

E DIN EN ISO 21009-1:2024-07 (D/E)

Erscheinungsdatum: 2024-06-21

Kryo-Behälter - Stationäre vakuumisolierte Behälter - Teil 1: Konstruktion, Herstellung, Kontrolle und Prüfung (ISO/DIS 21009-1:2024); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 21009-1:2024

Cryogenic vessels - Static vacuum-insulated vessels - Part 1: Design, fabrication, inspection and tests (ISO/DIS 21009-1:2024); German and English version prEN ISO 21009-1:2024

Inhalt	Seite
Europäisches Vorwort.....	14
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den wesentlichen Anforderungen der abzudeckenden Richtlinie 2014/68/EU (Druckgeräterichtlinie).....	15
Vorwort.....	19
1 Anwendungsbereich.....	21
2 Normative Verweisungen.....	21
3 Begriffe.....	22
4 Symbole.....	26
5 Allgemeine Anforderungen.....	28
6 Mechanische Lasten.....	29
6.1 Allgemeines.....	29
6.2 Lasten während der Druckprüfung.....	29
7 Chemische Einflüsse.....	30
8 Thermische Bedingungen.....	30
9 Werkstoff.....	30
9.1 Allgemeines.....	30
9.2 Werkstoffauswahl.....	30
9.3 Abnahmeprüfzeugnis.....	31
9.4 Werkstoffe für Außenmäntel und Betriebsgeräte.....	31
10 Bemessung.....	31
10.1 Möglichkeiten für die Bemessung.....	31
10.1.1 Allgemeines.....	31
10.1.2 Rechnerische Bemessung.....	31
10.1.3 Rechnerische Bemessung bei Anwendung einer Druckverstärkung (sofern zulässig).....	31
10.1.4 Rechnerische und experimentelle Bauteilbemessung.....	31
10.2 Allgemeine Bemessungsanforderungen.....	32
10.2.1 Allgemeines.....	32
10.2.2 Bemessungsspezifikationen und Dokumentation.....	32
10.2.3 Bemessungslasten.....	33
10.2.4 Inspektionsöffnungen.....	37
10.2.5 Druckentlastung.....	37
10.2.6 Ventile.....	39
10.2.7 Füllverhältnis.....	39
10.2.8 Elektrische Durchgängigkeit.....	39
10.3 Rechnerische Bemessung.....	39

10.3.1	Allgemeines.....	39
10.3.2	Innenbehälter.....	39
10.3.3	Außenmantel.....	42
10.3.4	Abstützungen und Anhebepunkte.....	43
10.3.5	Rohrleitungen und Ausrüstungsteile.....	43
10.3.6	Gleichungen für die Berechnung.....	44
10.3.7	Berechnungen für Betriebslasten.....	51
11	Herstellung.....	74
11.1	Allgemeines.....	74
11.2	Schneiden.....	74
11.3	Kaltumformen.....	74
11.3.1	Austenitischer nichtrostender Stahl.....	74
11.3.2	Ferritischer Stahl.....	75
11.4	Warmumformen.....	76
11.4.1	Allgemeines.....	76
11.4.2	Austenitischer nichtrostender Stahl.....	76
11.4.3	Ferritischer Stahl.....	76
11.5	Fertigungstoleranzen.....	78
11.5.1	Allgemeines.....	78
11.5.2	Kantenversatz von Blechen.....	79
11.5.3	Wanddicke.....	79
11.5.4	Gewölbte Böden.....	79
11.5.5	Zylinder.....	79
11.6	Schweißen.....	81
11.6.1	Allgemeines.....	81
11.6.2	Eignung.....	82
11.6.3	Temporäre Anschweißteile.....	82
11.6.4	Schweißverbindungen.....	82
11.7	Nicht geschweißte, dauerhafte Verbindungen.....	83
12	Inspektion und Prüfung.....	83
12.1	Qualitätssicherungsplan.....	83
12.1.1	Allgemeines.....	83
12.1.2	Inspektionsschritte bei der Fertigung eines Innenbehälters.....	83
12.1.3	Zusätzliche Inspektionsschritte bei der Fertigung eines stationären Kryo-Behälters.....	84
12.2	Probepplatten für die Produktionskontrolle.....	84
12.2.1	Anforderungen.....	84
12.2.2	Umfang der Prüfung.....	85
12.3	Zerstörungsfreie Prüfung.....	86
12.3.1	Allgemeines.....	86
12.3.2	Umfang der Prüfungen auf Oberflächenfehler.....	86
12.3.3	Umfang der Prüfungen auf Schweißnahtfehler.....	86
12.3.4	Zulässigkeitsgrenzen.....	87
12.4	Ausbesserung von Fehlern.....	88
12.4.1	Allgemeines.....	88
12.4.2	Von Hand geschweißte Nähte.....	89
12.4.3	Durch automatische Schweißverfahren hergestellte Schweißnähte.....	89
12.5	Druckprüfungen.....	89
13	Kennzeichnung und Etikettierung.....	90
14	Abnahme.....	91
15	Wiederkehrende Inspektion.....	91
Anhang A (normativ)	Elastische Spannungsanalyse.....	92
A.1	Allgemeines.....	92
A.2	Begriffe.....	92
A.2.1	Spannungsgröße.....	92
A.2.2	Globale Unstetigkeit der Konstruktion.....	93

