius des Rohrbogens	mm
Re	Reynolds-Zahl	—
s	Dicke der Dämmung	m
u	Geschwindigkeit in Rohr	m/s
V	theoretisches Hubvolumen	m ³
v	Spezifisches Volumen von Dampf oder Flüssigkeit	m ³ /kg
v_0	Spezifisches Volumen von Dampf in Eingangsleitung	m ³ /kg
v_1	Spezifisches Volumen am Eintritt zur abführenden Leitung der Druckentlastungseinrichtung	m ³ /kg
w_0	tatsächliche Strömungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit im engsten Querschnitt des Druckentlastungsventils	m/s
w_1	Geschwindigkeit am Eintritt in die abführende Leitung	m/s
x	Dampfanteil des Kältemittels bei p_b	—
α	Bündiger Anschlusswinkel	°
γ	Verhältnis der Wärmekapazität	—
ϵ_R	Rohrrauigkeit	mm
ζ	Druckverlustbeiwert	—
ζ_{DN}	Druckverlustbeiwert bezogen auf DN	—

Symbol	Benennung	Einheit
$\zeta_{\text{Armaturen}}$	Druckverlustbeiwert von Armaturen	—
$\zeta_{\text{Rohrleitungen}}$	Druckverlustbeiwert von Rohrleitungen in abführender Leitung	—
ζ_{gesamt}	Gesamtdruckverlustbeiwert von Rohrleitungen in abführender Leitung	—
η_v	Volumetrischer Wirkungsgrad, bestimmt beim Saugdruck und dem Druck auf der Druckseite entsprechend dem Einstelldruck der Druckentlastungseinrichtung	—
ν	Kinematische Viskosität	m ² /s
ρ	Dichte von Dampf oder Flüssigkeit	kg/m ³
ρ_0	Dichte von Dampf in Eingangsleitung	kg/m ³
ρ_{10}	Dampfdichte des Kältemittels bei Sattdampfdruck/Taupunkt bei 10 °C	kg/m ³
ϕ	Wärmestromdichte	kW/m ²
ϕ_{rot}	reduzierte Wärmestromdichte	kW/m ²

5 Allgemeines

Diese Internationale Norm beschreibt die Berechnung von:

- Die erforderliche Abblaseleistung von Druckentlastungseinrichtungen.
- Die tatsächliche Abblaseleistung von Druckentlastungseinrichtungen.
- Druckverlust in der Eingangs- und Ausgangsleitung der Druckentlastungseinrichtung.

Die Kapazität der Druckentlastungseinrichtung (berechnet in Abschnitt 7) muss größer sein als die erforderliche Kapazität (berechnet in Abschnitt 6), und die Druckverluste (berechnet in Abschnitt 8) müssen innerhalb der vorgegebenen Grenzen liegen, damit die Druckentlastungseinrichtung ordnungsgemäß funktioniert.

Die Gleichungen in Abschnitt 7 gelten nur für die Abgabe von Kältemittelgas oder -dampf.

ANMERKUNG 1 Berechnungen für Strömungsquerschnitte für Druckentlastungseinrichtungen für nicht verdampfende und verdampfende Flüssigkeiten sind im Anhang B enthalten. Beispielberechnungen mit zugehörigen Leitungen sind im Anhang C angegeben.

ANMERKUNG 2 Anforderungen an den Schutz gegen unzulässige Drücke in Kälteanlagen und Wärmepumpen sind in EN 378-2 und ISO 5149-2 angegeben.

Für die Konstruktion und Herstellung von Gehäusen, Oberteilen und Schrauben für Druckentlastungseinrichtungen – Sicherheitsventile und Berstscheiben – gelten die Bestimmungen zur Prüfung der Druckfestigkeit nach ISO/FDIS 21922:2020.

Für weitere Gesichtspunkte gelten die Anforderungen in EN ISO 4126-1:2013, Abschnitt 3 „Begriffe“, Abschnitt 5 „Konstruktion“, Abschnitt 7 „Baumusterprüfungen“ und Abschnitt 10 „Kennzeichnung und Verplombung“ sowie EN ISO 4126-2:2018, Berstscheibeneinrichtungen-, Abschnitt 17 „Kennzeichnung“, 17.2 „Berstscheiben bzw. Berstscheibeneinheiten“ und 17.3 „Berstscheibenhalter“.

