

	DIN EN 15089	
ICS 13.230	Entwurf	Einsprüche bis 2024-09-05 Vorgesehen als Ersatz für DIN EN 15089:2009-07
Explosions-Entkopplungssysteme; Deutsche und Englische Fassung prEN 15089:2024 Explosion isolation systems; German and English version prEN 15089:2024 Systèmes d’isolement d’explosion; Version allemande et anglaise prEN 15089:2024 Anwendungswarnvermerk Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2024-07-05 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Weil das beabsichtigte Dokument 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 nasg@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 Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin. Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen. Gesamtumfang 145 Seiten DIN-Normenausschuss Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG)		

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist xxxx-xx-xx.

Nationales Vorwort

Diese Norm enthält sicherheitstechnische Festlegungen.

Das Dokument prEN 15089:2024 wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 305 „Explosionsfähige Atmosphären – Explosionsschutz“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 095-02-01 AA „Explosionsschutzeinrichtungen (außer Flammendurchschlagsicherungen)“ im DIN-Normenausschuss Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG).

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 4225:2020	siehe	DIN ISO 4225:2020-10
ISO 6184-2:1985	siehe	DIN EN 26184-2:1991-06

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 15089:2009-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Norm restrukturiert und aktualisiert;
- b) redaktionelle Überarbeitung des Anwendungsbereichs;
- c) Begriffe aktualisiert;
- d) Anforderungen im Hinblick auf Umweltaspekte hinzugefügt;
- e) experimentelle Prüfung der Wirksamkeit von Explosions-Entkopplungssystemen aktualisiert;
- f) Anweisungen aktualisiert;
- g) Kennzeichnung aktualisiert;
- h) die ursprünglichen Abschnitte „Explosions-Entkopplungssysteme“ und „Anforderungen an Explosions-Entkopplungssysteme“ wurden in einem neuen Unterabschnitt „Anforderungen an Explosions-Entkopplungssysteme“ zusammengeführt;
- i) der Abschnitt „Systemgestaltung“ wurde entfernt;
- j) fünf informative Anhänge wurden hinzugefügt: „Beispiel für die Validierung eines Modells“, „Zusammenstellung von Parametern, die die Leistung des Explosions-Entkopplungssystems beeinflussen“, „Informationen zur Funktionssicherheit“, „Sperrvorrichtung für Zellenradschleusen“ und „Anleitung zur Analyse für die Auswahl von Explosions-Entkopplungssystemen“

k) Anhang zu Umgebungsaspekten.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 26184-2:1991-06, *Explosionsschutzsysteme; Teil 2: Bestimmung der Explosionskenngößen von brennbaren Gasen in Luft (ISO 6184-2:1985); Deutsche Fassung EN 26184-2:1991*

DIN ISO 4225:2020-10, *Luftbeschaffenheit — Allgemeine Gesichtspunkte — Begriffe (ISO 4225:2020)*

Explosions-Entkopplungssysteme

Explosion isolation systems

Systèmes d'isolement d'explosion

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
4 Anforderungen an Explosions-Entkopplungssysteme	9
4.1 Allgemeines	9
4.1.1 Arten von Explosions-Entkopplungssystemen	9
4.1.2 Explosionsschutzventil (aktiv oder passiv) – F&D	9
4.1.3 Löschmittelsperre (aktiv) – F	10
4.1.4 Zellenradschleuse (passiv) – F&D	10
4.1.5 Explosionsgeschützte Taktschleuse (passiv) – F&D	10
4.1.6 Explosionsschlotte, Explosions-Entkopplungsklappenventile und Flammensperren	10
4.2 Wesentliche Anforderungen	10
4.2.1 Allgemeines	10
4.2.2 Zusätzliche Anforderungen an aktive Systeme	11
4.3 Funktionale Sicherheit	13
5 Umgebungsaspekte	14
6 Auswahl und Bemaßung von Explosions-Entkopplungssystemen	14
6.1 Allgemeines	14
6.2 Zusätzliche Auswahlanforderungen	14
6.2.1 Explosionsfeste Gestaltung für den maximalen Explosionsdruck – mechanische Sperren	14
6.2.2 Druckentlastung – Entkopplung	14
6.2.3 Unterdrückung – Entkopplung	15
7 Experimentelle Prüfung der Wirksamkeit von Explosions-Entkopplungssystemen	15
7.1 Allgemeines	15
7.2 Spezielle Gase und Stäube	15
7.3 Prüfmodule	16
7.3.1 Allgemeines	16
7.3.2 Modul B: Prüfung auf Explosionsfestigkeit	17
7.3.3 Modul A: Funktionsprüfung	18
7.3.4 Modul C: Verifizierung von Gestaltungsverfahren	35
7.4 Prüfbericht	37
8 Anleitung	38
9 Kennzeichnung	39
9.1 Allgemeines	39
9.2 Kennzeichnung von Bauteilen eines Explosions-Entkopplungssystems	39
9.3 Kennzeichnung des Explosions-Entkopplungssystems	41
9.4 Auslassen der Kennzeichnung	41
Anhang A (informativ) Beispiel für die Validierung eines Modells	42
Anhang B (informativ) Verifizierung von Gestaltungsverfahren	44
B.1 Gestaltung auf der Grundlage der Auswertung von Prüfergebnissen	44
B.2 Mathematisches Modell	45
B.2.1 Allgemeines	45
B.2.2 Phänomenologische Modelle	45
B.2.3 Programme für die Vorausberechnung auf Grundlage der numerischen Strömungssimulation (CFD, en: computational fluid dynamics)	47
B.2.4 Validierung mathematischer Modelle	47
Anhang C (informativ) Zusammenstellung von Parametern, die die Leistung des Explosions-Entkopplungssystems beeinflussen	49
Anhang D (informativ) Informationen zur Funktionssicherheit	58
Anhang E (informativ) Sperrvorrichtung für Zellenradschleusen	60

Anhang F (informativ) Anleitung zur Analyse für die Auswahl von Explosions-Entkopplungssystemen	61
Anhang G (informativ) Umgebungsaspekte	68
G.1 Materialien	68
G.2 Unterdrückungsmittel	68
G.3 Stellteile und sonstige Komponenten	68
Anhang H (informativ) Wesentliche Änderungen zwischen diesem Dokument und EN 15089:2009	69
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Richtlinie 2014/34/EU	71
Literaturhinweise	73

Bilder

Bild 1 — Prüfanordnung für die Prüfung auf Explosionsfestigkeit	18
Bild 2 — Prüfanordnung für die Funktionsprüfung passiver Explosionsschutzventile	20
Bild 3 — Prüfanordnung für die Funktionsprüfung aktiver Entkopplungsventile	23
Bild 4 — Prüfanordnung zur Funktionsprüfung von Löschmittelsperren	26
Bild 5 — Prüfanordnung zur Funktionsprüfung von Zellenradschleusen	29
Bild 6 — Axiale Freiraumleckage der Zellenradschleuse	30
Bild 7 — Radiale Freiraumleckage der Zellenradschleuse	31
Bild B.1 — Beispiel für die Interpolation des minimalen und maximalen Abstands eines aktiven Explosionsschutzventils für Gehäusevolumen zwischen 1 m^3 und 10 m^3 , Auslösevorrichtung: Druckerkennung am Gehäuse ($p_a = 0,1\text{ bar}$)	44
Bild B.2 — Auswirkung der Zündortlage, des Detektionssystems und des K -Wertes auf den minimalen Einbauabstand	47
Bild E.1 — Beispiel für eine Zellenradschleuse mit 12 Räumen	60

Tabellen

Tabelle 1 — Art der Module in Abhängigkeit von der Art des Entkopplungssystems	17
Tabelle 2 — Prüfbedingungen für die Verifizierung/Bestimmung der Funktionalität und der Einbauabstände	21
Tabelle 3 — Lage der für die Verifizierung/Bestimmung des minimalen und maximalen Einbauabstands zu verwendenden Zündquelle, wenn nur ein Sensortyp verwendet wird	24
Tabelle 4 — Lage der für die Verifizierung/Bestimmung des minimalen und maximalen Einbauabstands zu verwendenden Zündquelle, wenn nur ein Sensortyp verwendet wird	27
Tabelle 5 — Prüfparameter, Lage der Zündquelle und Zündverzugszeit Lage der Zündquelle: In der Mitte des Gefäßes auf der gleichen Höhe wie die Zellenradschleuse	31
Tabelle 6 — Parameter, die auf die Konstruktion/den Einbauabstand einer Entkopplungseinrichtung Auswirkungen haben werden	36
Tabelle A.1 — Beispiel-Datensatz für die Validierung eines Gestaltungsverfahrens; Parameter: Flammenankunftszeit, Druck am Gerät	42
Tabelle A.2 — Beispiel-Datensatz für die Validierung eines Gestaltungsverfahrens; Parameter: Druckimpulsdauer/Dauer der Löschmittelsperre	43
Tabelle C.1 — Ungünstigstes Szenario für passive (mechanische) Explosions-Entkopplungssysteme (siehe Bild 2)	50
Tabelle C.2 — Ungünstigstes Szenario für aktive (mechanische) Explosions-Entkopplungssysteme (siehe Bild 3)	53
Tabelle C.3 — Ungünstigstes Szenario für chemische Explosions-Entkopplungssysteme (siehe Bild 4)	56
Tabelle F.1 — Beschränkungen der Anwendungsart	61
Tabelle F.2 — Erforderliche Angaben zu physikalischen Eigenschaften an der angeschlossenen Einrichtung	63

E DIN EN 15089:2024-08
prEN 15089:2024 (D)

Tabelle F.3 — Erforderliche Angaben zu Prozessbedingungen	64
Tabelle F.4 — Erforderliche Angaben zu Entkopplungseinrichtungen	66
Tabelle H.1 — Wesentliche Änderungen gegenüber EN 15089:2009	69
Tabelle ZA.1 — Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und der Richtlinie 2014/34/EU	71

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 15089:2024) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 305 „Explosionsfähige Atmosphären – Explosionsschutz“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 15089:2009 ersetzen.

Anhang H enthält die maßgeblichen Änderungen zwischen diesem Dokument und EN 15089:2009.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Normungsauftrages erarbeitet, den die Europäische Kommission CEN erteilt hat. Der Ständige Ausschuss der EFTA-Staaten genehmigt anschließend diese Aufträge für die Mitgliedsstaaten.

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

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt die allgemeinen Anforderungen an Explosions-Entkopplungssysteme. Ein Explosions-Entkopplungssystem ist ein autonomes Schutzsystem, das dazu dient, die Ausbreitung einer Explosionsdruckwelle und einer Flamme oder nur einer Flamme über Verbindungsöhre oder -kanäle in andere Teile der Apparatur oder Anlagenbereiche zu verhindern.

Dieses Dokument legt darüber hinaus Verfahren zur Bewertung der Wirksamkeit von verschiedenartigen Explosions-Entkopplungssystemen und Verfahren für die Beurteilung von Auslegungshilfen für derartige Explosions-Entkopplungssysteme bei der praktischen Anwendung fest.

Dieses Dokument legt zudem die Kriterien für alternative Prüfverfahren und Interpretationsmittel zur Bestätigung der Wirksamkeit von Explosions-Entkopplungssystemen fest.

Dieses Dokument behandelt keine Flammendurchschlagsicherungen, Explosionsschlote und Explosions-Entkopplungsklappenventile. Für diese Vorrichtungen wird auf EN ISO 16852:2016¹, EN 16020:2011 bzw. EN 16447:2014 verwiesen.

Diese Norm behandelt z. B.:

- a) allgemeine Anforderungen an Bauteile zur Explosions-Entkopplung;
- b) Bewertung der Wirksamkeit eines Explosions-Entkopplungssystems;
- c) Bewertung von Auslegungshilfen für Explosions-Entkopplungssysteme.

Dieses Dokument gilt nur für die Anwendung von Explosions-Entkopplungssystemen, die zum Vermeiden einer Explosionsübertragung zwischen miteinander verbundenen Anlagen vorgesehen sind, in denen eine Explosion als Folge einer Entzündung eines explosionsfähigen Gemisches, z. B. Staub/Luft-Gemische, Gas-(Dampf-)Luft-Gemische, Staub-Gas-(Dampf-)Luft-Gemische und Nebel, eintreten kann. Es ist nicht für Detonationsereignisse anwendbar.

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).

EN 1127-1:2019, *Explosionsfähige Atmosphären — Explosionsschutz — Teil 1: Grundlagen und Methodik*

prEN 13237:2022, *Explosionsgefährdete Bereiche — Begriffe für Geräte und Schutzsysteme zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen*

EN 14034-1:2004+A1:2011, *Bestimmung der Explosionskenngrößen von Staub/Luft-Gemischen — Teil 1: Bestimmung des maximalen Explosionsdruckes p_{max} von Staub/Luft-Gemischen*

EN 14034-2:2006+A1:2011, *Bestimmung der Explosionskenngrößen von Staub/Luft-Gemischen — Teil 2: Bestimmung des maximalen zeitlichen Druckanstiegs $(dp/dt)_{max}$ von Staub/Luft-Gemischen*

EN 14373:2021, *Explosions-Unterdrückungssysteme*

EN 14460:2018, *Explosionsfeste Geräte*

¹ Wird durch EN ISO/IEC 80079-49:2024 ersetzt.