A.2.3	Örtliche Unstetigkeit der Konstruktion	93
A.2.4	Normalspannung	93
A.2.5	Schubspannung	93
A.2.6	Membranspannung	94
A.2.7	Primärspannung	94
A.2.8	Primäre örtliche Membranspannung	94
A.2.9	Sekundärspannung	94
A.2.10	Spitzenspannung	95
A.3	Grenzwert für die allgemeine Membrandrucklängsspannung	95
A.4	Spannungskategorien und Spannungsgrenzwerte für die allgemeine Anwendung	95
A.4.1	Allgemeines	95
A.4.2	Kategorie der allgemeinen primären Membranspannung	95
A.4.3	Kategorie der örtlichen primären Membranspannung	95
A.4.4	Kategorie der allgemeinen oder örtlichen primären Membranspannungen plus der primären Biegespannungen	96
A.4.5	Kategorie der primären plus sekundären Spannungen	96
A.4.6	Wärmespannung	96
A.5	Spezifische Kriterien, Belastungskategorien und Belastungsgrenzwerte für begrenzte Anwendung	97
A.5.1	Allgemeines	97
A.5.2	Befestigungen und Halterungen	97
A.5.3	Stutzen und Ausschnitte	97
A.5.4	Zusätzliche Spannungsgrenzen	97
Anhang B (normativ) Zusätzliche Anforderungen an 9 %-Nickel-Stahl		102
B.1	Allgemeines	102
B.2	Spezifische Anforderungen	102
Anhang C (normativ) Druckverstärkung von Behältern aus austenitischen nichtrostenden Stählen		104
C.1	Allgemeines	104
C.2	Anwendungsbereich	104
C.3	Werkstoffe	105
C.4	Bemessung	107
C.4.1	Allgemeines	107
C.4.2	Bemessung hinsichtlich innerem Überdruck	108
C.4.3	Bemessung hinsichtlich äußerem Überdruck	111
C.5	Herstellung und Inspektion	111
C.5.1	Druckverstärkungsverfahren	111
C.5.2	Aufzeichnung über die Durchführung	112
C.5.3	Schweißen	112
C.5.4	Zeichnungen der Druckbehälter	113
C.5.5	Inspektion und Prüfung	113
C.5.6	Typschild	114
C.6	Bemerkungen	114
C.6.1	Verstärkungstheorie	114
C.6.2	Kaltverfestigter Werkstoff	116
C.6.3	Herleitung von Gleichungen	117
C.6.4	Verformungen bei der Verstärkung	118
Anhang D (informativ) Druckbegrenzungssysteme		121
Anhang E (normativ) Weitere Anwendungsmöglichkeiten der Kalteigenschaften von Werkstoffen, um Druckbeanspruchungen standzuhalten		122
E.1	Allgemeines	122
E.2	Anwendungsbereich	122
E.3	Allgemeine Anforderungen	122
E.4	Spezifische Berechnungsverfahren	123
Anhang F (informativ) Spezifische Angaben zu Schweißnähten		126