5.1 In den Berechnungen verwendete Kältemitteleigenschaften

Die tatsächliche absolute Abblaseleistung von Druckentlastungseinrichtungen wird berechnet als:

$$p_0 = 1,1 \cdot p_{set} + p_{atm} \text{ [bar]} \quad (1)$$

Zur Berechnung der erforderlichen Abblaseleistung einer Druckentlastungseinrichtung ist die Kenntnis der Verdampfungswärme Δh_{vap} des Kältemittels erforderlich.

Zur Berechnung der erforderlichen Abblaseleistung einer Druckentlastungseinrichtung ist die Kenntnis der Dichte ρ_0 (oder spezifisches Volumen v_0) und das Wärmekapazitätsverhältnis γ des Kältemittels erforderlich.

Zur Berechnung der Druckverluste in Ein- und Auslassleitungen ist die Kenntnis der Dichte ρ_0 (oder spezifisches Volumen v_0) erforderlich.

Die Werte finden sich unter den folgenden Bedingungen:

- Wenn der Druck p_0 kleiner ist als der kritische Druck des Kältemittels:
 - Wenn die Temperatur des gesättigten Gases entsprechend p_0 höher als die kritische Temperatur minus 5 K ist, dann werden ρ_0 , v_0 und Δh_{vap} bei gesättigtem Gas bei kritischer Temperatur minus 5 K gefunden.
 - Anderenfalls werden ρ_0 , v_0 und Δh_{vap} bei gesättigtem Gas bei Druck p_0 gefunden. Bei gegebener Eintrittstemperatur (überhitztes Gas), werden dann ρ_0 , v_0 und Δh_{vap} bei Druck p_0 und Eintrittstemperatur gefunden.
- Wenn der Druck p_0 höher ist als der kritische Druck des Kältemittels, dann werden ρ_0 , v_0 und Δh_{vap} bei gesättigtem Gas bei kritischer Temperatur minus 5 K gefunden.

Der Wert des Wärmekapazitätsverhältnisses γ ist bei 25 °C und 1,01325 bar zu ermitteln. Die Werte von γ für verschiedene Kältemittel finden sich in Tabelle A.1.

6 Mindestens erforderliche Ablaseleistung zum Schutz von Teilen einer Kälteanlage

6.1 Allgemeines

Die Berechnungen stützen sich auf bekannte oder zu erwartende Einflüsse, welche zu einer Drucksteigerung führen. Alle vorhersehbaren Einflüsse, einschließlich der in 6.2, 6.3 und 6.4 abgehandelten, müssen in Betracht gezogen werden.

Bei überkritischem Druck muss das Druckventil sowohl für Gas als auch für Flüssigkeit geeignet sein.

Wird CO₂ auf einen Druck entspannt, der unterhalb des Tripelpunktes liegt (z. B. Atmosphärendruck), besteht die Möglichkeit, dass festes CO₂ entsteht. Die für sicheren Betrieb notwendigen Vorkehrungen sind zu treffen.

Auch wenn ein Behälter nur Gas enthält, könnte er in manchen Situationen Flüssigkeit enthalten und sollte daher für die Zwecke dieser Norm als ein Behälter behandelt werden, der sowohl Flüssigkeit als auch Gas enthält.

6.2 Durch Wärmequellen verursachter unzulässiger Druck

6.2.1 Äußere Wärmequellen

Die erforderliche Mindestabblaseleistung der Druckentlastungseinrichtung für Druckbehälter wird folgt bestimmt:

$$Q_{m,required} = \frac{3600 \cdot \phi \cdot A_{surf}}{\Delta h_{vap}} \text{ [kg/h]} \quad (2)$$

Für Druckbehälter wird in dieser Internationalen Norm die Wärmestromdichte mit

$$\phi = 10 \text{ kW/m}^2 \quad (3)$$

angenommen, erforderlichenfalls ist jedoch ein höherer Wert anzusetzen.