EN 15233:2007, *Methodik zur Bewertung der funktionalen Sicherheit von Schutzsystemen für explosionsgefährdete Bereiche*

EN 15967:2022, *Verfahren zur Bestimmung des maximalen Explosionsdruckes und des maximalen zeitlichen Druckanstieges für Gase und Dämpfe*

EN 16020:2011, *Explosionsschlote*

EN 16447:2014, *Rückschlagklappen zur explosionstechnischen Entkopplung*

EN 61508:2010 (alle Teile), *Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme (IEC 61508:2010)*

EN ISO 13849-1:2015, *Sicherheit von Maschinen — Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen — Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze (ISO 13849-1:2015)*

EN ISO 13849-2:2012, *Sicherheit von Maschinen — Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen — Teil 2: Validierung (ISO 13849-2:2012)*

EN ISO 16852:2016, *Flammendurchschlagsicherungen — Leistungsanforderungen, Prüfverfahren und Einsatzgrenzen (ISO 16852:2016)²*

EN ISO 80079-36:2016, *Explosionsfähige Atmosphären — Teil 36: Nicht-elektrische Geräte für den Einsatz in explosionsfähigen Atmosphären — Grundlagen und Anforderungen (ISO 80079-36:2016)³*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach prEN 13237:2022, EN 14373:2021, EN 14460:2018 und EN ISO 16852:2016 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 <https://www.electropedia.org/>

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

3.1

Anzeigeeinrichtung

IE, en: indicating equipment

Explosionsschutzeinrichtung, die den Zustand von Explosionssensoren/-detektoren und Explosionsschutzgeräten anzeigt

3.2

kohlenstoffhaltig

bezieht sich auf jedes organische Material, das große Mengen an Kohlenstoff enthält, wie etwa Holzkohle, Kohle, Koks, Kohlenschwarz, Lignin einschließlich Kohlenstoffnanoröhrchen (CNT, en: carbon nanotubes), Graphen und Aktivkohle (AC, en: activated carbon)

3.3

Schließdauer

Zeit, die zum Schließen einer Entkopplungseinrichtung benötigt wird

2 Wird durch EN ISO/IEC 80079-49:2024 ersetzt.

3 Korrigiert durch EN ISO 80079-36:2016/AC:2019.

3.4

Schließdauer des Systems

Summe von Sensoraktivierungsdauer, Aktivierungsdauer der Entkopplungseinrichtung und Schließdauer der Entkopplungseinrichtung

3.5

Explosionsschlot

mechanisches Gerät, das die Explosion in einen sicheren Bereich ableitet

Anmerkung 1 zum Begriff: Es verhindert Flammenstrahlzündung und Vorkompression, kann aber eine Explosionsübertragung nicht sicher vermeiden, siehe EN 16020.

3.8

Explosions-Entkopplungsventil

Schnellschlussventil, das die Ausbreitung von Explosionen durch Rohrleitungen aufhalten kann

3.9

explosionsgeschützte Taktschleuse

Gerät, das in geschlossener Stellung als Entkopplungsventil dient

3.10

Löschmittelsperre

System, das zum Ausstoßen eines Unterdrückungsmittels in das Leitungsnetz dient, um eine Flamme zu stoppen und an einer Ausbreitung in andere Verfahrens-/Anlagenbereiche zu hindern

3.11

Unterdrückungsmittel

Behälter mit Öffnungsmechanismus, der bei Auslösung ein Explosions-Unterdrückungsmittel in ein Leitungsnetz ausstoßen kann

3.12

Explosionsdetektor

Gerät, das auf eine Explosion anspricht (z. B. sich entwickelnder Druck und/oder Strahlung) und ein Erkennungssignal an die Steuer- und Anzeigeeinrichtung ausgibt

3.13

Flammengeschwindigkeit

S_f

Geschwindigkeit der Flammenfront im Verhältnis zu einem festen Bezugspunkt

3.14

Einbauabstand

L

Abstand zwischen dem Austritt eines Gehäuses und dem Entkopplungssystem

3.15

maximaler Einbauabstand

$L_{\max}$

längster Abstand vom Ausgang des Gehäuses mit der potentiellen Explosion zum Entkopplungssystem, bei dem die Explosionsfestigkeit der Entkopplungseinrichtung und der Rohrleitung noch nicht überschritten wird und zudem eine erfolgreiche Entkopplung sichergestellt ist

3.16

minimaler Einbauabstand

$L_{\min}$

kürzester Abstand vom Ausgang des Gehäuses mit der potentiellen Explosion zum Entkopplungssystem, der eine erfolgreiche Entkopplung sicherstellt

3.17

Löschabstand

L_E

hinter einer Löschmittelsperre notwendige Abstand, um eine angemessene Entkopplung der Flamme einer Explosion sicherzustellen

3.18

Sperraktivitätsabstand

L_{chem}

Gesamtabstand gegeben durch die Summe des Installationsabstands und des Löschabstands

3.19

Ansprechdauer

zum Auslösen des Systems nach einer Explosionserkennung erforderliche Zeit

3.20

geschützter Bereich

Bereich hinter der Entkopplungseinrichtung gegenüber der Zündquelle

3.21

$p_{duct, max}$

maximaler Explosionsüberdruck, gemessen direkt vor der Explosions-Entkopplungseinrichtung

3.22

NSW (Staub)

Normspaltweite für Stäube, berechnet aus MZE und MZT

3.23

Explosionsdauer

Zeitraum zwischen der Zündung und dem Zeitpunkt des Erreichens des konstanten Atmosphärendrucks

4 Anforderungen an Explosions-Entkopplungssysteme

4.1 Allgemeines

4.1.1 Arten von Explosions-Entkopplungssystemen

Es gibt verschiedene Arten von Explosions-Entkopplungssystemen. Sie stoppen entweder die Flammen oder die Flammen und den Druck.

Flamme (F): Ziel ist, die Ausbreitung von Flammen über die Entkopplungseinrichtung in den geschützten Bereich hinaus zu verhindern.

Druck (P): Ziel ist, die Ausbreitung der Druckwelle über die Entkopplungseinrichtung hinaus in den geschützten Bereich zu verhindern.

Explosions-Entkopplungssysteme mindern die Auswirkungen des Explosionsdrucks oder der Flamme, verhindern jedoch nicht die Übertragung von heißen oder brennenden Partikeln vor oder nach einer Explosion.

4.1.2 Explosionsschutzventil (aktiv oder passiv) – F&D

Um die Flammen- und schädliche Druckstoßausbreitung in Rohrleitungen/Kanälen zu unterbinden, dürfen Ventile oder Schieber verwendet werden, die in einer hinreichend kurzen Zeit schließen. Das Schließen kann durch Auslösemechanismen bewirkt werden, die von Flammen- oder Druckdetektoren oder einer Kombination von beiden oder dem Explosionsüberdruck selbst ausgelöst werden.

ANMERKUNG Explosionsschutzventile brauchen nicht gasdicht zu sein.

4.1.3 Löschmittelsperre (aktiv) – F

Das Löschmittel wird in die Leitung/den Kanal dispergiert, um die Flammen zu löschen. Das Löschmittel muss für die spezifische explosionsfähige Atmosphäre entsprechend dem bestimmungsgemäßen Gebrauch geeignet sein.

4.1.4 Zellenradschleuse (passiv) – F&D

Die Wirksamkeit der Zellenradschleuse auf Flammendurchschlagsicherheit und ihre Explosionsfestigkeit müssen nachgewiesen sein. Je nach Anzahl der Rotorscheufeln, der Spaltweite und der Spaltlänge kann ein Flammendurchschlag verhindert werden.

Bei Erkennung einer Explosion sollte die Zellenradschleuse automatisch gestoppt werden, um die Übertragung von brennendem Material zu verhindern.

ANMERKUNG 2 Zellenradschleusen sind nicht gasdicht.

4.1.5 Explosionsgeschützte Taktschleuse (passiv) – F&D

Explosionsfeste Gehäuse können durch mindestens zwei in Reihe angeschlossene explosions sichere Prozessventile geschützt werden. Mittels angemessener Überwachung muss sichergestellt sein, dass immer mindestens eines der Ventile geschlossen ist.

Nach Erkennen einer Explosion sollte die explosionsgeschützte Taktschleuse automatisch geschlossen werden.

4.1.6 Explosionsschlote, Explosions-Entkopplungsklappenventile und Flammensperren

Die Explosionsschlote, Explosions-Entkopplungsklappenventile und Flammensperren werden in separaten Normen behandelt (siehe EN 16020:2011, EN 16447:2014 und EN ISO 16852:2016⁴).

4.2 Wesentliche Anforderungen

4.2.1 Allgemeines

- Explosions-Entkopplungssysteme müssen verhindern, dass sich eine Explosionsflamme über Verbindungsleitungen oder Kanäle von einem Teil der Anlage in andere Teile oder Werksbereiche ausbreitet.
- Durch das installierte System oder jegliche seiner Komponenten dürfen keine Zündgefahren entstehen, wie etwa durch elektrostatische Entladung, mechanische Reibung, elektrische Funken, heiße Oberflächen oder heiße Gase (nach EN 1127-1:2019).
- Das Explosions-Entkopplungssystem muss eine definierte Zuverlässigkeit für Sicherheitsfunktionen unter den Prozessbedingungen entsprechend dem bestimmungsgemäßen Gebrauch haben (nach EN ISO 80079-36:2016).
- Das Entkopplungssystem muss den Lasten jeder Explosion, die entsprechend seinem bestimmungsgemäßen Gebrauch erwartet werden können, widerstehen, ohne seine Fähigkeit seine Sicherheitsfunktion zu erfüllen, zu verlieren. Die Konstruktion kann explosionsdruckfest oder explosionsdruckstoßfest nach EN 14460:2018 sein.
- Der auf die Explosions-Entkopplungseinrichtung einwirkende Explosionsdruck darf höher sein als der (reduzierte) Explosionsdruck des entkoppelten Gefäßes infolge der Flammenbeschleunigung durch Leitungsnetze und Reflexionen.

4 Wird durch EN ISO/IEC 80079-49:2024 ersetzt.

- Installationsanleitungen, Wartungs- und Instandhaltungsanforderungen und -intervalle müssen in der Systemdokumentation angegeben werden (siehe Abschnitt 7).

4.2.2 Zusätzliche Anforderungen an aktive Systeme

4.2.2.1 Explosionsdetektor

Der Explosionsdetektor muss das Einsetzen der Explosion oder den Durchgang der Flamme erkennen und dies der CIE rechtzeitig mitteilen, um eine erfolgreiche Entkopplung zu erreichen.

ANMERKUNG 1 Erkennungsverfahren können z. B. auf statischem Druck, der Druckanstiegsrate und/oder Strahlung basieren.

Wenn Berstscheiben, Druckentlastungspaneele oder Explosionsklappen mit Schaltern oder Unterbrechungsklappen ausgestattet sind, die ein Entkopplungssystem auslösen, muss die Toleranz des Aktivierungsdrucks der Druckentlastungseinrichtung bei der Gestaltung des Explosions-Entkopplungssystems berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 2 Die Leistung von Explosionsdetektoren hängt von der Ansprechdauer des Detektors von den Erkennungskriterien ab.

4.2.2.2 Steuer- und Anzeigeeinrichtung (CIE)

Die CIE steuert aktiv den Betrieb der Schutzeinrichtung und liefert eine Zustandsanzeige der Einrichtung, und ist deshalb für die ordnungsgemäße Arbeitsweise der Einrichtung oder des Systems entscheidend.

Steuer- und Anzeigeeinrichtungen (CIE) müssen eine definierte Zuverlässigkeit nach EN 61508:2010 aufweisen und die Funktionalität des Explosions-Entkopplungssystems sicherstellen, indem sie:

- Erkennungssignale verarbeiten;
- die Entkopplungseinrichtung auslösen;
- Verriegelungseinrichtungen/Alarmsignale auslösen;
- eine sichere brandschutztechnische Entkopplung ermöglichen;
- einen automatischen und ordnungsgemäßen sicheren Modus des geschützten Prozesses bei Auslösung oder bei einem Fehler/einer Störung ermöglichen.

4.2.2.3 Notstrom

Notstrom muss so festgelegt und ermöglicht werden, dass ein vollständiger unterbrechungsfreier Explosionsschutz für mindestens vier Stunden nach einem Stromausfall sichergestellt ist, damit die CIE Folgendes ausführen kann:

- 1) Stromversorgung aller Erkennungseinrichtungen;
- 2) Einschalten elektrisch betätigter Betätigungseinrichtungen;
- 3) Auslösen aller optischen und akustischen Alarmer;
- 4) Übertragen aller Hilfssteuerungs- und Alarmkontakte;
- 5) Deaktivierung der Verriegelung des Steuerungssystems und Abschalten aller Stromkreise;
- 6) Bereitstellung von Verriegelungen/Alarmen, um einen Stromausfall anzuzeigen.

E DIN EN 15089:2024-08
prEN 15089:2024 (D)

Eine Notstromversorgung ist nicht erforderlich, wenn sich das Entkopplungsventil (Schnellschlussventil) nach einem Stromausfall in einem ausfallsicheren Modus automatisch schließt.

4.2.2.4 Löschmittelsperren

4.2.2.4.1 Allgemeines

Anders als mechanische Entkopplungseinrichtungen sind Löschmittelsperren von Natur aus transient, da die Dauer und der Druck der auslösenden Explosion dazu führen kann, dass die Löschmittelsperre von der Verbindung weg gespült wird.

Aus diesem Grund gelten spezielle Beschränkungen bei der Gestaltung für das Konzept der Explosionsentkopplung, wenn Löschmittelsperren eingesetzt werden. Ihr Einsatz ist üblicherweise auf Anwendungen begrenzt, bei denen der/die Quellbehälter durch Druckentlastung oder Unterdrückung, jedoch üblicherweise nicht durch Eindämmung geschützt werden.

Da Löschmittelsperren vorübergehend sind, erhöhen Szenarien, in denen die Explosion früh erkannt oder der Explosionsdruckimpuls sehr lang ist, das Risiko, dass die Flamme den Ort der Sperre überwinden kann und daher gelten einige Beschränkungen hinsichtlich der Anwendbarkeit spezifischer Hardware- und Prozess-/Anlagenszenarien.

