

DIN EN ISO 21013-3

ICS 23.020.40; 23.060.40

Einsprüche bis 2014-11-26
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 13648-3:2003-01**Entwurf**

**Kryo-Behälter –
Druckentlastungseinrichtungen für den Kryo-Betrieb –
Teil 3: Bestimmung von Größe und Durchfluss (ISO/DIS 21013-3:2014);
Deutsche Fassung prEN ISO 21013-3:2014**

Cryogenic vessels –
Pressure-relief accessories for cryogenic service –
Part 3: Sizing and capacity determination (ISO/DIS 21013-3:2014);
German version prEN ISO 21013-3:2014

Réceptacles cryogéniques –
Dispositifs de sécurité pour le service cryogénique –
Partie 3: Détermination de la taille et du volume (ISO/DIS 21013-3:2014);
Version allemande prEN ISO 21013-3:2014

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2014-09-26 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de 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 ndg@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Druckgasanlagen (NDG), 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 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 29 Seiten

DIN-Normenausschuss Druckgasanlagen (NDG)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 21013-3:2014) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 220 „Tiefkalte Behälter“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 268 „Kryo-Behälter und spezielle Einsatzgebiete der Wasserstofftechnologie“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss NA 016-00-05 AA „Kryo-Behälter“ im DIN-Normenausschuss Druckgasanlagen (NDG).

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 4126-1	siehe DIN EN ISO 4126-1
ISO 4126-6	siehe DIN EN ISO 4126-6

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13648-3:2003-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Zusammenführung der inhaltlich ähnlichen ISO 21013-3:2006 und der EN 13648-3:2003 zu einem Dokument;
- b) Berechnungen für Einkondensierung atmosphärischer Luft aufgenommen;
- c) mathematisches Berechnungsmodell angepasst;
- d) Dokument neu strukturiert und an die aktuellen Gestaltungsregeln angepasst.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

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

DIN EN ISO 4126-6, *Sicherheitseinrichtungen gegen unzulässigen Überdruck — Teil 6: Berstscheibeneinrichtungen; Anwendung, Auswahl und Einbau (ISO 4126-6)*

Kryo-Behälter — Druckentlastungseinrichtungen für den Kryo-Betrieb — Teil 3: Bestimmung von Größe und Durchfluss (ISO/DIS 21013-3:2014)

Réipients cryogéniques — Dispositif de sécurité pour le service cryogénique — Partie 3 : Détermination de la taille et du volume (ISO/DIS 21013-3:2014)

Cryogenic vessels — Pressure relief accessories for cryogenic service — Part 3: Sizing and capacity determination (ISO/DIS 21013-3:2014)

ICS:

Deskriptoren:

Inhalt

Seite

Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Berechnung des Gesamt-Wärmeüberganges je Zeiteinheit von der warmen Wand (Außenmantel) zur kalten Wand (Innenbehälter)	5
3.1 Allgemeines	5
3.2 Unter Bedingungen ohne Brandeinwirkung	5
3.3 Unter Brandeinwirkung	7
3.3.1 Wärmeübergang je Zeiteinheit (in Watt) bei Wärmeeinfall durch die Behälterwände	7
3.4 Kondensation von Luft oder Stickstoff	8
3.4.1 Allgemeines	8
3.4.2 Vakuumverlust mit Luft und Stickstoff	9
3.4.3 Brandeinwirkung bei Vakuumverlust mit Luft oder Stickstoff	9
3.5 Wärmeübergang je Zeiteinheit (Watt)	11
3.5.1 Allgemeines	11
3.5.2 Normalbetrieb	11
3.5.3 Druckaufbauregler vollständig geöffnet	11
3.5.4 Vakuumverlust	12
3.5.5 Brandeinwirkung mit Vakuumverlust, Isolierung unbeschädigt oder teilweise beschädigt	12
3.5.6 Brandeinwirkung mit Vakuumverlust, Isolierung nicht vorhanden	12
4 Berechnung des durch die Druckentlastungseinrichtungen abzuführenden Massenstromes $\dot{Q}_m$	12
5 Rohrleitungssysteme für Druckentlastungseinrichtungen	13
5.1 Druckverlust	13
5.2 Berücksichtigung des Gegendrucks	14
5.3 Wärmeübergang	14
6 Bemessung von Druckentlastungseinrichtungen	15
6.1 Allgemeines	15
6.2 Bemessung von Sicherheitsventilen	15
6.2.1 Allgemeines	15
6.2.2 Kritische und unterkritische Strömung	15
6.2.3 Ausflussmassenstrom bei kritischer Strömung für Gase	16
6.2.4 Ausflussmassenstrom bei unterkritischer Strömung für Gase	17
6.3 Bemessung von Berstscheiben	17
6.3.1 Ausflussmassenstrom bei kritischer Strömung für Gase	17
6.3.2 Ausflussmassenstrom bei unterkritischer Strömung für Gase	18
6.3.3 Bestimmung kritischer gegenüber unterkritischer Strömungen für Gase	18
6.3.4 Empfohlenes Analyseverfahren	18
6.3.5 Beispiel	22
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 97/23/EG – Druckgeräte-Richtlinie	26
Literaturhinweise	27

Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 21013-3:2014) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 220 „Tiefkalte Behälter“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 268 „Kryo-Behälter und spezielle Einsatzgebiete der Wasserstofftechnologie“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 13648-3:2002 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 21013-3:2014 wurde vom CEN als prEN ISO 21013-3:2014 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 21013 sieht eigene Berechnungsverfahren zur Ermittlung des erforderlichen abzuführenden Massenstromes für jede der folgenden festgelegten Bedingungen vor.

- Vakuum-isolierte Behälter mit unbeschädigtem Isoliersystem (Außenmantel plus Isoliermaterial) unter normalem Vakuum; Außenmantel bei Umgebungstemperatur; Innenbehälter bei der Temperatur des Inhaltes bei Abblasedruck.
- Vakuum-isolierte Behälter mit unbeschädigtem Isoliersystem (Außenmantel plus Isoliermaterial) unter normalem Vakuum; Außenmantel bei Umgebungstemperatur; Innenbehälter bei der Temperatur des Inhaltes bei Abblasedruck; Druckregler des druckaufbauenden Systems arbeitet in vollem Umfang.
- Vakuum-isolierte oder nicht vakuum-isolierte Behälter mit unbeschädigtem Isoliersystem, aber unter Vakuumverlust bei vakuum-isolierten Behältern, Außenmantel bei Umgebungstemperatur, Innenbehälter bei der Temperatur des Inhaltes bei Abblasedruck. ODER: Vakuum-isolierte oder nicht vakuum-isolierte Behälter mit unbeschädigtem oder teilweise beschädigtem Isoliersystem, aber unter Vakuumverlust bei vakuum-isolierten Behältern sowie unter Brandeinwirkung; Innenbehälter mit Temperatur des Inhaltes bei Abblasedruck.
- Vakuum-isolierte Behälter, die Fluide mit einer Sättigungstemperatur unterhalb 75 K bei 1 bar enthalten, mit unbeschädigtem Isoliersystem, jedoch unter Vakuumverlust mit Luft im Vakuumraum.
- Vakuum-isolierte Behälter, die Fluide mit einer Sättigungstemperatur unterhalb 75 K bei 1 bar enthalten, mit unbeschädigtem Isoliersystem, jedoch Vakuumverlust mit Luft im Vakuumraum sowie unter Brandeinwirkung.
- Behälter mit völlig defektem Isoliersystem und Brandeinwirkung.

Es muss eine gute Ingenieurspraxis, basierend auf fundierten Kenntnissen in theoretischer Physik vorhanden sein, um den abzuführenden Massenstrom zu ermitteln, wenn für eine Anwendungsbedingung keine geeigneten Berechnungsverfahren vorhanden sind.

Kryostate können im Sinne der Anwendung dieser Norm als Druckbehälter angesehen werden. Zusätzliche Störungen (Quench, usw.) und sich daraus ergebende Wärmeübergänge müssen in den Berechnungen berücksichtigt werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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 4126-1, *Safety devices for protection against excessive pressure — Part 1: Safety valves*

ISO 4126-6:2014, *Safety devices for protection against excessive pressure — Part 6: Application, selection and installation of bursting disc safety devices*

3 Berechnung des Gesamt-Wärmeüberganges je Zeiteinheit von der warmen Wand (Außenmantel) zur kalten Wand (Innenbehälter)

3.1 Allgemeines

P (in bar absolut) ist der tatsächliche Abblasedruck im Behälter, der zur Berechnung des durch die Druckentlastungseinrichtungen abzuführenden Massenstroms verwendet wird.