Wenn die Dicke der Dämmung des Druckbehälters mehr als 0,04 [m] beträgt und die Dämmung einer Prüfung des Brandverhaltens nach EN 13501-1 unterzogen und eine bessere Klassifizierung als Klasse C erreicht wurde, kann eine reduzierte Wärmestromdichte angesetzt und wie folgt bestimmt werden:

$$\phi_{red} = \phi \cdot \frac{0,04}{s} \text{ [kW/m}^2\text{]} \quad (4)$$

Für Druckbehälter ist die äußere Gesamtoberfläche des Behälters nach Geometrie berechnet einzusetzen.

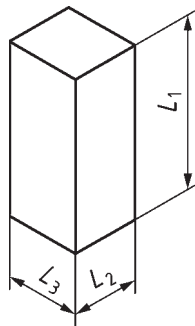


Bild 1 — Plattenwärmetauscher

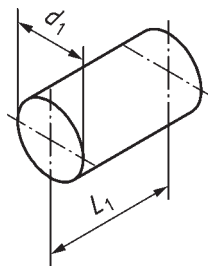


Bild 2 — Platten- und Rohrbündelwärmetauscher

Für Plattenwärmetauscher wird die Oberfläche berechnet als:

$$A_{surf} = 2 \cdot (L_1 \cdot L_2 + L_2 \cdot L_3 + L_1 \cdot L_3) \text{ [m}^2\text{]} \quad (5)$$

Bei Platten- und Rohrbündelwärmetauschern wird die Oberfläche berechnet:

$$A_{surf} = 2 \cdot \left(\frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \right) + (\pi \cdot d_1 \cdot L_1) \text{ [m}^2\text{]} \quad (6)$$

Höhere Werte für die Wärmestromdichte als 10 kW/m² können notwendig sein, wenn eine vollständige Flammenumhüllung des Druckbehälters zu erwarten ist und/oder, wenn für einen wärmegeprägten Druckbehälter ein brennbares Dämmmaterial verwendet wird. Für den Fall, dass eine Wärmestrahlung mit einem höheren Wärmestrom auf eine Seite des Behälters gerichtet ist, könnten andere Berechnungsverfahren erforderlich sein.

6.2.2 Innere Wärmequellen

Die erforderliche Mindestabblaseleistung der Druckentlastungseinrichtung für Zustände, die durch eine innere Quelle übermäßiger Wärmeentwicklung hervorgerufen werden, muss wie folgt bestimmt werden:

$$Q_{m,required} = \frac{3600 \cdot Q_h}{\Delta h_{vap}} \text{ [kg/h]} \quad (7)$$

6.3 Durch Verdichter verursachter unzulässiger Druck

Die erforderliche Mindestabblaseleistung einer Druckentlastungseinrichtung für unzulässigen Druck, hervorgerufen durch Verdichter, wird wie folgt bestimmt:

$$Q_{m,required} = 60 \cdot V \cdot n \cdot \rho_{10} \cdot \eta_v \text{ [kg/h]} \quad (8)$$

Wenn für „Tiefkühlanwendungen“ nachgewiesen werden kann, dass der Verdichtermotor nicht bei einem Saugdruck entsprechend 10°C Sättigungsbedingungen arbeiten kann, so ist für die Berechnung der Dichtewert beim höchsten Saugdruck zu verwenden.

ANMERKUNG 1 In den Fällen, in denen sich kein Druckabsperrrventil am Verdichter befindet, genügt eine Druckentlastungseinrichtung für die Hochdruckseite, vorausgesetzt es gibt keine Absperrarmaturen auf Zwischendruckniveau.

ANMERKUNG 2 Strömungsverdichter benötigen keine Druckentlastungseinrichtung, vorausgesetzt es ist nicht möglich, den maximal zulässigen Druck zu überschreiten.

ANMERKUNG 3 Abblasen zur Niederdruckseite kann eine Überhitzung des Verdichters bewirken und/oder in Verdichtern (z. B. in Schraubenverdichtern) zu einem unkontrollierten Innendruck führen.