4.2.2.4.2 Unterdrückungseinrichtungen

Unterdrückungseinrichtungen müssen ausreichend Unterdrückungsmittel in den Kanal einspeisen, um eine effektive Sperre innerhalb der erforderlichen Zeit und für die nötige Dauer herzustellen. Die Löschmittelsperre ist wirksam, solange die Mindestabschnittsdichte des Unterdrückungsmittels aufrecht erhalten wird.

ANMERKUNG Die Leistungsfähigkeit der Unterdrückungsmittelbehälter hängt mindestens von den folgenden Parametern ab:

- Volumen, Form und Auslassdurchmesser der Unterdrückungseinrichtung;
- Füllungsgrad und Druck in der Unterdrückungseinrichtung;
- Öffnungszeit der Unterdrückungseinrichtung.

4.2.2.4.3 Dispersionsbaugruppe

Die Dispersionsbaugruppe (Düse, Schlauch) muss das Unterdrückungsmittel im Leitungsnetzwerk verteilen, um die erforderliche Ausstoßweite und räumliche Verteilung/Konzentration zu erreichen.

ANMERKUNG Die Leistungsfähigkeit der Verteildüse hängt mindestens von den folgenden Parametern ab:

- Gestaltung der Düse;
- Eigenschaften der Unterdrückungseinrichtung und des Unterdrückungsmittels;
- Länge und Durchmesser des Schlauchs.

Je nach bestimmungsgemäßem Gebrauch können spezifische Verteildüsen mit bestimmten Leistungswerten verwendet werden, etwa um eine starke gerichtete Wirkung zu erzielen.

4.2.2.4.4 Unterdrückungsmittel

Das Unterdrückungsmittel muss Verteil- und Löscheigenschaften aufweisen, die das Löschen einer Flamme für einen bestimmungsgemäßen Gebrauch ermöglichen.

ANMERKUNG Merkmale, die diese Eigenschaften beeinflussen, sind unter anderem:

- die Partikel-/Tröpfchengrößenverteilung;
- chemische und thermische Eigenschaften.

Neben der Wirksamkeit des verwendeten Unterdrückungsmittels muss dessen Kompatibilität mit dem Prozess berücksichtigt werden:

- Temperaturstabilität;
- jede nachteilige Reaktion mit den Produkten des Prozesses;
- Toxizitätsgrade des Unterdrückungsmittels.

4.3 Funktionale Sicherheit

In sämtlichen Stadien der Gestaltung sind systematische und durchschaubare Systemanalysen vorzunehmen, um potentielle Fehler zu vermeiden. Dieser methodische und umfassende Gestaltungsansatz stellt einen klar festgelegten funktionalen Sicherheitsgrad sicher.

Je nach spezifischer Anwendungsart muss eine erste Identifizierung des erforderlichen Sicherheitsgrads und der resultierenden Sicherheitsfunktionen für das Explosions-Entkopplungssystem, gefolgt von einer Beurteilung der funktionalen Sicherheit vorgenommen werden (siehe Anhang D für weitere Informationen).

Die Zuverlässigkeit des Entkopplungssystems muss von dem Hersteller nach EN 61508:2010 und EN ISO 13849-1:2015 und EN ISO 13849-2:2012, sofern zutreffend, quantifiziert werden.

Die Mindestanforderungen müssen die Überwachung des Folgenden beinhalten:

- a) Stromkreise auf Durchgang, Erdschlüsse und Unterbrechungen;
- b) Netzstromversorgung;
- c) Notstromversorgung;
- d) Schaltkreise der Verriegelungseinrichtungen für die Systemsicherheit;
- e) Schaltkreise der Verriegelungseinrichtungen für die Systemdeaktivierung;
- f) elektrisch betätigte Betätigungseinrichtungen;
- g) Erkennungseinrichtungen;
- h) Überwachung des Zustands der Entkopplungseinrichtung (z. B. Druck von Unterdrückungseinrichtungen).

Darüber hinaus muss die funktionale Sicherheit nach EN 15233:2007 beurteilt werden, sofern zutreffend. Dabei müssen mindestens die folgenden Aspekte betrachtet werden:

- 1) Konstruktionsfehler der Hardware;
- 2) ungünstige Umgebungsbedingungen, einschließlich elektromagnetischer Störungen;
- 3) Konstruktionsfehler der Software.

Bei einem nicht identifizierten Fehler, bei dem die Sicherheitsfunktion des Systems auf dem vereinbarten Niveau der Sicherheitsintegrität nicht sichergestellt werden kann, muss das Entkopplungssystem ein ausfallsichereres Mittel bieten, um die Anlage in einen sicheren Zustand zu überführen.

Die Zuverlässigkeit und funktionale Sicherheit der mechanischen Teile müssen entsprechend der Anwendung beurteilt werden. Die regelmäßige Instandhaltung muss im Verhältnis zu der Anwendung beschrieben werden.

5 Umgebungsaspekte

Es müssen Vorkehrungen getroffen werden, um die Auswirkung der Entkopplungseinrichtungen auf die Umgebung zu begrenzen. Weitere Informationen können Anhang G entnommen werden.

6 Auswahl und Bemaßung von Explosions-Entkopplungssystemen

6.1 Allgemeines

Für die Auswahl und Bemaßung eines Explosions-Entkopplungssystems ist es sehr wichtig, dass eine ausführliche Analyse durchgeführt wird, die alle relevanten Eigenschaften und Bedingungen entsprechend dem bestimmungsgemäßen Gebrauch berücksichtigt. Diese Analyse muss mindestens Folgendes umfassen:

- Durchflussbedingungen (Luftstrom oder nicht, Impuls-Durchfluss oder nicht);
- Beschränkungen der physikalischen Eigenschaften angeschlossener Einrichtungen, wo die Entkopplungseinrichtung installiert werden muss (mechanische Festigkeit, volumengeschütztes Gefäß, Anwesenheit von Leitungsbögen usw.);
- vorherrschende Prozessbedingungen (Temperatur, Druck, Produkt usw.);
- Art der Entkopplungseinrichtung (Löschmittelsperre, aktive Entkopplungsventile usw.);
- Instandhaltungsmöglichkeiten (Zugänglichkeit, Technologie, Kompetenz usw.).

Anhang F enthält eine ausführliche Anleitung zu diesen Aspekten und der Auswahl der Merkmale eines Explosions-Entkopplungssystems.

6.2 Zusätzliche Auswahlanforderungen

6.2.1 Explosionsfeste Gestaltung für den maximalen Explosionsdruck – mechanische Sperren

Die Explosionsentkopplung explosionsfester Einrichtungen, die dafür ausgelegt sind, dem maximalen Explosionsdruck zu widerstehen, erfolgt üblicherweise mithilfe mechanischer Barrieren. Für diese darf die Explosion ungehindert ablaufen, hoher Druck und hohe Temperaturen bleiben im eingeschlossenen System für einen langen Zeitraum erhalten. Aus diesem Grund muss/müssen das Entkopplungssystem/die mechanischen Sperren in der Lage sein, Folgendem zu widerstehen:

- a) durch explosionsfeste Gestaltung den höchsten bis zur Stelle der Entkopplung auftretenden Drücken;
- b) der Wärmebeanspruchung.

Die Wirksamkeit der Sperre muss während der Dauer der Explosion aufrechterhalten werden.

6.2.2 Druckentlastung – Entkopplung

Im Fall der Anwendung der Druckentlastung in Kombination mit mechanischen Sperren als Entkopplungssystem müssen die Sperren Folgendem widerstehen können:

- a) den höchsten Drücken bis zur Position der Sperre,
- b) falls zutreffend, der Wärmebeanspruchung,

und die Wirksamkeit der Sperre muss während der Dauer der Explosion aufrechterhalten werden.

Bei Anwendung der Löschmittelsperren in Kombination mit der Druckentlastung als Entkopplungssystem müssen auch das Leitungsnetz und andere Einrichtungen hinter der Sperre Folgendem widerstehen können:

- a) den höchsten durch eine Explosion erzeugten Drücken;
- b) der Wärmebeanspruchung, sofern zutreffend.

Hinter der Sperre muss ein ausreichender Abstand bestehen, um eine vollständige Löschung der Flamme sicherzustellen.

6.2.3 Unterdrückung – Entkopplung

Im Fall der Anwendung der Explosionsunterdrückung in Kombination mit mechanischen Sperren als Entkopplungssystem müssen die Sperren Folgendem widerstehen können:

- a) den höchsten Drücken bis zur Position der Sperre;
- b) falls zutreffend, der Wärmebeanspruchung;

und die Wirksamkeit der Sperre muss während der Dauer der Explosion aufrechterhalten werden.

Bei Anwendung der Löschmittelsperren in Kombination mit Unterdrückung als Entkopplungssystem müssen auch das Leitungsnetz und andere Einrichtungen hinter der Sperre Folgendem widerstehen können:

- d) den höchsten durch eine Explosion erzeugten Drücken;
- e) der Wärmebeanspruchung, sofern zutreffend.

Hinter der Sperre muss ein ausreichender Abstand bestehen, um eine vollständige Löschung der Flamme sicherzustellen.

Üblicherweise werden die Detektion und die CIE eines Explosionsunterdrückungssystems gleichzeitig dazu verwendet, um aktive Entkopplungssysteme auszulösen. Ist das nicht der Fall, müssen Vorkehrungen getroffen werden, damit das Entkopplungssystem sachgemäß aktiviert wird.

7 Experimentelle Prüfung der Wirksamkeit von Explosions-Entkopplungssystemen

7.1 Allgemeines

Die Informationen in Abschnitt 5 und der bestimmungsgemäße Gebrauch müssen vor der Prüfung berücksichtigt werden.

7.2 Spezielle Gase und Stäube

Explosions-Entkopplungssysteme dürfen für eine Vielzahl unterschiedlicher Explosionseigenschaften und Prüfbedingungen geprüft und als angemessen betrachtet werden. Es gibt jedoch eine Reihe von Gasen und Stäuben, für die die Anwendung des Explosions-Entkopplungssystems erst nach direkter Prüfung für das spezifische Gas oder den spezifischen Staub möglich ist. Ungeachtet dessen liegen die Explosionseigenschaften dieser Gase und Stäube manchmal in dem Bereich, für den das Explosions-Entkopplungssystem als geeignet gilt. Zu den Gründen hierfür zählen eine Kombination aus geringer Mindestzündenergie und Selbstentzündungstemperatur oder ein Beitrag von Strahlung zu dem Flammenausbreitungsmechanismus.

Explosions-Entkopplungssysteme müssen speziell für die folgenden Gase und Stäube geprüft werden, bevor diese Systeme in einer Anwendung, die einen solchen Staub oder ein solches Gas beinhaltet, eingesetzt werden können:

Gase und Dämpfe

E DIN EN 15089:2024-08
prEN 15089:2024 (D)

- Schwefelkohlenstoff, Acetylen, Ethylenoxid, Silan oder Mischungen dieser Gase oder Mischungen dieser Gase mit anderen Gasen.

Stäube

- Leichtmetalle: Aluminium, Magnesium, Titan, Zirkonium, Hafnium, Tantal, Silikon, Strontium, Calcium und Niobium sowie ähnliche Legierungen;
- Schwefel;
- Kohlestäube;
- alle Mischungen der vorgenannten Stäube.

Hybride Gemische

- alle Mischungen der vorgenannten Gase, Stäube und Dämpfe

Für Leichtmetallstäube muss das System entweder für den in der Anwendung involvierten Staub oder unter Verwendung stärker reagierender Stäube desselben Leichtmetalls geprüft werden. Um die Reaktivität zu beurteilen, muss der K_{St} -Wert der beiden Stäube in derselben Explosionsgefäß-Sphäre (d. h. 20 l-Sphäre oder 1-m³-Gefäß nach EN 14034-2:2006+A1:2011) geprüft werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass die obige Liste keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt. Andere Gase, Dämpfe oder Stäube erfordern unter Umständen eine besondere Betrachtung, wie etwa Eisen.

7.3 Prüfmodule

7.3.1 Allgemeines

Die experimentelle Prüfung besteht aus drei verschiedenen Prüfmodulen:

Modul A: Funktionsprüfung.

Modul B: Prüfung auf Explosionsfestigkeit

Modul C: Verifizierung von Gestaltungsverfahren

Explosions-Entkopplungssysteme müssen immer entsprechend Modul A geprüft werden, da dies die Druckfestigkeitsprüfung (Modul B) und die Prüfung der Flammenübertragung beinhaltet. In Fällen, in denen die Prüfung entsprechend Modul A nicht die Druckfestigkeitsprüfung beinhaltet, kann Modul B separat ausgeführt werden.

ANMERKUNG Modul B wird üblicherweise verwendet, um die Druckfestigkeit im Fall der Prüfung geringfügiger Abweichungen der Gestaltung von Geräten, die bereits dem Modul A unterzogen wurden, zu prüfen.

Modul C muss angewendet werden, wenn die Extrapolation auf Anlagen gewünscht ist, die von dem Prüfaufbau des Moduls A abweichen. Modul C kann nur für passive und aktive Explosionsschutzventile und Löschmittelsperssysteme angewendet werden.

Das Erzeugen und Zünden der explosionsfähigen Atmosphäre wird in EN 14034-1:2004+A1:2011 und EN 14034-2:2006+A1:2011 für Stäube und in EN 15967:2022 für Gase und Dämpfe beschrieben. In Abhängigkeit von den Modulen sind jedoch Abweichungen von diesen genormten Verfahren notwendig. Diese Abweichungen wurden in jedem der Module festgelegt.