F.1	Anwendungsbereich.....	126
F.2	Spezifische Angaben zu Schweißnähten.....	126
F.3	Anforderungen an den Sauerstoffbetrieb.....	127
Anhang G (normativ) Zusätzliche Anforderungen an brennbare Fluide.....		130
Anhang H (informativ) Entlüftungsöffnungen und Druckentlastungssysteme für brennbare Gase.....		131
Anhang I (normativ) Druckentlastungseinrichtungen für den Außenmantel.....		132
I.1	Anwendungsbereich.....	132
I.2	Anforderungen.....	132
I.2.1	Allgemeines.....	132
I.2.2	Bemessung.....	132
I.2.3	Werkstoffe.....	132
I.2.4	Prüfung.....	132
I.2.5	Inspektion.....	132
I.2.6	Kennzeichnung.....	133
Anhang J (normativ) Erhöhte Werkstoffeigenschaften für austenitischen nichtrostenden Stahl.....		134
J.1	Allgemeines.....	134
J.2	Höhere Streckgrenze bei 20 °C.....	134
Anhang K (informativ) Grundwerkstoffe.....		135
Anhang L (normativ) Zylinderschalen und gewölbte Böden unter äußerem Überdruck (Druck auf die konvexe Oberfläche) — Berechnung.....		145
L.1	Allgemeines.....	145
L.2	Verfahren 1.....	145
L.2.1	Zylinderschalen.....	145
L.2.2	Gewölbte Böden.....	147
L.3	Verfahren 2.....	147
L.3.1	Zylinderschalen.....	147
Anhang M (normativ) Bemessung von Ausschnitten in Zylindern, Kugeln und Kegeln — Berechnung.....		150
M.1	Allgemeines.....	150
M.2	Verfahren 1.....	150
M.2.1	Allgemeines.....	150
M.2.2	Anwendungsbereich.....	150
M.3	Verfahren 2.....	154
M.4	Ring- oder scheibenförmige Verstärkung oder erhöhte Manteldicke.....	158
M.5	Verstärkung durch erhöhte Stutzendicke.....	158
M.5.1	Allgemeines.....	158
M.5.2	Verstärkung durch eine Kombination von erhöhter Mantel- und Stutzendicke.....	159
M.5.3	Mehrere Ausschnitte.....	159
Anhang N (normativ) Bemessung von Böden hinsichtlich innerem Überdruck.....		160
N.1	Krempendicke von torisphärischen Böden und Dicke des Anschlusses von Halbkugelböden an den Mantel.....	160
N.1.1	Anforderung an die Dicke.....	160
N.1.2	Alternative Anforderung an die Dicke.....	160
N.1.3	Anforderung an gewölbte Böden, die aus Kalotten- und Krempenkomponenten zusammengeschweißt sind.....	161
N.2	Torisphärische Böden.....	161
Literaturhinweise.....		162
Bilder		
Bild 1 — Versteifungsringe.....		52

Bild 2 — Profilringe als Versteifung	52
Bild 3 — Gewölbte Böden	52
Bild 4 — Behälterböden und Schweißnahtstellen	54
Bild 5 — Bemessungsfaktoren β für 10%ige Klöpperböden	54
Bild 6 — Bemessungsfaktoren β für 2 : 1 Korbbogenböden	55
Bild 7 — Geometrie von Kegelmänteln	56
Bild 8 — Geometrie eines Kegelausschnittes.....	56
Bild 9 — Geometrische Größen bei Beanspruchung durch äußeren Überdruck.....	57
Bild 10 — Zulässige Werte für einen konvergierenden Kegel	65
Bild 11 — Ausschnittsbeiwert C_A für ebene Böden und Platten ohne zusätzliches Randmoment	67
Bild 12 — Bemessungsfaktoren für nicht abgesteifte kreisförmige ebene Böden und Platten	68
Bild 13 — Bemessungsfaktor C_E rechteckiger oder torisphärischer Platten	70
Bild 14 — Erhöhte Dicke einer zylindrischen Schale	70
Bild 15 — Erhöhte Dicke einer kegeligen Schale.....	70
Bild 16 — Aufgesetzter Verstärkungsring	71
Bild 17 — Eingesetzter Verstärkungsring.....	71
Bild 18 — Scheibenförmige Verstärkung.....	71
Bild 19 — Stützenverstärkung.....	72
Bild 20 — Ausgehalste Öffnung	73
Bild 21 — Scheibe	74
Bild 22 — Kantenversatz von Blechen	78
Bild 23 — Einzelheiten der Lehre	81
Bild A.1 — Spannungskategorien und Grenzwerte der Spannungsintensitäten.....	100
Bild A.2 — Für Behälter, die äußerem Überdruck ausgesetzt sind	101
Bild A.3 — Für Behälter, die keinem äußeren Überdruck ausgesetzt sind.....	101
Bild C.1 — Spannungs-/Dehnung-Kurve für Kohlenstoffstahl	115
Bild C.2 — Spannungs-/Dehnung-Kurve für austenitischen nichtrostenden Stahl.....	115
Bild D.1 — Beispiele für Druckentlastungssysteme	121
Bild F.1 — Sickennaht.....	128