ANMERKUNG 4 EN 12693 behandelt Verdichter, die gegen ein geschlossenes Ventil auf der Druckseite laufen können. Daher sollte EN 12693 berücksichtigt werden, insbesondere die Anforderungen für den Fall, wenn die zulässige Verdampfungstemperatur den Wert von 10 °C um mehr als 5 K überschreitet.

6.4 Überdruck durch Ausdehnung eingeschlossener Flüssigkeit

Zum Schutz gegen Druck, der durch Ausdehnung eingeschlossener Flüssigkeit entsteht, muss die wirksame Fläche der Druckentlastungseinrichtung auf der Grundlage des Volumens der eingeschlossenen Flüssigkeit berechnet werden:

$$A_{effective} = K_{volume} \cdot V_{trapped} \text{ [mm}^2\text{]} \quad (9)$$

Dabei ist

$$K_{volume} = 0,02 \text{ [mm}^2\text{/l]} \quad (10)$$

Der effektive Querschnitt der Druckentlastungseinrichtung wird angesetzt als:

$$A_{effective} = A_{actual} \cdot K_{dr} \text{ [mm}^2\text{]} \quad (11)$$

Ergibt die berechnete Wirkfläche einen Durchflussschlagmesser von weniger als 1 mm, so ist der Durchmesser als 1 mm zu wählen:

$$d \geq 1 \text{ mm} \quad (12)$$

Bei Kältemitteln, bei denen der Temperaturunterschied zwischen der Entlastungstemperatur und der kritischen Temperatur weniger als 20 K, muss der Wert von K_{volume} mindestens 0,04 mm²/l betragen.

ANMERKUNG Flüssigkeiten, deren Temperatur nahe der kritischen Temperatur liegt, dehnen sich erheblich aus.

Es ist empfehlenswert, das Gegendruck-Verhältnis p_b/p_0 und den möglicherweise reduzierten Hub des Druckentlastungsventils zu berücksichtigen.

Eine mögliche Verschmutzung sollte in Betracht gezogen werden.

Wo es durchführbar ist, muss die Druckentlastungseinrichtung in die Niederdruckseite der Kälteanlage abblasen und die Druckentlastungseinrichtung muss die Anforderungen sogar beim höchstmöglichen Gegendruck erfüllen:

7 Abblaseleistungen von Druckentlastungseinrichtungen

7.1 Allgemeines

Bei den gebräuchlichsten Anwendungen von Druckentlastungsventilen in Kälteanlagen ist der Gegendruck geringer als etwa der 0,5-fache Abblasedruck ($p_b \leq 0,5 \cdot p_0$), was bedeutet, dass die Strömung durch das Druckentlastungsventil gedrosselt ist.

Der Durchfluss von Gas oder Dampf durch eine Öffnung wie z. B. die eines Druckentlastungsventils, wird größer, wenn der Druck auf der Austrittsseite abgesenkt wird bis gedrosselte Strömung erreicht ist. Eine weitere Druckabsenkung auf der Austrittsseite führt nicht zu höherem Durchfluss.

Bei Druckentlastungsventilen, bei denen der Hub eine Funktion des Gegendruckes ist, muss der Hersteller das maximal zulässige Gegendruck-Verhältnis p_b/p_0 und die entsprechende zuerkannte Ausflussziffer unter Berücksichtigung des möglicherweise reduzierten Hubs des Druckentlastungsventils angeben.

7.2 Abblaseleistung von Druckentlastungsventilen

Der Massenstrom des Gases durch ein Druckbegrenzungsventil kann wie folgt berechnet werden:

$$Q_{m,relief} = 1,1384 \cdot A \cdot K_{dr} \cdot K_{cap} \cdot \sqrt{\frac{p_0}{v_0}} \text{ [kg/h]} \quad (13)$$

ANMERKUNG 1 $1,1384 = \sqrt{10^5} \cdot 10^{-6} \cdot 3600$

Die reduzierte Ausflussziffer wird wie folgt berechnet:

$$K_{dr} = 0,9 \cdot K_d \text{ [-]} \quad (14)$$

die Ausflussziffer wird wie folgt berechnet:

$$K_{dr} = \frac{q'_m}{q_m} [-] \quad (15)$$

Der Faktor 0,9 in Gleichung (14) ist ein Sicherheitsfaktor, der bei der Berechnung der Abblaseleistung von Druckbegrenzungsventilen verwendet wird.