Tabelle 1 — Art der Module in Abhängigkeit von der Art des Entkopplungssystems

Art des Entkopplungssystems	Art der Module	
	Modul A: Funktionsprüfung	Modul B: Prüfung auf Explosionsfestigkeit
Passive Entkopplungsventile	X	X
Explosionssichere Taktschleuse	X	X
Aktive Explosionsschutzventile	X	X
Löschmittelsperren	X	—
Zellenradschleusen	X	X

7.3.2 Modul B: Prüfung auf Explosionsfestigkeit

Die Explosionsfestigkeit muss durch eine Explosionsprüfung entsprechend dem folgenden Verfahren bestätigt werden:

1) Prüfanordnung:

Das Explosions-Entkopplungssystem muss in geschlossener Stellung geprüft werden und wird an einem Prüfgefäß nach Bild 1 montiert. Die explosionsfähige Atmosphäre in dem Prüfgefäß und der Verbindungsleitung zu dem Ventil darf von beliebiger Art sein (Gas oder Staub), sofern der erzeugte Druck ausreicht, um das Gerät dem erforderlichen Druck auszusetzen.

2) Prüfanweisung/Aufzeichnungen:

Es wird mindestens der maximale Druck an der Position des Geräts aufgezeichnet. Die Flammenübertragung wird von mindestens einer Kamera aufgezeichnet.

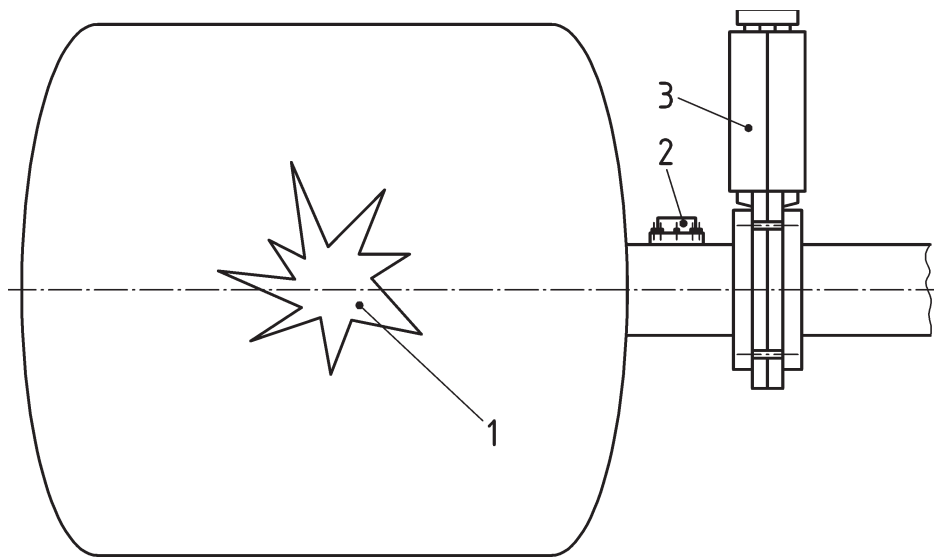
3) Anzahl an Prüfungen:

Mindestens 1 je geprüfter Größe. Für Geräte der gleichen Bauweise (im Hinblick auf geometrische Ähnlichkeiten, Materialspezifikationen, Schweißspezifikationen oder Spezifikationen anderer Verfahren zum Verbinden von Teilen, Wanddicke, Sicherheitsabstand usw.) muss nur die größte Größe geprüft werden.

4) Bewertung:

Bleibende Verformung ist zulässig, vorausgesetzt, das Gerät versagt nicht in seiner Funktionstüchtigkeit und ruft keine gefährlichen Auswirkungen auf die Umgebung hervor. Bei sprödem Material ist keine bleibende Verformung zulässig.

Der aufgezeichnete maximale Druck an der Position des Ventils, korrigiert nach EN 14460:2018.



Legende

- 1 Lage der Zündquelle
- 2 Druckaufnehmer (Pt)
- 3 Entkopplungseinrichtung

Bild 1 — Prüfanordnung für die Prüfung auf Explosionsfestigkeit

7.3.3 Modul A: Funktionsprüfung

7.3.3.1 Allgemeines

Das Hauptziel der Funktionsprüfung besteht in der Beurteilung der Wirksamkeit des Geräts/Systems als Explosions-Entkopplungseinrichtung/-system entsprechend dem bestimmungsgemäßen Gebrauch nach Angabe des Herstellers und der Bestimmung/Verifizierung des minimalen/maximalen Einbauabstands der Entkopplungseinrichtung in Abhängigkeit von dem Erkennungsverfahren (aktive Systeme) oder der funktionalen Gestaltung (passive Systeme).

Explosionsfähige Atmosphären, die die ungünstigsten Bedingungen wiedergeben, müssen in dem Gefäß und der Verbindungsleitung mindestens bis zu der Position der Explosions-Entkopplungseinrichtung während der Prüfung vorhanden sein (Anfangsturbulenz in der Leitung, Brennstoffkonzentration, darf von der optimalen Konzentration in dem geschlossenen Gefäß abweichen, siehe auch Anhang C). Der Prozess der Erzeugung der explosionsfähigen Atmosphäre darf die Funktionalität der Explosions-Entkopplungseinrichtung nicht beeinträchtigen. Die Explosionseigenschaften der in dem Prüfgefäß generierten explosionsfähigen Atmosphäre müssen dem bestimmungsgemäßen Gebrauch entsprechen. Der Prüfaufbau für den Mindest-Einbauabstand muss so sein, dass eine niedrige und hohe Flammengeschwindigkeit und ein niedriger und hoher Druckanstieg behandelt werden.

Eine Möglichkeit, eine hohe Flammengeschwindigkeit und einen hohen Druckanstieg zu erzielen, besteht darin, ein Prüfgefäßvolumen zu verwenden, dass mindestens dem doppelten Volumen der angeschlossenen Leitung bis zum Mindest-Einbauabstand entspricht. Für spezielle Anwendungen mit kleineren Gefäßvolumen sind zusätzliche Prüfungen mit der kleinsten Gefäßgröße entsprechend dem bestimmungsgemäßen Gebrauch erforderlich.

Es muss eine explosionsfähige Atmosphäre mit der Mindestzündenergie und Mindestzündtemperatur K_{St}/K_G , p_{max} entsprechend dem bestimmungsgemäßen Gebrauch eingesetzt werden. Um die ungünstigsten Bedingungen wiederzugeben, muss die explosionsfähige Staub-/Luft- bzw. Gas-/Luft-Mischung homogen in dem Volumen dispergiert werden.

Staub muss über Schnellschlussventile mithilfe von Staubbehältern, die mit Luft druckbeaufschlagt sind, in das Gefäß eingeführt werden. Der Prüfstand einschließlich seiner Grenzbedingungen wie etwa der Zündverzögerungszeit und dem Ausgangsdruck der Staubbehälter muss in der Lage sein, die Ergebnisse von EN 14034-1:2004+A1:2011 und EN 14034-2:2006+A1:2011 innerhalb des erforderlichen Bereichs der Staubkonzentration wiederzugeben. Wenn ein hybrides Gemisch durch eine entsprechend turbulente Gas-/Luftmischung simuliert wird, muss die Turbulenz in dem gasgefüllten Gefäß durch Einführen von Luft in der gleichen Weise erzeugt werden.

Die Anordnung der Einführpositionen sowie die für die gewünschte Turbulenz in dem Gefäß zu wählende Zündverzugszeit hängen von der Geometrie und dem Volumen des Prüfgefäßes ab und müssen durch Vorprüfungen bestimmt werden.

Eine Rückwärtsberechnung der Reaktivität durch druckentlastete Vorprüfungen und die Verwendung von veröffentlichten Berechnungsgleichungen für den Druckentlastungsbereich sollten vermieden werden, da dies zu unrealistisch hohen Reaktivitätswerten führt. Vorprüfungen mit einem geschlossenen Gefäß werden bevorzugt.

Bei Gasen muss sich die explosionsfähige Atmosphäre über den Behälter und die gesamte Rohrleitung erstrecken. Dies berücksichtigt auch Staub, außer wenn das Volumen der angeschlossenen Leitung der Entkopplungseinrichtung weniger als die oder gleich der Hälfte des Gefäßvolumens ist.

Die Prüfungen müssen so durchgeführt werden, dass die Explosions-Entkopplungseinrichtung niedrigem und hohem Explosionsdruck über den gesamten Explosionsdruckbereich, wie durch den bestimmungsgemäßen Gebrauch vorgegeben, ausgesetzt wird. Für Einzelheiten siehe 7.3.3.2 bis 7.3.3.6. Wenn die Prüfung für die Explosionsdruckentlastung durchgeführt wird, sind die Ergebnisse auf die Druckentlastung und die Unterdrückung anwendbar. Wenn die Prüfung mit Unterdrückung durchgeführt wird, sind die Ergebnisse nur auf Unterdrückungssysteme anwendbar.

Kalibrierungsprüfungen müssen durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass die Flamme die vorgesehene Position der Explosions-Entkopplungseinrichtung erreicht und sich außerdem durch die Leitung über die Position der Explosions-Entkopplungseinrichtung hinaus ausbreitet. Falls nicht, muss eine entsprechende explosionsfähige Atmosphäre in der Leitung erzeugt werden.

7.3.3.2 Passives Explosionsschutzventil

a) Ziel der Funktionsprüfung

Mit der Prüfung muss die Wirksamkeit des Ventils und der minimale sowie der maximale Einbauabstand beurteilt werden. Dies muss entsprechend dem bestimmungsgemäßen Gebrauch durch Ändern der Lage der Zündquelle im Prüfbehälter und anderer, Einfluss ausübender Parameter, z. B. Behältervolumen, maximaler Explosionsüberdruck im Behälter, bestimmt werden.

b) Prüfaufbau

Die aus einem kubischen Behälter (mit einem Längen-(Höhen-)Durchmesser-Verhältnis kleiner als 2) in Kombination mit einer Rohrleitung bestehende Prüfeinrichtung (siehe Bild 2) muss die festgelegte bestimmungsgemäße Verwendung (Einbaulage des Explosionsschutzventils, Vorhandensein von Einbauten, Rohrkrümmer, Gehäusevolumen) widerspiegeln. Eine Leitung muss an beiden Seiten des Ventils angeschlossen sein. Die Länge der Leitung an der Seite des Ventils, die nicht der Explosion ausgesetzt ist, muss dem 5-fachen Durchmesser entsprechen, aber mindestens 5 m betragen.

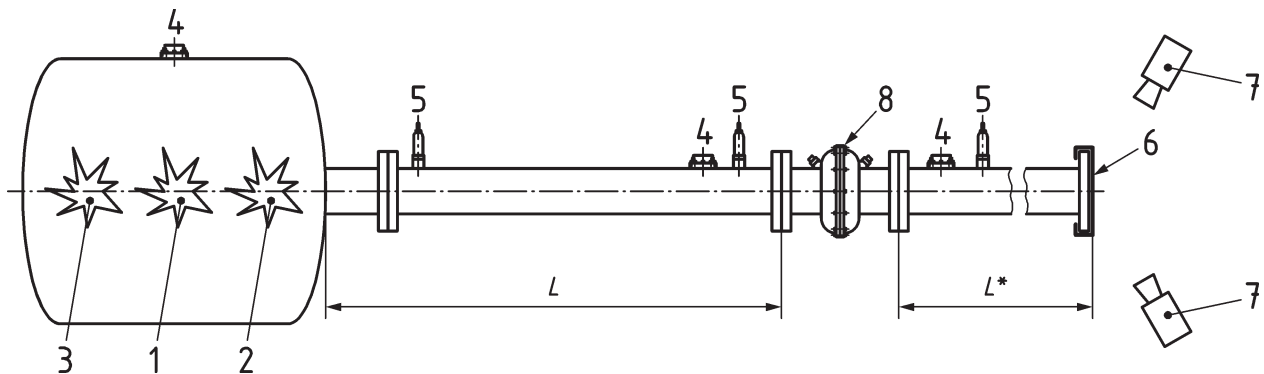
Wenn eine andere L/D des Kompaktgehäuses verwendet wird, sollte dies angegeben, und die Ausrichtung des Gefäßes zu der angeschlossenen Leitung muss berücksichtigt werden.

Wenn der bestimmungsgemäße Gebrauch eine gerade Leitung mit einer Länge, die dem 5-fachen des Durchmessers des Ventilflansches, aber mindestens 5 m auf beiden Seiten des Geräts entspricht, fordert, sind keine zusätzlichen Prüfungen mit Rohrbögen oder Einschränkungen erforderlich. Wenn

der Krümmungsgrad der Rohrbögen $R/D \geq 3$ entspricht, können diese Rohrbögen als gerade Leitungen angesehen werden.

Das Prüfgefäß ist in Abhängigkeit von dem bestimmungsgemäßen Gebrauch explosionsfest, druckentlastet oder explosionsunterdrückt. Die Kenndaten der im Prüfgefäß erzeugten Explosion müssen die geforderten Explosionskenndaten widerspiegeln.

Zur Bestimmung des Flammendurchschlags ist ein Flammensensor (nur möglich, wenn eine Rohrleitung am Prüfaufbau der Entkopplungseinrichtung nachgeschaltet wird) einzusetzen oder es müssen als Alternative Kameras eingesetzt werden, wenn Fenster oder transparente Leitungsabschnitte die Erfassung des Flammendurchschlags hinter dem Gerät ermöglichen. Die Länge der Leitung hinter der Entkopplungseinrichtung muss mindestens dem 5-fachen des Durchmessers oder den Einbauspezifikationen des Herstellers entsprechen, wenn die Funktion des Geräts eine bestimmte Länge hinter demselben erfordert. Wenn der bestimmungsgemäße Gebrauch eine Prüfung mit einem reduzierten Überdruck in dem Gefäß von mehr als 200 kPa erfordert, besteht die Anforderung für eine Leitung hinter der Entkopplungseinrichtung nicht mehr.



