

DIN EN 17527:2022-05 (D)

Helium-Kryostate - Schutz gegen Drucküberschreitung; Deutsche Fassung EN 17527:2021

Inhalt	Seite
Europäisches Vorwort.....	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich.....	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Symbole	14
5 Prozessablaufdiagramme	17
5.1 Prozessablaufdiagramm zu Gefährdungsbeurteilung und Schutzkonzepten	17
5.2 Prozessablaufdiagramm zur Szenario-spezifischen Dimensionierung von Heliumkreislauf-PRD	19
6 Gefährdungsbeurteilung.....	20
6.1 Allgemeine Informationen zur Gefährdungsbeurteilung.....	20
6.2 Für die Dimensionierung relevante Ursachen für unzulässigen Druckanstieg	20
6.2.1 Verlust des Isoliervakuums	20
6.2.2 Verlust des Strahlrohrvakuums	20
6.2.3 Quench einer supraleitenden Vorrichtung.....	21
6.2.4 Leckage von kryogenem Fluid.....	21
6.2.5 Dielektrischer Durchschlag	21
6.2.6 Einschluss von kryogenem Fluid.....	21
6.3 Ursachen für unzulässigen Druckanstieg, die einzuschränken sind	22
6.3.1 Thermoakustische Schwingung.....	22
6.3.2 Kryogenes Pumpen.....	22
6.3.3 Ausfall der Stromversorgung	22
6.3.4 Druckstoß	22
6.3.5 Gefrieren	23
6.3.6 Rückströmen.....	23
6.3.7 Andere Ursachen für Drucküberschreitung	23
6.3.8 Erdbeben.....	23
6.3.9 Brand.....	23
6.4 Kombinierte Szenarien.....	24
6.5 Gefährdungsbeurteilung vor der Bestellung.....	24
6.6 Gefährdungsbeurteilung in der Auslegungsphase	24
7 Schutzkonzepte	25
7.1 Allgemeines	25
7.2 Einstufiges Schutzkonzept.....	25
7.3 Mehrstufige Schutzkonzepte	26
7.3.1 Allgemeines.....	26
7.3.2 Druckabsicherung von Hochdruck-Helium-Kryostaten.....	27
7.3.3 Druckabsicherung von Niederdruck-Helium-Kryostaten.....	27
7.3.4 Druckabsicherung von subatmosphärischen Helium-Kryostaten.....	28
7.3.5 Druckabsicherung von He-II-Kryostaten.....	28
7.3.6 Druckabsicherung von Ultra-Tiefemperatursystemen	28
8 Dimensionierung von Druckentlastungseinrichtungen	28

8.1	Verfahren zur Dimensionierung von Druckentlastungseinrichtungen	28
8.2	Berechnung des Mindest-Abblasequerschnitts.....	29
8.3	Berechnung der Fluidzustandseigenschaften unter Abblasebedingungen.....	29
8.3.1	Berechnung des Abblasedrucks	29
8.3.2	Berechnung des spezifischen Volumens.....	30
8.4	Berechnung des Abblase-Massenstroms	32
8.4.1	Allgemeines.....	32
8.4.2	Verlust des Isoliervakuums	32
8.4.3	Verlust des Strahlrohrvakuums	33
8.4.4	Quench einer supraleitenden Vorrichtung.....	34
8.4.5	Leckage von kryogenem Fluid	37
8.4.6	Dielektrischer Durchschlag	37
8.4.7	Berechnung der spezifischen Enthalpieänderung	38
8.5	Berechnung der Massenstromdichte.....	39
8.5.1	Allgemeines.....	39
8.5.2	Einfluss der stromaufwärtigen Rohrleitung.....	40
8.5.3	Einfluss der stromabwärtigen Rohrleitung.....	42
8.6	Berechnung der Ausflussziffer.....	42
8.6.1	Allgemeines.....	42
8.6.2	Anpassung der Ausflussziffer von PRV.....	43
8.7	Transferleitungssysteme	43
8.8	Dimensionierung der PRD des Vakuumbehälters.....	44
9	Druckentlastungseinrichtungen	44
9.1	Allgemeines.....	44
9.2	Druckentlastungsventile	45
9.3	Berstscheiben	45
9.4	Kombinationen von Druckentlastungsventilen und Berstscheiben.....	45
9.5	Magnetische Druckentlastungseinrichtungen.....	45
9.6	Druckentlastungseinrichtungen für Isoliervakuumbehälter	46
9.7	Mechanische Befestigung von Druckentlastungseinrichtungen.....	46
9.8	Werkstoffe für Druckentlastungseinrichtungen.....	46
10	Stofffreisetzung.....	46
10.1	Allgemeines.....	46
10.2	Abblaseleitungen und Abblasesysteme	46
11	Betriebs-, Instandhaltungs- und Inspektionsanweisungen.....	47
11.1	Allgemeines.....	47
11.2	In die Betriebs-, Instandhaltungs- und Inspektionsanweisungen aufzunehmende spezifische Anweisungen.....	47
11.2.1	Betriebsanweisungen für Druckentlastungseinrichtungen.....	47
11.2.2	Wiederkehrende Prüfungen von Druckentlastungseinrichtungen	48
11.2.3	Druckentlastungsventile	48
11.2.4	Berstscheiben	48
11.2.5	Instandhaltung.....	48
Anhang A (informativ)	Thermodynamische Eigenschaften von Helium	49
A.1	Grundlagen.....	49
A.2	Prozesspfad beim Abblasen.....	50
Anhang B (informativ)	Zusätzliche Informationen zur Gefährdungsbeurteilung.....	53
B.1	Verlust des Isoliervakuums	53
B.2	Verlust von Strahlrohrvakuums.....	54
B.3	Quench einer supraleitenden Vorrichtung.....	55
B.3.1	Allgemeines.....	55
B.3.2	Wichtigste Kühlszenarien	56
B.4	Leckage von kryogenem Fluid	58
B.4.1	Allgemeines.....	58
B.4.2	Leck-vor-Bruch-Verhalten	58