Der Wert des Kapazitätskorrekturfaktors K_{cap} hängt davon ab, ob der Durchfluss durch das Druckbegrenzungsventil gedrosselt ist oder nicht.

Gedrosselter Durchfluss tritt auf, wenn das Druckverhältnis p_b/p_0 kleiner oder gleich dem verdrosselten Druckverhältnis ist:

$$\frac{p_b}{p_0} \leq p_{r,choked} [-] \quad (16)$$

Dabei wird das gedrosselte Druckverhältnis berechnet als:

$$p_{r,choked} = \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}} [-] \quad (17)$$

Bei gedrosseltem Durchfluss ist der Wert des Kapazitätskorrekturfaktors:

$$K_{cap} = \sqrt{\gamma \cdot \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma + 1}{\gamma - 1}}} [-] \quad (18)$$

Wenn der Durchfluss nicht gedrosselt ist, dann wird der Kapazitätskorrekturfaktor wie folgt berechnet:

$$K_{cap} = \sqrt{\frac{2 \cdot \gamma}{\gamma - 1} \cdot \left[\left(\frac{p_b}{p_0} \right)^{\frac{2}{\gamma}} - \left(\frac{p_b}{p_0} \right)^{\frac{\gamma + 1}{\gamma}} \right]} [-] \quad (19)$$

Das gedrosselte Druckverhältnis für verschiedene Kältemittel ist in Tabelle A.1 in Anhang A angegeben, und Werte von K_{cap} bei gedrosseltem und nicht gedrosseltem Durchfluss sind in den Tabellen A.1 bis A.3 in Anhang A angegeben.

ANMERKUNG 2 Die Gleichungen (13) bis (19) liefern identische Ergebnisse wie die entsprechenden Gleichungen in EN 13136:2013+A1:2018 und ISO 4126-7:2013.

7.2.1 Theoretische Abblaskapazität

Wenn bei der Berechnung des Druckabfalls in den Eintritts- oder Austrittsleitungen und Armaturen die Abblaskapazität des Überdruckventils $Q_{m,relief}$ erheblich größer als die erforderliche Kapazität $Q_{m,required}$ ist, dann kann der in den Druckabfallberechnungen verwendete Kältemittelmassenstrom nach den folgenden Regeln angepasst werden:

$$\text{if } Q_{m,relief} < (1,25 \cdot Q_{m,required}) \text{ then } Q_{m,adjusted} = Q_{m,required} \quad (20)$$

$$\text{if } Q_{m,relief} \geq (1,25 \cdot Q_{m,required}) \text{ then } Q_{m,adjusted} = \frac{Q_{m,relief}}{1,25} \quad (21)$$

Der eingestellte Massendurchfluss wird bei der Berechnung des Druckabfalls in Rohrleitungen und Armaturen verwendet.

7.3 Abblaseleistungen von Berstscheiben

Gewölbte Berstscheiben müssen so konstruiert sein, dass sie durch Zugspannung bersten, wenn der Berstdruck auf die konkave Seite der Berstscheibe aufgebracht wird. Sie müssen so gewölbt sein, dass keine weitere plastische Verformung auftritt, bevor die Berstscheibe den für sie vorgesehenen Anspruchsbedingungen ausgesetzt ist.

Die Abblaseleistung einer Berstscheibe muss nach der Gleichung in 7.2 berechnet werden. Die folgenden Werte von K_{dr} sind je nachdem, wie das Rohr zwischen Behälter und Berstscheibe am Behälter angebracht ist, als maximale Werte zu verwenden:

- a) bündiger oder aufgeweiteter Anschluss (siehe Tabelle A.2): $K_{dr} = 0,70$;
- b) durchgesteckter Anschluss (siehe Tabelle A.2): $K_{dr} = 0,55$.