Legende

- | | |
|--|---|
| 1 Lage der Zündquelle (Z1) | 6 Folienabdeckung mit niedrigem Öffnungsdruck (< 0,1 bar) |
| 2 Lage der Zündquelle nahe der Leitung (Z2) | 7 Kameras |
| 3 Lage der Zündquelle gegenüber der Leitung (Z3) | 8 passives Explosionsschutzventil |
| 4 Druckaufnehmer (Pt) | L Einbauabstand |
| 5 Flammenaufnehmer (Ft) | L* $L^* \geq 5 \times DN$, mindestens $L^* \geq 5 \text{ m}$ |

Bild 2 — Prüfanordnung für die Funktionsprüfung passiver Explosionsschutzventile

c) Messtechnik

Die folgenden Parameter müssen gemessen werden:

- 1) Druck, wozu mindestens ein Druckaufnehmer (Pt) im Behälter, einer vor der Explosions-Entkopplungseinrichtung sowie einer, falls eine der Explosions-Entkopplungseinrichtung nachgeschaltete Rohrleitung zum Einsatz kommt, nach der Explosions-Entkopplungseinrichtung verwendet wird.

Flamme, mindestens ein Detektor (Ft) am Anfang der Leitung direkt hinter dem Verbindungsflansch und mindestens eine direkt vor und direkt hinter der Explosions-Entkopplungseinrichtung

- 2) Alternativ können Kameras verwendet werden, wenn sich Fenster oder ein transparenter Abschnitt in der nachgelagerten Leitung befinden.

Die Interpretation der Flammendetektorsignale könnte problematisch sein. Für die Flammenerkennung hinter dem Gerät sollten vorzugsweise Flammendetektoren und Kameras verwendet werden.

d) Durchführung der Prüfungen

1) Explosionsfähige Atmosphären

Ungeachtet dessen, ob eine explosionsfähige Atmosphäre durch Staub, Gas oder ein hybrides Gemisch erzeugt wird, muss sie Explosionsfähigkeiten repräsentieren, die von K -Werten entsprechend dem bestimmungsgemäßen Gebrauch bis zu dem geringsten erreichbaren K -Wert, der üblicherweise $K = 75 \pm 25 \text{ bar} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ für Stäube bzw. $K = 20 \pm 5 \text{ bar} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ für Gase beträgt, erreichen.

ANMERKUNG Der Schließmechanismus aller passiven Entkopplungsventile muss auf dem durch das Explosionsereignis erzeugten Überdruck basieren. Bei realen Explosionsereignissen mit sehr schwachen Explosionen besteht ein Risiko, dass die Flamme sich über die Position des passiven Ventils hinaus ausbreiten kann, bevor ein ausreichender Druck in der Nähe des Ventils erzeugt wird.

2) Funktionalität und Bestimmung des minimalen und maximalen Einbauabstands

Tabelle 2 zeigt alle Prüfbedingungen, die zur Verifizierung/Bestimmung der Funktionalität und der minimalen und maximalen Einbauabstände angewendet werden müssen.

Tabelle 2 — Prüfbedingungen für die Verifizierung/Bestimmung der Funktionalität und der Einbauabstände

Lage der Zündquelle im Prüfgefäß	Einbauabstand	Max. K und $p_{\text{red, max}}$	low K
Nahe der Leitung (Z2)	L_{min}	X	X
Lage der Zündquelle, die zu einem maximalen Druck von $p_{\text{red, max}}$ führt	L_{max}	X	—
$p_{\text{red, max}}$ für die Lüftung oder Unterdrückung entsprechend dem bestimmungsgemäßen Gebrauch. $p_{\text{red, max}} = p_{\text{max}}$ für die explosionsfeste Gestaltung entsprechend dem bestimmungsgemäßen Gebrauch. X Erforderliche Prüfbedingung			

Für jede Prüfbedingung sind mindestens zwei Prüfungen (siehe Auswertung) erforderlich.

Der gefundene höhere Wert, der für die Prüfbedingungen zur Verifizierung/Bestimmung des minimalen Einbauabstandes anzuwenden ist, muss als Mindesteinbauabstand genommen werden.

Der maximale Einbauabstand muss durch Verändern des Abstandes vom Gehäuse zur Entkopplungseinrichtung bestimmt werden, bis die Drücke gleich der Festigkeit der Einrichtung sind, die durch den bestimmungsgemäßen Verbrauch vorgegeben ist.

Wenn eine passive Explosions-Entkopplungseinrichtung auf druckfeste Einrichtungen und druckentlastete oder unterdrückte Einrichtungen angewendet werden muss, müssen Prüfungen nach Tabelle 2 mit der an ein geschlossenes Gefäß angeschlossenen Entkopplungseinrichtung durchgeführt werden. Zusätzliche Prüfungen mit der an ein druckentlastetes oder unterdrücktes Prüfgefäß angeschlossenen Entkopplungseinrichtung sind erforderlich, um die Funktionalität des Geräts auch bei schwachen Explosionsereignissen nachzuweisen.

e) Bewertung

Die Prüfung ist erfolgreich, wenn keine Flammen auf der nicht der Explosion ausgesetzten Seite der Entkopplungseinrichtung auftreten (und das Gerät für die Dauer der Explosion geschlossen bleibt).

Darüber hinaus muss dann Folgendes hinsichtlich des bestimmungsgemäßen Gebrauchs angegeben werden (siehe auch 7.4 Prüfbericht):

- 1) Höchstdruck
 - i) in dem Prüfgefäß $p_{\text{red, max}}$;
 - ii) in der Leitung nahe der Seite der Explosions-Entkopplungseinrichtung, die der Explosion ausgesetzt ist $p_{\text{duct, max}}$;
 - iii) in der Leitung, sofern vorhanden, nahe der Seite der Explosionseinrichtung, die nicht der Explosion ausgesetzt ist;
- 2) maximaler Einbauabstand mit Bezugnahme auf die Druckfestigkeit des Gerätes;
- 3) minimaler Einbauabstand.

7.3.3.3 Aktive Entkopplungsventile

a) Ziel der Funktionsprüfung

Mit der Prüfung muss die Wirksamkeit der Einrichtung und der minimale sowie der maximale Einbauabstand beurteilt werden. Dies muss jeweils entsprechend der bestimmungsgemäßen Verwendung durch Ändern der Lage der Zündquelle im Prüfbehälter und anderer, Einfluss ausübender Parameter, z. B. Behältervolumen, maximaler reduzierter Explosionsüberdruck im Behälter, Art des verwendeten Detektors oder Sensors oder Kombinationen von Detektoren und Sensoren, Aktivierungsdruck, Empfindlichkeit des Flammendetektors, bestimmt werden.

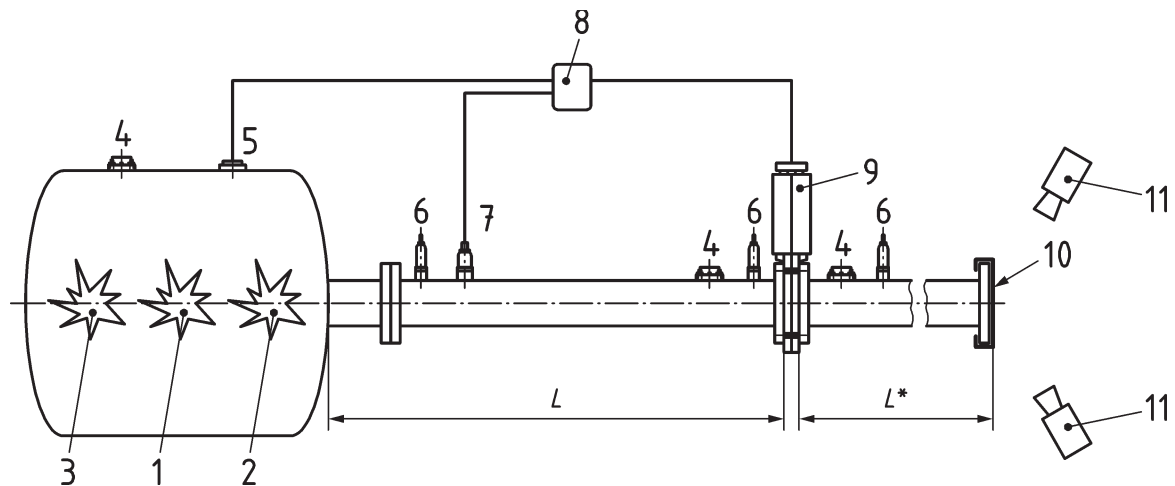
b) Prüfaufbau

Die aus einem kubischen Behälter (mit einem Längen-(Höhen-)Durchmesser-Verhältnis kleiner als 2) in Kombination mit einer Rohrleitung bestehende Prüfeinrichtung (siehe Bild 3) muss die festgelegte bestimmungsgemäße Verwendung (Einbaulage des Explosionsschutzventils, Vorhandensein von Einbauten, Rohrkrümmer, Gehäusevolumen) widerspiegeln. Eine Leitung muss an beiden Seiten des Ventils angeschlossen sein. Die Länge der Leitung an der Seite des Ventils, die nicht der Explosion ausgesetzt ist, muss dem 5-fachen Durchmesser entsprechen, aber mindestens 5 m betragen.

Wenn eine andere L/D des Kompaktgehäuses verwendet wird, sollte dies angegeben, und die Ausrichtung des Gefäßes zu der angeschlossenen Leitung muss berücksichtigt werden.

Wenn der bestimmungsgemäße Gebrauch eine gerade Leitung mit einer Länge, die dem 5-fachen des Durchmessers des Ventilflansches, aber mindestens 5 m auf beiden Seiten des Geräts entspricht, fordert, sind keine zusätzlichen Prüfungen mit Rohrbögen oder Einschränkungen erforderlich. Wenn der Krümmungsgrad der Rohrbögen $R/D \geq 3$ entspricht, können diese Rohrbögen als gerade Leitungen angesehen werden. Das Prüfgefäß ist in Abhängigkeit von dem bestimmungsgemäßen Gebrauch explosionsfest, druckentlastet oder explosionsunterdrückt. Die Kenndaten der im Prüfgefäß erzeugten Explosion müssen die geforderten Explosionskenndaten widerspiegeln.

Zur Bestimmung des Flammendurchschlags muss ein Flammensensor oder als Alternative Kameras eingesetzt werden, wenn Fenster oder transparente Leitungsabschnitte die Erfassung des Flammendurchschlags hinter dem Gerät ermöglichen. Falls verwendet, muss die Länge der Leitung hinter der Entkopplungseinrichtung mindestens dem 5-fachen des Durchmessers oder den Einbauspezifikationen des Herstellers entsprechen, wenn die Funktion des Geräts eine bestimmte Länge hinter demselben erfordert. Wenn der bestimmungsgemäße Gebrauch eine Prüfung mit einem reduzierten Überdruck in dem Gefäß von mehr als 200 kPa erfordert, besteht die Anforderung für eine Leitung hinter der Entkopplungseinrichtung nicht mehr.



Legende

- | | | | |
|---|-------------------------------|----|--|
| 1 | Lage der Zündquelle, Z1, 50 % | 8 | Steuer- und Anzeigeeinrichtung/Anzeigeeinrichtung (CIE/IE) |
| 2 | Lage der Zündquelle, Z2, 10 % | 9 | Entkopplungseinrichtung |
| 3 | Lage der Zündquelle, Z3, 90 % | 10 | Folienabdeckung |
| 4 | Druckaufnehmer (Pt) | 11 | Kamera |
| 5 | Druckaufnehmer (Tp) | L | Einbauabstand |
| 6 | Flammenaufnehmer (Ft) | L* | $L^* \geq 5 \times DN$, mindestens $L^* \geq 5$ m |
| 7 | Flammenaufnehmer (Tf) | | |

Bild 3 — Prüfanordnung für die Funktionsprüfung aktiver Entkopplungsventile

c) Messtechnik

Mindestens die folgenden Parameter müssen gemessen werden:

- 1) Druck, wozu mindestens ein Druckaufnehmer (Pt) im Behälter, einer vor der Explosions-Entkopplungseinrichtung sowie einer, falls eine der Explosions-Entkopplungseinrichtung nachgeschaltete Rohrleitung zum Einsatz kommt, nach der Explosions-Entkopplungseinrichtung verwendet wird.
- 2) Flamme, mindestens ein Detektor (Ft) am Anfang der Leitung direkt hinter dem Verbindungsflansch und mindestens einer direkt vor und direkt hinter der Explosions-Entkopplungseinrichtung, wenn eine nachgelagerte Leitung verwendet wird.
- 3) Alternativ können Kameras verwendet werden, wenn ein Fenster oder ein transparenter Abschnitt in der nachgelagerten Leitung vorhanden ist.
- 4) Kameras müssen verwendet werden, wenn keine nachgelagerte Leitung angewendet wird.
- 5) Schließdauer, d. h. die Schließdauer des gesamten Systems muss gemessen werden (Zeitspanne zwischen dem Moment der Detektion und dem vollständigen Schließen des Absperrventils). Die Interpretation der Flammendetektorsignale könnte problematisch sein. Für die Flammenerkennung hinter dem Gerät sollten vorzugsweise Flammendetektoren und Kameras verwendet werden.

d) Durchführung der Prüfungen

- 1) Explosionsfähige Atmosphären

Ungeachtet dessen, ob eine explosionsfähige Atmosphäre durch Staub, Gas oder ein hybrides Gemisch erzeugt wird, muss sie Explosionsfähigkeiten repräsentieren, die von K-Werten entsprechend dem bestimmungsgemäßen Gebrauch bis zu dem geringsten erreichbaren K-Wert, der üblicherweise $K = 75 \pm 25 \text{ bar} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ für Stäube bzw. $K = 20 \pm 5 \text{ bar} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ für Gase beträgt, erreichen.