B.4.3	Werkstoffeigenschaften	58
B.4.4	Thermomechanische Spannungen	58
B.5	Dielektrischer Durchschlag	58
B.6	Thermoakustische Schwingung.....	60
B.7	Kryogenes Pumpen.....	61
B.8	Qualitative Gefährdungsbeurteilung	62
B.8.1	Allgemeines.....	62
B.8.2	Wahrscheinlichkeitsniveau	64
B.8.3	Schweregrad	64
B.8.4	Kritikalitätsmatrix.....	65
B.8.5	HAZOP-Tabelle	67
Anhang C (informativ) Schutzkonzepte		68
C.1	Einstufiges Schutzkonzept.....	68
C.2	Mehrstufige Schutzkonzepte	69
C.2.1	Allgemeines.....	69
C.2.2	Druckabsicherung von supraleitenden Magnetsystemen.....	69
C.2.3	Druckabsicherung von supraleitenden Hochfrequenz-Kavitäten.....	71
C.2.4	Druckabsicherung von subatmosphärischen Heliumsystemen.....	72
C.2.5	Druckabsicherung von He-II-Systemen.....	73
C.2.6	Druckabsicherung von Ultra-Tieftemperatursystemen	74
Anhang D (informativ) Dimensionierung von Druckentlastungseinrichtungen		76
D.1	Übereinstimmung zwischen EN ISO 4126-7:2013/A1:2016/EN ISO 21013-3:2016 und Abschnitt D.2.....	76
D.2	Fallspezifisches Modell zur Dimensionierung von Druckentlastungseinrichtungen	79
D.2.1	Allgemeines.....	79
D.2.2	Berechnung des Mindest-Abblasequerschnitts	80
D.2.3	Bestimmung der Fluidgeschwindigkeit	80
D.2.4	Berechnung der Ausflussfunktion	81
D.3	Einfluss der stromaufwärtigen Rohrleitung.....	83
D.4	Ausflussziffer	85
D.5	Beispiele für Berechnungen des engsten Strömungsquerschnitts.....	85
D.5.1	Beispiel 1 — Vertikaler He-I-Magnetkryostat.....	85
D.5.2	Beispiel 1 unter Berücksichtigung einer stromabwärtigen Rohrleitung.....	91
D.5.3	Beispiel 2 — Kryostat mit suprafluidem He-II, geschützt durch zwei in Reihe geschaltete PRD — Unterkritische Entlastung.....	92
D.5.4	Beispiel 3 — Kryostat mit suprafluidem He-II, geschützt durch zwei in Reihe geschaltete PRD — Überkritische Entlastung	99
Anhang E (informativ) Bauarten von Druckentlastungseinrichtungen.....		107
E.1	Anwendungsnormen.....	107
E.2	Produktnormen	108
E.2.1	Zweck, Voraussetzungen.....	108
E.2.2	Vollhub-Druckentlastungsventile.....	110
E.2.3	Normal-Druckentlastungsventile	111
E.2.4	Proportional-Druckentlastungsventile.....	111
E.2.5	Pilotgesteuerte Druckentlastungsventile.....	111
E.2.6	Gesteuerte Druckentlastungsventile mit pneumatischer Zusatzbelastung.....	112
E.2.7	PRV mit magnetischer Betätigung	112
E.2.8	Spezifische kryogene PRV-Merkmale	113
E.3	Berstscheiben	114
E.3.1	Funktionscharakteristiken	114
E.3.2	Metallberstscheiben.....	114
E.3.3	Graphitberstscheiben	115
E.3.4	Langzeitverhalten	115
E.3.5	Leckageraten	116
E.4	Druckentlastungsventil/Berstscheiben-Kombinationen.....	116
E.5	Druckentlastungseinrichtungen für Vakuumbehälter	117
Literaturhinweise		118