Wenn der K_{dr} -Wert einer Berstscheibe selbst geringer ist als der vorstehend angegebene maximale Wert, dann ist der kleinere Wert zur Berechnung anzuwenden.

8 Druckverlust in den Eingangs- und Ausgangsleitungen

8.1 Allgemeines

Um die richtige Funktion einer Druckentlastungseinrichtung sicherzustellen, darf der Druckabfall sowohl in der zuführenden als auch in der abführenden Leitung, einschließlich ggf. vorhandener Wechselventile, folgende Werte nicht überschreiten:

- Die vom Lieferanten der Druckentlastungseinrichtung angegebenen Werte; jedoch nicht mehr als:
- Eingangsleitung (einschließlich Wechseleinrichtung):

$$\Delta p_{in} \leq 0,03 \cdot p_0 \text{ [bar]} \quad (22)$$

- Ausgangsleitung:

- Gegendruckabhängige Druckentlastungseinrichtung:

$$\Delta p_{out} \leq 0,10 \cdot p_0 \text{ [bar]} \quad (23)$$

- Gegendruckunabhängige Druckentlastungseinrichtung:

$$\Delta p_{out} \leq 0,20 \cdot p_0 \text{ [bar]} \quad (24)$$

Die Geschwindigkeit in der zu-/abführenden Leitung darf Schallgeschwindigkeit nicht erreichen.

Der Durchflussquerschnitt von Rohrleitungen oder Wechseleinrichtungen in den Ein- und Auslassleitungen darf nicht kleiner sein als der tatsächliche Durchflussquerschnitt A_{actual} der Druckentlastungseinrichtung.

8.2 Druckverlust in den Eingangsleitungen

Der Druckverlust in der Eintrittsleitung wird mit der Darcy-Weisbach-Gleichung berechnet:

$$\Delta p = f \cdot \rho_0 \cdot \frac{L}{d_R} \cdot \frac{u^2}{2} \cdot 10^{-5} \text{ [bar]} \quad (25)$$

Wenn Sie den eingestellten Massendurchfluss anstelle der Geschwindigkeit verwenden, kann die Gleichung wie folgt geschrieben werden:

$$\Delta p = 0,3858 \cdot f \cdot \frac{L}{d_R} \cdot v_0 \cdot \left(\frac{Q_{m,adjusted}}{A_R} \right)^2 \text{ [bar]} \quad (26)$$

ANMERKUNG $0,3858 = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{10^6}{3600} \right)^2 \cdot 10^{-5}$

Je nach Art des Bauteils in der Zuleitung kann Gleichung (26) unterschiedlich formuliert werden.

8.2.1 Druckabfall in Rohrleitungen

Für Rohrleitungen wird Gleichung (26) direkt verwendet. Der Reibungsfaktor, f , wird aus der von Karmanschen Gleichung für voll entwickelte turbulente Strömung berechnet:

$$f = \frac{1}{\left(2 \cdot \log_{10} \left(\frac{371 \cdot d_R}{\varepsilon_R} \right) \right)^2} [-] \quad (27)$$

Werte für Rohrrauigkeit finden sich in Tabelle A.5 in Anhang A.

ANMERKUNG Wenn die Strömung nicht vollständig turbulent ist, können andere Gleichungen zur Berechnung des Reibungsfaktors verwendet werden (z. B. Colebrook).

8.2.2 Druckabfall in Armaturen

Bei Armaturen wird der Druckverlust mit Hilfe des Druckverlustbeiwertes berechnet:

$$\zeta = f \cdot \frac{L}{d_R} [-] \quad (28)$$

Der Druckverlust mit Gleichung (26) wird dann berechnet als:

$$\Delta p = 0,3858 \cdot \zeta \cdot v_0 \cdot \left(\frac{Q_{m,adjusted}}{A_R} \right)^2 \text{ [bar]} \quad (29)$$

Die Druckverlustbeiwerte für typische Armaturen finden sich in Tabelle A.4 in Anhang A.