2) Funktionalität und Bestimmung des minimalen und maximalen Einbauabstandes.

Der Tabelle 3 sind alle Prüfbedingungen zu entnehmen, die zur Verifizierung/Bestimmung der Funktionalität und der minimalen und maximalen Einbauabstände bei der Druck- oder Flammendetektion angewendet werden müssen.

Tabelle 3 — Lage der für die Verifizierung/Bestimmung des minimalen und maximalen Einbauabstands zu verwendenden Zündquelle, wenn nur ein Sensortyp verwendet wird

Lage der Zündquelle im Prüfgefäß	Einbauabstand	$K_{\max}$ und $p_{\text{red, max}}$		<i>low K</i>	
		nur Druck-sensor	nur optischer Sensor	nur Druck-sensor	nur optischer Sensor
Nahe der Leitung (Z2)	$L_{\min}$	X	—	X	—
Gegenüber der Rohrleitung (Z3)	$L_{\min}$	—	X	—	—
Lage der Zündquelle, die zu einem maximalen Druck von $p_{\text{red, max}}$ führt	$L_{\max}$	X	X	—	—
$p_{\text{red, max}}$ für die Lüftung oder Unterdrückung entsprechend dem bestimmungsgemäßen Gebrauch. $p_{\text{red, max}} = p_{\max}$ für die explosionsfeste Gestaltung entsprechend dem bestimmungsgemäßen Gebrauch. X Erforderliche Prüfbedingung					

Für jede Prüfbedingung sind mindestens zwei Prüfungen (siehe Auswertung) erforderlich.

Wird eine Kombination von optischer und Druckerkennung angewendet, muss der Mindestabstand wie folgt bestimmt werden:

- Bestimmung des Mindestabstandes nach Tabelle 3 lediglich für einen Drucksensor (höchster Wert der vier Einbauabstände, die für alle geprüften Lagen der Zündquellen gefunden wurden);
- Bestimmung des Mindestabstandes nach Tabelle 3 lediglich für einen optischen Sensor (höchster Wert des Einbauabstandes, der für die geprüfte Lage aller Zündquellen gefunden wurde);
- Der kürzeste dieser zwei Abstände ist der Mindesteinbauabstand für ein System, das eine Kombination aus optischer und Druckerkennung verwendet.

Um mit der Anwendung einer Kombination der beiden Detektorenarten vollen Nutzen ziehen zu können, sind zusätzliche Prüfungen für Lagen der Zündquellen zwischen Z1 und Z2 oder Z1 und Z3 notwendig (in Abhängigkeit der ermittelten Werte für Z1, Z2 und Z3 für jeden der beiden Sensortypen und deren Einsatzbereiche unter Beachtung der bestimmungsgemäßen Verwendung), siehe B.2 mit dem Bild B.2.

Die durch die Prüfungen ermittelten minimalen und maximalen Einbauabstände, bei denen der Behälter konstruktiv gegen den maximalen Explosionsüberdruck oder durch Explosionsdruckentlastung geschützt worden ist, können direkt auf Gehäuse angewendet werden, die durch Explosionsunterdrückung geschützt werden.

Wenn eine aktive Explosions-Entkopplungseinrichtung auf druckfeste Einrichtungen und druckentlastete oder unterdrückte Einrichtungen angewendet werden muss, müssen Prüfungen nach Tabelle 3 mit der an ein geschlossenes Gefäß angeschlossenen Entkopplungseinrichtung durchgeführt werden. Zusätzliche Prüfungen

mit der an ein druckentlastetes oder unterdrücktes Prüfgefäß angeschlossenen Entkopplungseinrichtung sind erforderlich, um die Funktionalität des Geräts auch bei schwachen Explosionsereignissen nachzuweisen.

3) Einstellungen der Detektoren

Der Aktivierungsdruck muss über den gesamten Druckbereich, der in dem bestimmungsgemäßen Gebrauch festgelegt ist, variiert werden. Üblicherweise werden die beiden Extremwerte des gesamten Bereiches geprüft.

Für optische Detektoren muss die geringste in dem bestimmungsgemäßen Gebrauch definierte Empfindlichkeit verwendet werden.

e) Bewertung

Die Prüfung ist erfolgreich, wenn keine Flammen auf der nicht der Explosion ausgesetzten Seite der Entkopplungseinrichtung auftreten (und das Gerät für die Dauer der Explosion geschlossen bleibt).

Darüber hinaus muss dann Folgendes hinsichtlich des bestimmungsgemäßen Gebrauchs angegeben werden (siehe auch 7.4 Prüfbericht):

1) Höchstdruck

- i) in dem Prüfgefäß $p_{\text{red, max}}$;
- ii) in der Leitung nahe der Seite der Explosions-Entkopplungseinrichtung, die der Explosion ausgesetzt ist $p_{\text{duct, max}}$;
- iii) in der Leitung, sofern vorhanden, nahe der Seite der Explosionseinrichtung, die nicht der Explosion ausgesetzt ist;

2) maximaler Einbauabstand mit Bezugnahme auf die Druckfestigkeit des Gerätes;

3) minimaler Einbauabstand;

4) Einstellbereich und Lage der Detektoren;

5) Schließdauer des Systems.

7.3.3.4 Löschmittelsperre

a) Ziel der Funktionsprüfung

Mit der Prüfung muss die Wirksamkeit der Einrichtung, der minimale sowie der maximale Einbauabstand und der Löschabstand beurteilt werden, d. h. es wird der nötige Abstand hinter einer Löschmittelsperre ermittelt, um eine richtige Entkopplung der Flamme einer Explosion sicherzustellen. Dies muss jeweils entsprechend der bestimmungsgemäßen Verwendung durch Ändern der Lage der Zündquelle im Prüfbehälter und anderer, Einfluss ausübender Parameter, z. B. Behältervolumen, maximaler reduzierter Explosionsüberdruck im Behälter, Art des verwendeten Detektors oder Sensors oder Kombinationen von Detektoren und Sensoren, Aktivierungsdruck, Empfindlichkeit des Flammendetektors, bestimmt werden.

Wird ein Löschmittelsystem für eine explosionsfähige Atmosphäre mit unbekannten Eigenschaften hinsichtlich der Unterdrückbarkeit einer Explosion (infolge der chemischen Zusammensetzung oder wegen extremer Verfahrensbedingungen) angewendet, sollte es geprüft werden (siehe EN 14373:2021).

b) Prüfaufbau

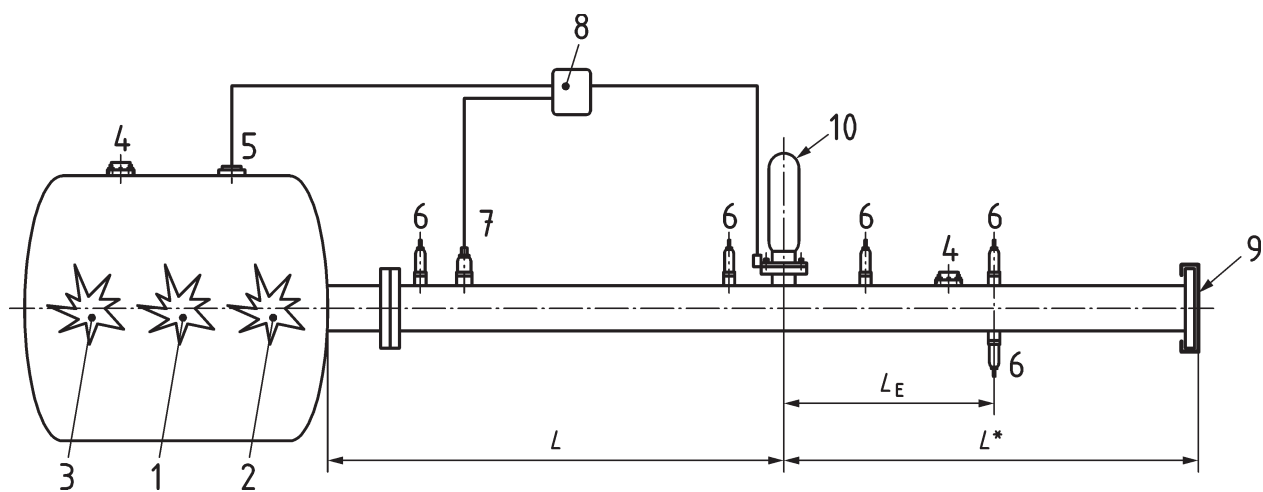
Die aus einem kubischen Behälter (mit einem Längen-(Höhen-)Durchmesser-Verhältnis kleiner als 2) in Kombination mit einer Rohrleitung bestehende Prüfeinrichtung (siehe Bild 4) muss die festgelegte

bestimmungsgemäße Verwendung (Konfiguration des Unterdrückungsmittels, Vorhandensein von Einbauten, Rohrkrümmer, Gehäusevolumen) widerspiegeln.

Wenn eine andere L/D verwendet wird, muss dies angegeben und die Ausrichtung des Gefäßes zu der angeschlossenen Leitung muss berücksichtigt werden.

Das Prüfgefäß wird je nach bestimmungsgemäßem Verbrauch druckentlastet oder unterdrückt oder ist möglicherweise explosionsicher. Die Kenndaten der im Prüfgefäß erzeugten Explosion müssen die geforderten Explosionskenndaten widerspiegeln.

Für die Bestimmung des Flammendurchschlags müssen Flammensensoren oder alternativ mindestens zwei Kameras verwendet werden, um die verschiedenen Betrachtungspositionen des Geräts zu erfassen. Die Länge der nachgelagerten Leitung L^* der Entkopplungseinrichtung muss mindestens 1 m länger sein als der Löschabstand L_E . Zwei Flammensensoren müssen an einer Position entsprechend L_E platziert werden.



Legende

- | | |
|---------------------------------|---|
| 1 Lage der Zündquelle, Z1, 50 % | 8 Steuer- und Anzeigeeinrichtung/Anzeigeeinrichtung (CIE/IE) |
| 2 Lage der Zündquelle, Z2, 10 % | 9 Folienabdeckung |
| 3 Lage der Zündquelle, Z3, 90 % | 10 Entkopplungseinrichtung |
| 4 Druckaufnehmer (Pt) | L Länge der Rohrleitung zwischen dem Behälter und der Entkopplungseinrichtung |
| 5 CIE-Druckaufnehmer | L_E Löschabstand |
| 6 Flammenaufnehmer (Ft) | $L^* \quad L^* \geq (L_E + 1 \text{ m})$ |
| 7 CIE-Flammenaufnehmer | |

Bild 4 — Prüfanordnung zur Funktionsprüfung von Löschmittelsperren

c) Messtechniken

Die folgenden Parameter müssen gemessen werden:

- 1) Druck, mindestens ein Druckaufnehmer (Pt) im Behälter und einer hinter der Löschmittelsperre an der Position $L_{\text{chem}} = (L + L_E)$;
- 2) Flamme, mindestens ein Messaufnehmer (Ft) am Anfang der Leitung direkt hinter dem Verbindungsflansch und einer vor und mindestens zwei hinter der Löschmittelsperre an der Position $L_{\text{chem}} = (L + L_E)$;

d) Durchführung der Prüfungen

1) Explosionsfähige Atmosphären

Ungeachtet dessen, ob eine explosionsfähige Atmosphäre durch Staub, Gas oder ein hybrides Gemisch erzeugt wird, muss sie Explosionsfähigkeiten repräsentieren, die von K-Werten entsprechend dem bestimmungsgemäßen Gebrauch bis zu dem geringsten erreichbaren K-Wert, der üblicherweise $K = 75 \pm 25 \text{ bar} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ für Stäube bzw. $K = 20 \pm 5 \text{ bar} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ für Gase beträgt, erreichen.

2) Funktionalität und Bestimmung des minimalen und maximalen Einbauabstands

Der Tabelle 4 sind alle Prüfbedingungen zu entnehmen, die zur Verifizierung/Bestimmung der Funktionalität und der minimalen und maximalen Einbauabstände bei der Druck- oder Flammendetektion angewendet werden müssen.

Tabelle 4 — Lage der für die Verifizierung/Bestimmung des minimalen und maximalen Einbauabstands zu verwendenden Zündquelle, wenn nur ein Sensortyp verwendet wird

Lage der Zündquelle im Prüfgefäß	Einbauabstand	$K_{\max}$ und $p_{\text{red, max}}$		<i>low K</i>	
		nur Druck-sensor	nur optischer Sensor	nur Druck-sensor	nur optischer Sensor
Nahe der Leitung (Z2)	$L_{\min}$	X	—	X	—
Gegenüber der Rohrleitung (Z3)	$L_{\min}$	—	X	—	—
Lage der Zündquelle, die zu einem maximalen Druck von $p_{\text{red, max}}$ führt	$L_{\max}$	X	X	—	—
$p_{\text{red, max}}$ für die Lüftung oder Unterdrückung entsprechend dem bestimmungsgemäßen Gebrauch. $p_{\text{red, max}} = p_{\max}$ für die explosionsfeste Gestaltung entsprechend dem bestimmungsgemäßen Gebrauch. X Erforderliche Prüfbedingung					

Für jede Prüfbedingung sind mindestens zwei Prüfungen (siehe Auswertung) erforderlich.

Wird eine Kombination von optischem und Druckdetektor angewendet, muss der Mindestabstand wie folgt bestimmt werden:

- i) Bestimmung des Mindestabstandes nach Tabelle 4 lediglich für einen Drucksensor (höchster Wert der vier Einbauabstände, die für die Lage der Zündquellen Z1 und Z2 gefunden wurden);
- ii) Bestimmung des Mindestabstandes nach Tabelle 4 lediglich für einen optischen Sensor (höherer Wert des Einbauabstandes, der für die Lage der Zündquellen Z1 und Z3 gefunden wurde);
- iii) Der kürzeste dieser zwei Abstände ist der Mindesteinbauabstand für ein System, das eine Kombination aus optischer und Druckerkennung verwendet.