Bild F.2 — Zwischenboden.....	128
Bild F.3 — Unterlegestreifen	129
Bild F.4 — Verschluss ebener Böden (Beispiele).....	129
Bild F.5 — Nicht durchgehende Schweißnähte an Stützen.....	129
Bild M.1 — Berechnungsschema für Zylinderschalen	151
Bild M.2 — Berechnungsschema für Kugelschalen.....	152
Bild M.3 — Berechnungsschema für benachbarte Stützen in einer Kugel oder in einer Längsrichtung eines Zylinders	152
Bild M.4 — Öffnungen zwischen Längs- und Umfangsrichtung.....	153
Bild M.5 — Berechnungsschema für benachbarte Stützen in einer Kugel oder in einer Umfangsrichtung eines Zylinders	153
Bild M.6 — Nomenklatur und Gleichungen für verstärkte Ausschnitte.....	157
Bild M.7 — Scheibenförmige Verstärkung.....	158
 Tabellen	
Tabelle ZA.1 — Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und Anhang I der Richtlinie 2014/68/EU (Druckgeräterichtlinie).....	15
Tabelle ZA.2 — Anwendbare Normen zur Begründung der in diesem Anhang ZA beschriebenen Konformitätsvermutung	16
Tabelle 1 — Tiefgekühlte, jedoch ungiftige Gase.....	23
Tabelle 2 — Zulässige Unrundheit	80
Tabelle 3 — Höchste zulässige Ausbeulungen	81
Tabelle 4 — Probekörper.....	85
Tabelle 5 — Prüfung von Probeplatten aus Stahl.....	86
Tabelle 6 — Umfang der Durchstrahlungsprüfung von Schweißnähten	87
Tabelle 7 — Für vorwiegend statisch belastete Behälter	87
Tabelle 8 — Zulässigkeitsgrenzen für ermüdungsbeanspruchte Behälter	88
Tabelle A.1 — Einteilung der Spannungen für einige typische Fälle.....	98
Tabelle C.1.1 — Austenitische nichtrostende Stähle, anerkannt für die Druckverstärkung von Kryo-Behältern bei Betriebstemperaturen von nicht weniger als -196 °C (Europäische Werkstoffbezeichnungen)	105

Tabelle C.1.2 — Austenitische nichtrostende Stähle, anerkannt für die Druckverstärkung von Kryo-Behältern bei Betriebstemperaturen von nicht weniger als -196 °C (Nicht-Europäische Werkstoffbezeichnungen)	106
Tabelle C.2 — Prüfung von geschweißten Probepplatten im vorgedehnten Zustand	106
Tabelle C.3 — Änderung der Gleichungen für die Bemessung druckverstärkter Behälter	109
Tabelle C.4 — Spannungen und Dehnungen für verschiedene Lastfälle.....	119
Tabelle K.1.1 — Druckbehälter (Europäische Werkstoffbezeichnungen)	135
Tabelle K.1.2 — Druckbehälter (Nicht-Europäische Werkstoffbezeichnungen)	136
Tabelle K.2.1 — Rohre und Rohrarmaturen (Europäische Werkstoffbezeichnungen)	139
Tabelle K.2.2 — Rohre und Rohrarmaturen (Nicht-Europäische Werkstoffbezeichnungen).....	139
Tabelle L.1 — Werte für den Faktor für den Kugelradius B_0 eines elliptischen Bodens mit Druck auf der konvexen Seite.....	149