Wenn der Hersteller den Druckverlustbeiwert ζ_{DN} für Einrichtungen (Ventile) bezogen auf die Nennweite (DN) angibt, wird dieser in den Druckverlustbeiwert ζ für den tatsächlichen Innendurchmesser des Rohres umgerechnet:

$$\zeta = \left[\frac{d_R}{DN} \right]^4 \cdot \zeta_{DN} [-] \quad (30)$$

ANMERKUNG 1 ζ ergibt sich aus A_R und d_R . ζ_{DN} ergibt sich aus A_{DN} und DN.

8.2.3 Druckverlust in den Wechseleinrichtungen

Wenn der Durchflussbeiwert K_{VS} einer Wechseleinrichtung gegeben ist, dann wird der Druckverlust mit Gleichung (26) berechnet als:

$$\Delta p = v_0 \cdot \left(\frac{Q_{m,adjusted}}{K_{VS}} \right)^2 \cdot 10^{-3} \text{ [bar]} \quad (31)$$

8.3 Druckverlust in den Ausgangsleitungen

Der Druckverlust in der Auslassleitung wird mit den Gleichungen für kompressible isotherme Strömung eines idealen Gases berechnet.

Die Druckverlustgleichung kann vereinfacht werden zu:

$$\frac{p_1^2 - p_b^2}{p_1} = 0,7716 \cdot Q_{m,adjusted}^2 \cdot \frac{v_1}{A_R^2} \cdot \zeta_{total} \text{ [bar]} \quad (32)$$

ANMERKUNG $0,7716 = \frac{10^{12}}{3600^2 \cdot 10^5}$

Wenn angenommen wird, dass $p_1 \cdot v_1 = p_0 \cdot v_0$ dann kann der Eingangsdruck, p_1 , zum Auslassrohr wie folgt berechnet werden:

$$p_1 = \sqrt{0,7716 \cdot Q_{m,adjusted}^2 \cdot \frac{p_0 \cdot v_0}{A_R^2} \cdot \zeta_{total} + p_b^2} \text{ [bar]} \quad (33)$$

Für Rohre wird der Druckverlustbeiwert berechnet als:

$$\zeta_{pipe} = f \frac{L}{d_R} [-] \quad (34)$$

Wobei der Reibungsfaktor, f , berechnet wird aus Gleichung (27).

Für Armaturen, sind die Druckverlustbeiwerte in Tabelle A.4 in Anhang A angegeben.

Der Gesamtdruckverlustbeiwert ergibt sich aus der Summe der einzelnen Druckverlustbeiwerte:

$$\zeta_{total} = \zeta_{pipes} + \zeta_{fittings} [-] \quad (35)$$

8.4 Gesamtdruckverlust

Der Gesamteingangsdruckverlust wird berechnet, indem der Druckverlust aller Elemente (Rohrleitungen, Wechselventile und Armaturen) in der Eingangsleitung summiert wird:

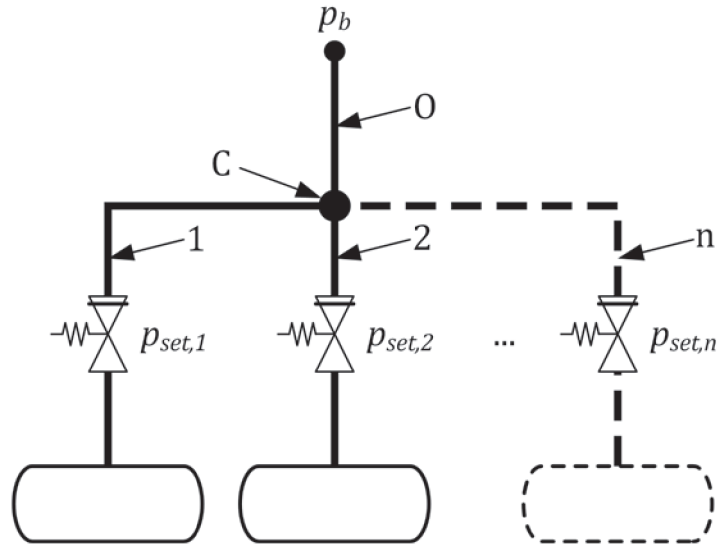
$$\Delta p_{in} = \sum \Delta p \text{ [bar]} \quad (36)$$