Oder um mit der Anwendung einer Kombination der beiden Detektorenarten vollen Nutzen ziehen zu können, sind zusätzliche Prüfungen für Lagen der Zündquellen zwischen Z1 und Z2 oder Z1 und Z3 notwendig (in Abhängigkeit der ermittelten Werte für Z1, Z2 und Z3 für jeden der beiden Sensortypen und deren Einsatzbereiche unter Beachtung der bestimmungsgemäßen Verwendung), siehe B.2 mit dem Bild B.2.

Die durch die Prüfungen ermittelten minimalen und maximalen Einbauabstände, bei denen der Behälter konstruktiv gegen den maximalen Explosionsüberdruck oder durch Explosionsdruckentlastung geschützt worden ist, können direkt auf Gehäuse angewendet werden, die durch Explosionsunterdrückung geschützt werden.

E DIN EN 15089:2024-08
prEN 15089:2024 (D)

Wenn eine Löschmittelsperre auf druckfeste Einrichtungen und druckentlastete oder unterdrückte Einrichtungen angewendet werden muss, müssen Prüfungen nach Tabelle 4 mit der an ein geschlossenes Gefäß angeschlossenen Entkopplungseinrichtung durchgeführt werden. Zusätzliche Prüfungen mit der an ein druckentlastetes oder unterdrücktes Prüfgefäß angeschlossenen Entkopplungseinrichtung sind erforderlich, um die Funktionalität des Geräts auch bei schwachen Explosionsereignissen nachzuweisen.

3) Einstellungen der Detektoren

Der Aktivierungsdruck muss über den gesamten Druckbereich, der in dem bestimmungsgemäßen Gebrauch festgelegt ist, variiert werden. Üblicherweise werden die beiden Extremwerte des gesamten Bereiches geprüft.

Für optische Detektoren muss die geringste in dem bestimmungsgemäßen Gebrauch definierte Empfindlichkeit verwendet werden.

e) Bewertung

Die Prüfung ist erfolgreich, wenn keine Flammen auf der nicht der Explosion ausgesetzten Seite der Entkopplungseinrichtung auftreten (und das Gerät für die Dauer der Explosion aktiv bleibt, siehe Anhang A).

Darüber hinaus muss dann Folgendes hinsichtlich des bestimmungsgemäßen Gebrauchs angegeben werden (siehe auch 7.4 Prüfbericht):

1) Höchstdruck

- i) in dem Prüfgefäß;
- ii) in der Leitung an der Position L_{chem} ;

2) maximaler Einbauabstand;

3) minimaler Einbauabstand;

4) Einstellbereich der Detektoren;

5) Anwendbarkeit des Löschmittels;

6) minimaler Löschabstand L_E hinter der Löschmittelsperre;

7) Aktivierungsdauer des Sensors;

8) Aktivierungsdauer der CIE;

9) Aktivierungsdauer der Löschmittelsperre.

7.3.3.5 Zellenradschleuse (Staub oder hybride Gemische)

a) Ziel der Funktionsprüfung

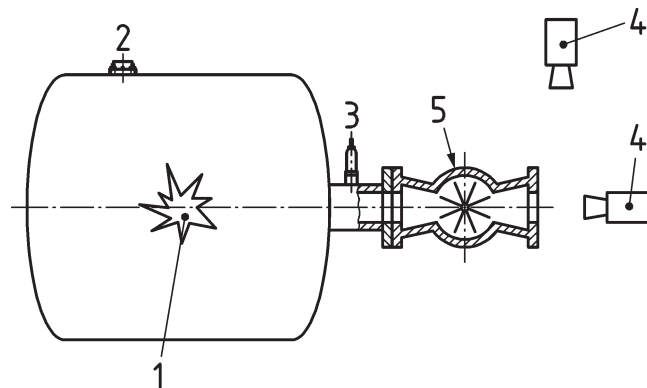
Der Bereich der Wirksamkeit der Zellenradschleuse muss entsprechend ihrem bestimmungsgemäßen Gebrauch durch Ändern der Einfluss ausübenden Parameter, z. B. Entzündbarkeit der explosionsfähigen Atmosphäre (MZE, MZT), Druck im Behälter, bestimmt werden.

b) Prüfaufbau

Der Prüfstand (siehe Bild 5) muss den festgelegten bestimmungsgemäßen Gebrauch widerspiegeln (Anwesenheit von Einschränkungen, Länge und Geometrie der Verbindungsleitung usw.). Ein Kompaktgehäuse (mit einem Verhältnis zwischen Länge (Höhe) und Durchmesser von weniger als 2) muss als Prüfgefäß ver-

wendet werden. In Abhängigkeit von dem bestimmungsgemäßen Gebrauch ist der Behälter für den auftretenden maximalen Explosionsüberdruck explosionsfest, druckentlastet oder explosionsunterdrückt. Der Querschnitt des Zellenradschleusenanschlusses darf nicht verengt sein.

Die Rotation des Rotors muss nach einer Explosion gestoppt werden, um den Transport von brennendem oder glühendem Material aufgrund der Rotation zu vermeiden. Die Funktionstüchtigkeit des Zellenrad-schleusenstopps sollte getrennt geprüft werden und wird im Rahmen dieses Dokuments nicht betrachtet. Siehe Anhang E für eine Anleitung zum Stoppen des Geräts.



Legende

- 1 Lage der Zündquelle
- 2 Druckaufnehmer (Pt)
- 3 Flammenaufnehmer (Ft)
- 4 Kamera
- 5 Zellenradschleuse

Bild 5 — Prüfanordnung zur Funktionsprüfung von Zellenradschleusen

c) Messtechnik

Die folgenden Parameter müssen gemessen werden:

- 1) Druck, mit mindestens einem Druckaufnehmer (Pt) im Behälter;
- 2) Flamme an mindestens einem Aufnehmer (Ft) vor der Zellenradschleuse;
- 3) zur Flammen-/Funkenerkennung müssen 2 geeignete Kameras eingesetzt werden.

d) Durchführung der Prüfungen

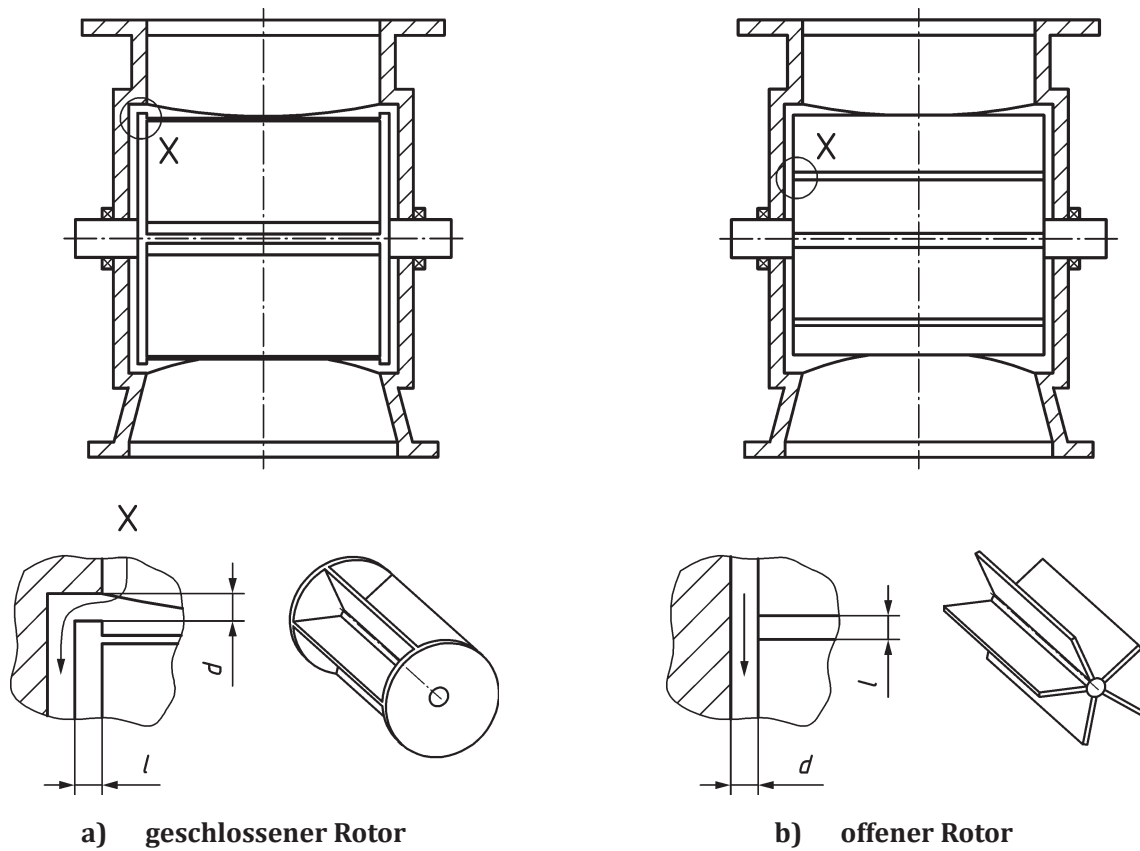
- 1) Explosionsfähige Atmosphären

Eine explosionsfähige Atmosphäre mit Zündenergie und Zündtemperatur, die zu einer minimalen NSW (siehe 7.3.3.5 e) Anmerkung) entsprechend dem bestimmungsgemäßen Gebrauch führt, muss verwendet werden. Verschiedene Turbulenzzustände des Gemischs müssen durch Verändern der Zündverzugszeit erzeugt werden.

- 2) Allgemeine Prüfbedingungen

- i) Die von dem Hersteller für die Prüfungen bereitgestellten Typen müssen die maximal zulässige Spaltweite zwischen den Rotorscheufeln und dem Gehäuse aufweisen (= Verschleißtoleranz). Zellenradschleusen mit flexiblen Schaufeln (z. B. Gummischaufeln) müssen im Zustand zum Ende ihrer Lebensdauer geprüft werden. Der Hersteller muss die Verschleißtoleranz bzw. den Zustand

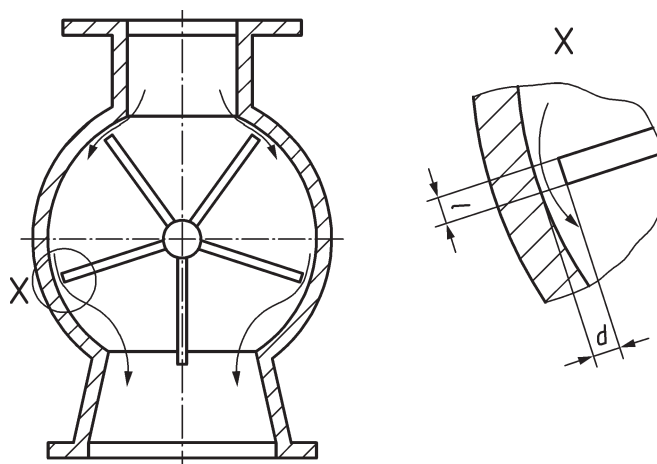
zum Ende der Lebensdauer in der Betriebsanleitung angeben. Die beinhaltet radiale und axiale Spalten (siehe Bild 6).



Legende

- 1 Länge
- d Breite der Verbindung

Bild 6 — Axiale Freiraumleckage der Zellenradschleuse



Legende

1 Länge

d Breite der Verbindung

Bild 7 — Radiale Freiraumleckage der Zellenradschleuse

- ii) Die Gestaltung der Einlass- und Auslassöffnung der Zellenradschleuse muss bei dem Prüfverfahren berücksichtigt werden. Wenn die Gestaltung der Einlass- und Auslassöffnung geometrisch identisch ist, ist die Prüfung nur einer Einbaurichtung ausreichend. Wenn die Einlass- und Auslassöffnungen der Zellenradschleuse unterschiedlich gestaltet sind, hängt das erforderliche Prüfverfahren von dem bestimmungsgemäßen Gebrauch ab: Wenn die Zellenradschleuse flammensicher in beide Richtungen sein soll, müssen Prüfungen in beide Einbaurichtungen durchgeführt werden. Wenn die Zellenradschleuse nur in eine Einbaurichtung flammensicher sein muss, sind Prüfungen mit diesem Einbau ausreichend.

3) Vereinfachte Prüfbedingungen

Die in Tabelle 5 angegebenen vereinfachten Prüfbedingungen sind das vollständige Prüfprogramm für Geräte, die für die Verwendung mit organischen Stäuben und druckentlasteten Gefäßen bis $p_{red} = 2$ bar vorgesehen sind. Prüfungen nach 4) sind für Anwendungen mit höheren Drücken, Metall-/Leichtmetallstäuben oder kohlenstoffhaltigen Stäuben erforderlich.

Die Prüfungen müssen bei mit maximaler Drehzahl laufendem und in der ungünstigsten Position stillstehendem Rotor, d. h. die Position, in der sich die geringste Anzahl an Rotorscheaufeln in dem Gehäuse befindet (siehe Bild 6), geprüft werden. Die Flamme muss an der Zellenradschleuse ankommen.