T_a (in K) ist die maximale Umgebungstemperatur für Bedingungen ohne Brandeinwirkung (wie z. B. durch eine Vorschrift oder Norm festgelegt).

T_f (in K) ist die äußere Umgebungstemperatur unter Brandeinwirkung, in diesem Teil von ISO 21013 festgelegt als 922 K.

T (in K) ist die Abblasetemperatur im Behälter, die berücksichtigt werden muss:

- a) bei unterkritischen Fluiden ist T die Sättigungstemperatur der Flüssigkeit beim Druck P ;
- b) bei kritischen oder überkritischen Fluiden wird T nach 4.3 berechnet.

3.2 Unter Bedingungen ohne Brandeinwirkung

3.2.1 Bei vakuum-isolierten Behältern unter normalem Vakuum ist der Wärmeübergang je Zeiteinheit (in Watt) durch Wärmeeinfall durch das Isoliersystem wie folgt:

$$W_1 = (T_a - T) U_1 A$$

Dabei ist

U_1 die Wärmeübergangszahl des Isoliermaterials bei normalem Vakuum, in $W/(m^2 \cdot K)$,

$$U_1 = \frac{k_1}{e_1}$$

Dabei ist

k_1 die mittlere Wärmeleitfähigkeit des Isoliermaterials bei normalem Vakuum, zwischen T und T_a , in $W/(m \cdot K)$;

e_1 die Nenndicke des Isoliermaterials, in m;

A der arithmetische Mittelwert der Innen- und Außenflächen des Isoliermaterials des Behälters, in m^2 .

3.2.2 Wärmeübergang je Zeiteinheit (in Watt) durch die Einrichtungen zum Druckaufbau mit vollständig geöffnetem Regler:

W_2 wird aus der Art (Umgebungsluft, Wasser oder Dampf, elektrisch, usw.) und Auslegung des Druckaufbaukreislaufs ermittelt. Beispielsweise im Falle eines Umgebungsluftverdampfers;

$$W_2 = U_2 A_2 \cdot (T_a - T)$$

Dabei ist

U_2 die konvektive Wärmeübergangszahl des Umgebungsluftverdampfers, in $W/(m^2 \cdot K)$;

A_2 die äußere Wärmeübergangsfläche des Verdampfers, in m^2 .

Für eine erste Annäherung darf folgende Formel herangezogen werden:

$$U_2 (T_a - T) = 19\,000 \text{ W/m}^2 \text{ bei } T \leq 75 \text{ K}$$

$$U_2 (T_a - T) = 2\,850 \text{ W/m}^2 \text{ bei } T > 75 \text{ K}$$

W_1 muss in W_2 enthalten sein.

3.2.3 Bei vakuum-isolierten Behältern unter Vakuumverlust oder nicht vakuum-isolierten Behältern, Wärmeübergang je Zeiteinheit (in Watt) durch Wärmeeinfall durch das Isoliermaterial:

$$W_3 = (T_a - T) U_3 A$$

Dabei ist

U_3 die Wärmeübergangszahl des Isoliermaterials bei Sättigung mit gasförmiger Ladung oder Luft bei Atmosphärendruck, je nachdem, welcher Wert größer ist, in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Falls die Isolierung bei Wärmeleitung, Konvektion und Strahlungswärmeübergang von 328 K in vollem Umfang wirksam ist, darf U_3 berechnet werden als

$$U_3 = \frac{k_3}{e_3}$$

Der Vakuumraum, Gasraum oder der durch die beschädigte Isolierung eingenommene Raum dürfen nicht in die Dicke des Isoliersystems miteinbezogen werden. Die Auswirkungen dieser Zwischenräume oder der beschädigten Isolierung auf die Verringerung des Wärmeleitungs-, Konvektions- oder Strahlungswärmeübergangs dürfen durch Verfahrensweisen aus der veröffentlichten Fachliteratur zur Wärmeübertragung gesondert bewertet und in die Wärmeübergangszahl, U_3 , miteinbezogen werden. Eine Beschädigung der Isolierung kann durch folgende Faktoren verursacht werden:

- Feuchte Kondensation;
- Luftkondensation;
- Zunahme der Dichte der Isolierung aufgrund von plötzlichem Vakuumverlust

k_3 ist die mittlere Wärmeleitfähigkeit des Isoliermaterials, gesättigt mit gasförmiger Ladung oder Luft bei Atmosphärendruck, je nachdem, welches den größeren Koeffizienten ergibt, zwischen T und T_a , in $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$; Werte für k_3 für Gase sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 — Wärmeleitfähigkeit für tiefkalte (kryogene) Fluide bei der Mitteltemperatur zwischen Sättigung und 328 K (k_3) und 922 K (k_5) bei 1 bar

Fluid	k_3 [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]	k_5 [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]
Luft	0,019	0,043
Argon	0,013	0,027
Kohlendioxid	0,017	0,039
Kohlenmonoxid	0,020	0,039
Helium	0,104	0,211
Wasserstoff	0,116	0,217
Methan	0,024	0,074
Neon	0,034	0,067
Stickstoff	0,019	0,040
Sauerstoff	0,019	0,043

e_3 ist die Mindestdicke des Isoliermaterials, in m, unter Berücksichtigung der Herstellungstoleranzen oder der Auswirkungen eines plötzlichen Vakuumverlustes.

ANMERKUNG Diese Formel kann nicht bei Temperaturen unterhalb 75 K, bei geringer Dicke des Isoliermaterials angewendet werden, da die maximale Wärmeübertragungszahl hierbei durch die Luftkondensation vorgegeben würde.

3.2.4 Wärmeübergang je Zeiteinheit (in Watt) durch Behälterbefestigungen und Rohrleitungen im Zwischenraum:

$$W_4 = (T_a - T) \cdot (w_1 + w_2 + \dots + w_n + \dots)$$

Dabei ist

w_n der Wärmeeinfall je K durch eine der Behälterbefestigungen oder Rohrleitungen, in W/K;

$$w_n = k_n \frac{A_n}{l_n}$$

Dabei ist

k_n die mittlere Wärmeleitfähigkeit der Behälterbefestigung oder Rohrleitung zwischen T und T_a , in W/(m · K);

A_n die Fläche der Behälterbefestigung oder Rohrleitung, in m²;

l_n die Länge der Behälterbefestigung und Rohrleitung im Vakuumzwischenraum, in m.

3.3 Unter Brandeinwirkung

3.3.1 Wärmeübergang je Zeiteinheit (in Watt) bei Wärmeeinfall durch die Behälterwände

3.3.1.1 Bei unbeschädigtem oder teilweise beschädigtem Zustand des Isoliersystems unter Brandeinwirkung:

$$W_5 = 2,6 \cdot (922 - T) \cdot U_5 A^{0,82}$$

Dabei ist

U_5 die Wärmeübergangszahl des Isoliermaterials des Behälters bei Sättigung mit gasförmiger Ladung oder Luft bei Atmosphärendruck, je nachdem, welcher Wert größer ist, in W/(m² · K).

Falls die Isolierung für Wärmeleitungs-, Konvektions- und Strahlungswärmeübergang für eine Außentemperatur von 922 K in vollem Umfang wirksam ist, darf U_5 berechnet werden als:

$$U_5 = \frac{k_5}{e}, \text{ in W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Der Vakuumraum, Gasraum oder der durch das beschädigte Isoliersystem eingenommene Raum dürfen nicht in die Dicke des Isoliersystems miteinbezogen werden. Die Auswirkungen dieser Zwischenräume oder der beschädigten Isolierung auf die Verringerung des Leitungs-, Konvektions- und Strahlungswärmeübergangs dürfen durch Verfahrensweisen aus der veröffentlichten Fachliteratur zur Wärmeübertragung gesondert bewertet und in die Wärmeübergangszahl, U_5 , miteinbezogen werden. Eine Beschädigung des Isoliersystems kann durch folgende Faktoren verursacht werden:

- Feuchtekkondensation;
- Luftkondensation;
- Zunahme der Dichte der Isolierung aufgrund von plötzlichem Vakuumverlust;