

E DIN EN ISO 16646:2025-07 (D/E)

Erscheinungsdatum: 2025-06-06

Fusionsanlagen - Kriterien für die Auslegung und den Betrieb von Einschluss- und Lüftungssystemen von Tritiumfusionsanlagen und Anlagen zur Handhabung von Fusionsbrennstoff (ISO 16646:2024); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 16646:2025

Fusion installations - Criteria for the design and operation of confinement and ventilation systems of tritium fusion facilities and fusion fuel handling facilities (ISO 16646:2024); German and English version prEN ISO 16646:2025

Inhalt	Seite
Europäisches Vorwort.....	8
Vorwort.....	9
Einleitung.....	10
1 Anwendungsbereich.....	11
2 Normative Verweisungen.....	11
3 Begriffe.....	11
4 Allgemeine Besonderheiten bezüglich des Einschlusses von Tritiumfusionsanlagen oder Anlagen zur Handhabung von Fusionsbrennstoff.....	19
4.1 Allgemeines.....	19
4.2 Für den Einschluss von Fusionsanlagen zu identifizierende Inventare.....	20
4.3 Spezifische Systeme oder Lasten, die in Fusionsanlagen angewendet werden.....	22
4.4 Allgemeine Beschreibung der Einschlussysteme für Fusionsanlagen.....	22
4.4.1 Allgemeines.....	22
4.4.2 Erstes Einschlussystem.....	26
4.4.3 Sekundäres Einschlussystem.....	27
4.4.4 Brennstoffkreislaufsysteme.....	28
4.4.5 Werkstoffverträglichkeit mit Tritium.....	28
5 Funktionen und Sicherheitsaspekte für Einschluss- und Lüftungssysteme.....	29
5.1 Allgemeines.....	29
5.2 Hauptfunktionen.....	29
5.3 Allgemeine Grundsätze.....	31
5.4 Verfahren der Risikobewertung.....	31
5.4.1 Vorläufige Analyse.....	31
5.4.2 Risikobeurteilung.....	33
5.4.3 Sicherheitsklassifizierung.....	35
6 Architektur und Beschreibung der verschiedenen Einschlussysteme.....	36
6.1 Allgemeines.....	36
6.2 Statischer Einschluss von radioaktivem Material.....	36
6.2.1 Eindämmungsbarrieren und -systeme.....	36
6.2.2 Isolationsfunktion (statische Eindämmung).....	37
6.3 Lüftung der Volumen innerhalb des ersten Einschlussystems.....	38
6.3.1 Allgemeines.....	38
6.3.2 Abluftprozess des Vakuumbehälters.....	39
6.3.3 Druckbegrenzer des primären Containments.....	39
6.3.4 Örtliches und/oder zentralisiertes Detritierungssystem.....	40
6.3.5 Lüftung des Volumens zwischen der ersten und zweiten Eindämmungsbarriere des ersten Einschlussystems.....	40

6.3.6	Kryogene Systeme.....	40
6.4	Lüftung der Volumen innerhalb des zweiten Einschussystems.....	41
6.4.1	Allgemeines.....	41
6.4.2	Lüftungssysteme von Räumen und Gebäuden.....	41
6.4.3	Detritierungssysteme.....	41
6.4.4	Örtliche Lüftungssysteme.....	42
6.4.5	Lüftung der Volumen, die außerhalb des sekundären Einschusses liegen.....	42
6.4.6	Sonstige Lüftungssysteme, die nicht mit Sicherheitshüllen verbunden sind	42
7	Anforderungen an die Auslegung von Lüftungssystemen.....	44
7.1	Allgemeines.....	44
7.2	Dynamischer Einschluss	44
7.2.1	Allgemeines.....	44
7.2.2	Klassifizierung der Anlage in potenziell kontaminierte Bereiche (Einschluss- Klassifizierung).....	44
7.2.3	Faktoren, die die Auslegung von Lüftungssystemen beeinflussen	47
7.2.4	Unterdruck.....	47
7.2.5	Luftgeschwindigkeiten zwischen Bereichen	48
7.2.6	Grundlegendes Luftströmungsmuster und Luftreinigungssysteme.....	49
7.2.7	Klassifizierung in Lüftungsarten.....	51
7.2.8	Optimierung der Luftwechsel	51
7.2.9	Anordnung und Lage der Lüftungsleitungen.....	55
7.2.10	Erarbeitung des Lüftungsdiagramms und Berechnung der Druckabfälle.....	56
7.3	Filterung.....	56
7.3.1	Allgemeines.....	56
7.3.2	HEPA-Filter.....	57
7.3.3	Luftdetritierungssystem.....	57
7.3.4	Andere Gaseinfang-Vorrichtungen.....	61
8	Management spezifischer Risiken	61
8.1	Steuerung brennbarer Gase in den Gebäuden.....	61
8.2	Steuerung kryogener Flüssigkeit/Gase in den Gebäuden.....	62
8.3	Steuerung der Umgebungsbedingungen	63
8.3.1	Luftgetragene Tritiumkontamination	63
8.3.2	Luftkonditionierung von Komponenten mit Sicherheitsklassifizierung.....	63
8.3.3	Lüftungssysteme der Kontrollräume.....	64
8.4	Verhinderung von Risiken, die mit Freisetzungen von Wärme, Gasen oder toxischen Dämpfen verbunden sind	65
8.5	Verhinderung von Risiken, die mit der Ablagerung von Stoffen in Lüftungsleitungen verbunden sind.....	65
8.6	Verhinderung einer Brandgefährdung	66
8.6.1	Abschottung	66
8.6.2	Brandabschnitte (Brandsektoren).....	66
8.6.3	Brandbereiche.....	69
8.6.4	Sicherheitsabschnitte	69
8.7	Berücksichtigung äußerer Gefährdungen	70
9	Dispositionen bezüglich des Managements und des Betriebs der Lüftungssysteme.....	72
9.1	Organisation und Betriebsverfahren.....	72
9.2	Technische Betriebsanweisungen	72
9.3	Fragen der Betriebsführung	73
9.4	Prüfverfahren und Wartung.....	74
9.4.1	Allgemeines.....	74
9.4.2	Qualifizierung.....	74
9.4.3	Inspektionsprüfungen vor der Inbetriebnahme.....	74
9.4.4	Annahmeprüfungen	75
9.4.5	Inbetriebnahmeprüfungen	75
9.4.6	Wartung und andere regelmäßige Prüfungen.....	77
9.5	Überwachung des Einschussystems.....	78