Der Gesamtausgangsdruckverlust wird berechnet als die Differenz zwischen p_1 , berechnet nach Gleichung (33), und der Gegendruck:

$$\Delta p_{out} = p_1 - p_b \text{ [bar]} \quad (37)$$

8.5 Anschluss der Ausgänge von mehreren Druckbegrenzungsventilen an eine gemeinsame Ausgangsleitung

Wenn mehrere Druckbegrenzungsventile an eine gemeinsame Ausgangsleitung angeschlossen sind, dann wird der Ausgangsdruckverlust für die gemeinsame Leitung mit Hilfe der Gleichungen in Abschnitt 8.3 und 8.4 berechnet. Der in den Berechnungen verwendete eingestellte Massendurchfluss muss gleich der Summe der eingestellten Massendurchflüsse aller an die gemeinsame Ausgangsleitung angeschlossenen Druckbegrenzungsventile sein:



Legende

- 1 Ausgangsleitung vom Druckbegrenzungsventil 1
- 2 Ausgangsleitung vom Druckbegrenzungsventil 2
- n Ausgangsleitung vom Druckbegrenzungsventil n
- C Anschlussstelle
- 0 Gemeinsame Ausgangsleitung

Bild 3 — Anschluss von mehreren Druckbegrenzungsventilen an gemeinsame Ausgangsleitung

$$Q_{m,common} = \sum_{i=1}^n Q_{m,adjusted,i} \text{ [kg/h]} \quad (38)$$

Druck und Dichte (p_0 , v_0) von der Leitung mit dem höchsten tatsächlichen Entlastungsdruck, p_0 , sind bei der Berechnung der gemeinsamen Auslassleitung zu verwenden.

Wenn der Druckabfall in der gemeinsamen Auslassleitung berechnet wurde, kann der Druck in der Anschlussstelle berechnet werden:

$$p_{connection} = p_b + \Delta p_{common} \text{ [bar]} \quad (39)$$

Der Druck in der Anschlussstelle ist dann als Gegendruck in Gleichung (33) einzusetzen, wenn der Druckverlust in den einzelnen Ausgangsleitungen von jedem Druckbegrenzungsventil berechnet wird:

$$p_1 = \sqrt{0,7716 \cdot Q_{m,adjusted}^2 \cdot \frac{p_0 \cdot v_0}{A_R^2} \cdot \zeta_{total} + p_{connection}^2} \text{ [bar]} \quad (40)$$

Der Gesamtdruckabfall in jeder der einzelnen Auslassleitungen (einschließlich der gemeinsamen Auslassleitung) muss innerhalb der in Gleichung (23) und (24) angegebenen Grenzen liegen.

Wenn die Druckbegrenzungsventile gegendruckabhängig sind, bedeutet dies, dass der Grenzwert für den Gesamtdruckabfall in den einzelnen Ausgangsleitungen für jedes der Druckbegrenzungsventile gegeben ist durch:

$$\begin{aligned}\Delta p_{out,1} + \Delta p_{common} &\leq 0,10 \cdot (1,1 \cdot p_{set,1} + p_{atm}) \text{ [bar]} \\ \Delta p_{out,2} + \Delta p_{common} &\leq 0,10 \cdot (1,1 \cdot p_{set,2} + p_{atm}) \text{ [bar]} \\ &\vdots \\ \Delta p_{out,n} + \Delta p_{common} &\leq 0,10 \cdot (1,1 \cdot p_{set,n} + p_{atm}) \text{ [bar]}\end{aligned}\tag{41}$$

Wenn die Druckbegrenzungsventile gegenundruckabhängig sind, dann wird der Grenzwert für den Gesamtdruckabfall in den einzelnen Ausgangsleitungen für jedes der Druckbegrenzungsventile entsprechend berechnet, mit der Ausnahme, dass die Grenzen aus Gleichung (24) gelten:

ANMERKUNG Die Vermischung verschiedener Kältemittel in einer gemeinsamen Auslassleitung kann zu Problemen aufgrund chemischer Reaktionen führen.