9.6	Steuerung des Lüftungssystems zur Verhinderung von Brandgefährdungen.....	79
9.6.1	Allgemeines.....	79
9.6.2	Brandschutzphilosophie.....	79
10	Mess- und Regelsystem (I & C, en: instrumentation and control)	81
10.1	Steuerung.....	81
10.2	Messsystem	82
10.3	Alarmer.....	83
Anhang A (informativ) Leitlinie für luftgetragene Kontaminationsrisiken.....		84
A.1	Leitlinie für die Klassifizierung der Art der Lüftung für Tritiumfusionsanlagen.....	84
A.2	Zugehörige empfohlene Lüftungskonfiguration	86
Anhang B (informativ) Beispiele für Detritierungstechnologien		93
B.1	Bubbler-Verfahren.....	93
B.2	Molekularsieb-Verfahren	93
B.3	Nassabscheideverfahren.....	93
B.4	Tritiierte Aerosole	94
Anhang C (informativ) Beispiele für Sicherheitsklassifizierungen		95
Anhang D (informativ) Typische Werte für Leckraten		98
D.1	Typische Werte der Leckdichtheit für die Eindämmung und Lüftung von Räumen und Gebäuden	98
D.2	Typische Werte spezifischer Leckraten im Zusammenhang mit Lüftungskomponenten	99
D.2.1	Ventile und Klappen.....	99
D.2.2	Brandschutzklappen	100
D.2.3	Luftfiltereinrichtungen.....	100
D.2.4	Andere Komponenten.....	100
Anhang E (informativ) Anforderungen an Luftfilter von Lüftungssystemen, die in kerntechnischen Anlagen verwendet werden		101
E.1	Hintergrund im Zusammenhang mit alten Normen.....	101
E.2	Definitionen	102
E.3	Neue ISO-Normen	102
E.3.1	Allgemeines.....	102
E.3.2	Gruppen und Klassen von Luftfiltern.....	102
E.3.3	Spezifische Fälle von HEPA- und ULPA-Filtern	103
E.3.4	Gruppen und Klassen von Luftfiltern.....	105
E.4	Allgemeine Spezifikationen für kerntechnische Filter	106
Literaturhinweise		108

Bilder

Bild 1	— Beispiel für eine schematische Darstellung von Einschlussystemen	25
Bild B.1	— Größenordnungen der Dekontaminationsfaktoren für verschiedene Detritierungstechnologien	94
Bild E.1	— MPPS (Partikelgröße, bei der ein Filter seinen niedrigsten Abscheidegrad verzeichnet) für typische HEPA-Filter	104

Tabellen

Tabelle 1	— Typische Beispiele für statische Eindämmungsbarrieren und/oder -systeme.....	24
-----------	--	----

Tabelle 2 — Übliche Klassifizierung von Einschlussbereichen für andere Räume als Sicherheitshüllen.....	45
Tabelle 3 — Übliche/gelegentlich erwartete Kontamination in Volumen.....	45
Tabelle 4 — Leitlinie für Unterdruckwerte.....	48
Tabelle 5 — Leitfaden für Luftwechselraten entsprechend allgemeiner Kontaminationsrisiken (Klasse C).....	52
Tabelle 6 — Leitfaden für Luftwechselraten für Räume in Abhängigkeit davon, ob bei Routineabläufen Personal in den Räumen anwesend ist oder nicht.....	53
Tabelle 7 — Anleitung für die Temperaturbeständigkeit von Sicherheitskomponenten.....	64
Tabelle A.1 — Klassifizierung von Räumen für Tritiumfusionsanlagen.....	84
Tabelle A.2 —Typische informative Beispiele für Räume mit ständiger Kontamination und Kontamination im Störfall, an der Aerosole und Tritium beteiligt sind.....	85
Tabelle A.3 — Empfohlene Lüftungsanordnungen für verschiedene Einschlussklassen.....	87
Tabelle C.1 — Beispiele für Sicherheitsklassifizierungen	95
Tabelle D.1 —Typische Werte der Leckdichtheit für die Eindämmung und Lüftung von Räumen und Gebäuden hinsichtlich der Kontaminationsrisiken und Druckdifferenzen in Routine- oder Störfallsituationen	98
Tabelle D.2 — Typische Werte für Leckraten in Zusammenhang mit Containment und Lüftungskomponenten.....	100
Tabelle E.1 — Allgemeiner Vergleich der Filterklassifizierung nach neuen Normen	103
Tabelle E.2 — a) Filterklassifizierung: Zulässige Filterklassen (5/10 Abscheidegrad des Filters)	105
Tabelle E.2 — b) Filterklassifizierung: Zulässige Filterklassen (1/10 Abscheidegrad des Filters)	106