Tabelle 5 — Prüfparameter, Lage der Zündquelle und Zündverzugszeit Lage der Zündquelle: In der Mitte des Gefäßes auf der gleichen Höhe wie die Zellenradschleuse

Explosionsfähiges Gemisch mit Luft	Parameter für brennbares Material	Zündverzugszeit	Explosionsüberdruck p_{ex}	Kriterien	Mindestanzahl an Prüfungen
Brennbare Stäube MIE < 1 000 mJ (Zündschaltkreis mit Induktivität)	optimale Konzentration für p_{max}	$t_{V,1}$	$p_{ex} = p_{red,max}$	mechanische Integrität	2
	optimale Konzentration für p_{max}	$t_{V,2} \approx 2 t_{V,1}$	$p_{ex} < p_{red,max}$	NSW	2

Tabelle 5 (fortgesetzt)

Explosionsfähiges Gemisch mit Luft	Parameter für brennbares Material	Zündverzugszeit	Explosionsüberdruck p_{ex}	Kriterien	Mindestanzahl an Prüfungen
Brennbare Stäube $MIE \geq 1\,000\text{ mJ}$ (Zündschaltkreis mit Induktivität)	optimale Konzentration für p_{max}	$t_{V,1}$	$p_{ex} = p_{red,max}$	mechanische Integrität	2
	optimale Konzentration für p_{max}	$t_{V,2} \approx 0,5 t_{V,1}$ (siehe ANMERKUNG)	$p_{ex} \leq p_{red,max}$ (siehe ANMERKUNG)	NSW	2
Hybride Gemische	Optimale Konzentration des Bauteils mit der niedrigsten NSW p_{max}	$t_{V,1}$	$p_{ex} = p_{red,max}$	mechanische Integrität, MSW	2
$p_{red,max}$ für die Lüftung oder Unterdrückung entsprechend dem bestimmungsgemäßen Gebrauch. $p_{red,max} = p_{max}$ für die explosionsfeste Gestaltung entsprechend dem bestimmungsgemäßen Gebrauch. $t_{V,1}$ = erforderliche Zündverzugszeit für die Erzeugung von p_{max} in Abhängigkeit von dem Gefäß.					
ANMERKUNG Aufgrund der höheren Turbulenz erhöht sich auch $p_{red,max}$. Es müssen geeignete Maßnahmen getroffen werden, um ein Überschreiten des maximal zulässigen Überdrucks entsprechend dem bestimmungsgemäßen Gebrauch zu vermeiden (z. B. durch Druckentlastung).					

Die erforderliche gesamte Mindestanzahl an Prüfungen hängt von dem bestimmungsgemäßen Gebrauch ab (siehe 2) ii)).

4) Prüfbedingungen für spezielle Anwendungen

Das folgende Prüfverfahren gilt für alle nicht durch 3) behandelten Anwendungen: Bei der Änderung der Staubkonzentration von Werten geringfügig oberhalb der unteren Explosionsgrenze auf einen Konzentrationswert oberhalb der „optimalen Konzentration“ für den maximalen Explosionsüberdruck und maximalen zeitlichen Druckanstieg muss die Entzündung zuerst in der Mitte Z1 des Prüfgefäßes erfolgen. Bei der „optimalen Konzentration“ muss der Zündpunkt Z2 nahe an der Zellenradschleuse zum Einsatz kommen. Auch am Zündpunkt Z3 (größtmöglicher Abstand zur Zellenradschleuse) müssen die Prüfungen bei der „optimalen Konzentration“ durchgeführt werden. An diesem Zündpunkt wird auch die Zündverzugszeit gegenüber dem in der Normenreihe EN 14034 gegebenen Wert auf bis zu 1,5 s geändert. Durch die Erhöhung des Anfangsdrucks des explosionsfähigen Gemischs in dem Prüfgefäß muss der Explosionsüberdruck bis auf den maximalen Explosionsprüfdruck der Zellenradschleuse erhöht werden. Die Prüfungen müssen nicht nur bei stillstehendem Rotor der Zellenradschleuse, sondern auch bei höchster Drehzahl des Rotors bei bestimmungsgemäßen Gebrauch vorgenommen werden. Die Förderrichtung muss entsprechend dem bestimmungsgemäßen Gebrauch gewählt werden.

e) Bewertung

Die Prüfung ist erfolgreich, wenn hinter der Zellenradschleuse keine Funken/Flammen während der Explosion auftreten.

Nach der erfolgreichen Prüfung für einen Staub kann die Zellenradschleuse für jeden Staub mit Ausnahme von kohlenstoffhaltigen und Metallstäuben mit einer Normspaltweite (NSW), die gleich oder größer als der für die Prüfung verwendete Staub ist, angewendet werden. Für kohlenstoffhaltige Stäube und Metallstäube begrenzen

die MZE und die MZT die Anwendung der Zellenradschleuse. Keine dauerhafte Verformung, die die maximal zulässige Spaltweite beeinflusst, ist zulässig.

ANMERKUNG Für Stäube wird NSW (mm) aus der MZE (mJ) und MZT (°C) unter Verwendung der folgenden Gleichung (Eckhoff, 2003) berechnet:

$$NZW = 1,01 * (MZE * (MZT + 273) / 273)^{0,157}$$

Dabei wird die MZE mit einer Induktion von 1 mH in dem Zündschaltkreis und die MZT einer Staubwolke in dem BAM-Prüfofen bestimmt.

Es wird darauf hingewiesen, dass der in der Prüfung vorgefundene maximale Spalt nicht der mit obigen Gleichung berechneten NSW entspricht.

Folgendes muss hinsichtlich des bestimmungsgemäßen Gebrauchs angegeben werden:

- 1) Explosionsfestigkeit der Entkopplungseinrichtung;
- 2) minimale Spatllänge.

7.3.3.6 Explosionsgeschützte Taktschleuse

a) Ziel der Funktionsprüfung

Mithilfe dieser Prüfung muss die Wirksamkeit des Geräts beurteilt werden. Dies muss durch Veränderung der Einflussparameter wie etwa dem maximalen reduzierten Explosionsüberdruck in dem Gehäuse und den Explosionseigenschaften (wie etwa K-Wert, MZE, MZT, Zündtemperatur, NSW) entsprechend dem bestimmungsgemäßen Gebrauch bestimmt werden.

Wenn ein Steuerungssystem sicherstellt, dass mindestens ein Prozessventil geschlossen wird, muss seine funktionale Sicherheit ebenfalls nachgewiesen werden. Siehe z.B. EN 61508:2010 und EN ISO 13849-1:2015.

b) Prüfaufbau

Der aus einem Kompaktgehäuse (mit einem Längen-(Höhen-)Durchmesser-Verhältnis kleiner als 2) in Kombination mit einer Rohrleitung bestehende Prüfstand muss den festgelegten bestimmungsgemäßen Gebrauch (Anwesenheit von Beschränkungen, Gehäusevolumen) widerspiegeln.

Für die Bestimmung des Flammendurchschlags müssen mindestens zwei Kameras verwendet werden, um die verschiedenen Betrachtungspositionen des Geräts zu erfassen.

c) Messtechnik

Mindestens die folgenden Parameter müssen gemessen werden:

- 1) Druck, mindestens ein Druckaufnehmer (Pt) im Gehäuse und einer unmittelbar vor der Explosions-Entkopplungseinrichtung.
- 2) Flamme, mindestens ein Detektor (Ft) direkt vor der Zellenradschleuse.
- 3) Flamme auf der geschützten Seite des geschlossenen Ventils. Mindestens zwei Kameras müssen verwendet werden.

d) Durchführung der Prüfungen

Die von dem Hersteller für die Prüfungen bereitgestellten Typen müssen die maximal zulässige Spaltbreite (= Verschleißtoleranz) aufweisen. Die Ventile müssen im Zustand zum Ende ihrer Lebensdauer geprüft

werden. Der Hersteller muss die Verschleißtoleranz bzw. den Zustand zum Ende der Lebensdauer in der Betriebsanleitung angeben.

1) Explosionsfähige Atmosphären

Ungeachtet dessen, ob eine explosionsfähige Atmosphäre durch Staub, Gas oder ein hybrides Gemisch erzeugt wird, muss sie Explosionsfähigkeiten repräsentieren, die von K-Werten entsprechend dem bestimmungsgemäßen Gebrauch bis zu dem geringsten erreichbaren K-Wert, der üblicherweise $K = 75 \pm 25 \text{ bar} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ für Stäube bzw. $K = 20 \pm 5 \text{ bar} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ für Gase beträgt, erreichen.

Für entflammbare Stäube muss die explosionsfähige Atmosphäre in dem Gefäß und der Leitung bis zu der Position der Ventilanordnung vorhanden sein. Für entflammbare Gase, Dämpfe und hybride Gemische muss die explosionsfähige Atmosphäre auch auf der geschützten Seite der Ventilanordnung vorhanden sein.

2) Funktionalität

i) Prüfbedingung mit kürzester Leitung

- Ventil nahe dem Gefäß geschlossen und zweites Ventil vollständig offen,
- Niedriger K-Wert und Zündung nahe der Leitung (Z2),
- Maximaler K-Wert und Zündung, die zu dem maximalen Druck im Gefäß von $p_{\text{red, max}}$ führen;

ii) Prüfbedingung mit längster Leitung:

- Ventil nahe dem Gefäß offen und zweites Ventil geschlossen.
- Maximaler K-Wert und Zündung, die zu dem maximalen Druck im Gefäß von $p_{\text{red, max}}$ führen.

Zusätzliche Prüfungen mit der längsten Leitung müssen mit teilweise geöffnetem Ventil nahe dem Gefäß (ungünstigste Position) durchgeführt werden, wenn eine Leckage nach außen als möglich angesehen wird, wenn das Ventil nahe dem Gefäß teilweise geöffnet und das zweite Ventil geschlossen ist.

Für jede Prüfbedingung sind mindestens zwei Prüfungen erforderlich.

Eine Prüfung des mit einem geschlossenen Gefäß verbundenen Geräts muss durchgeführt werden, wenn das Gerät auf druckfeste Einrichtungen sowie druckentlastete oder unterdrückte Einrichtungen angewendet werden muss. Zusätzliche Prüfungen mit dem an ein druckentlastetes oder unterdrücktes Prüfgefäß angeschlossenen Gerät sind erforderlich, um die Funktionalität des Geräts auch bei durch schwache Explosionen ausgelösten Ereignissen nachzuweisen.

e) Bewertung

Der Nachweis des Steuerungssystems ist erfolgreich, wenn niemals beide Ventile des Geräts (ganz oder teilweise) gleichzeitig offen sind und die Dauer, für die beide Ventile geschlossen sind, mehr als 3 s beträgt.

Der Nachweis des Steuerungssystems nach den Explosionsprüfungen ist nicht erforderlich, da eine dauerhafte Verformung aufgrund der Explosion akzeptabel ist.

Die Explosionsprüfung ist erfolgreich, wenn keine Funken/Flammen, die erwartungsgemäß zu einer Entzündung auf der nicht der Explosion ausgesetzten Seite der Entkopplungseinrichtung führen können, auftreten und das Gerät geschlossen bleibt.

Darüber hinaus muss Folgendes hinsichtlich des bestimmungsgemäßen Gebrauchs aufgezeichnet werden:

- 1) Höchstdruck
 - i) in dem Prüfgefäß $p_{\text{red, max}}$,
 - ii) in der Leitung nahe der Seite des Geräts, die der Explosion ausgesetzt ist $p_{\text{duct, max}}$,
 - iii) in der Leitung, sofern vorhanden, nahe der Seite der Explosionseinrichtung, die nicht der Explosion ausgesetzt ist;
- 2) maximaler Einbauabstand mit Bezugnahme auf die Druckfestigkeit des Gerätes;
- 3) minimaler Einbauabstand;
- 4) Eigenschaften von Staub, Gas und hybriden Gemischen (K -Wert, NSW, MZE, MZT);
- 5) Anwesenheit von Funken/Flammen auf der Außenseite;
- 6) Minstdauer, für die beide Ventile während der Betätigung geschlossen sind.

ANMERKUNG 1 Die Dauer, für die beide Ventile während einer Betätigung geschlossen sind, entspricht der maximalen Stoppzeit des Geräts nach der Explosion, um den Transport glühender Partikel zu der geschützten Seite zu verhindern.

Die Funktionstüchtigkeit des Systems der explosionsgeschützten Taktschleuse im Falle einer Explosion sollte getrennt geprüft werden.

ANMERKUNG 2 Dies ist nicht Bestandteil dieses Dokuments (siehe EN ISO 13850).

7.3.4 Modul C: Verifizierung von Gestaltungsverfahren

7.3.4.1 Allgemeines

Gestaltungsverfahren von Explosions-Entkopplungseinrichtungen werden vom Hersteller/Lieferanten von Entkopplungseinrichtungen oder -systemen zur Bestimmung des Einbauabstandes und außerdem bei Löschmittelsperren zur Bestimmung der Unterdrückungsmittelmenge, der Dauer ihrer Wirksamkeit sowie des Löschabstandes angewendet. Auf Grund der Besonderheit von Explosions-Entkopplungseinrichtungen werden Auslegungsverfahren lediglich für den Einsatz folgender Einrichtungen benutzt: passive Explosionschutzventile, aktive Explosionsschutzventile und Löschmittelsperren.

Gestaltungsverfahren erfordern die Berücksichtigung verschiedener Aspekte in Abhängigkeit von der Entkopplungseinrichtung, der zu schützenden Geometrie und der betreffenden explosionsfähigen Atmosphäre (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6 — Parameter, die auf die Konstruktion/den Einbauabstand einer Entkopplungseinrichtung Auswirkungen haben werden

Art der Entkopplungseinrichtung	Art der Erkennung ^a	Volumen des Gehäuses	Längen-Durchmesser-Verhältnis des Gehäuses	Leitungsdurchmesser	Hindernisse/Rohrbögen	$p_{\max}/p_{\text{red, max}}$	$K_{\max}/S_u$	Prozessbedingungen ^b	Unterdrückungsmittel-Konzentration	Brennstoffart (z. B. Staub, Gas, Hybrid, Metall usw.)	Art des Fördersystems
Passive Explosionschutzventile	—	x	x	x	x	x	x	x	—	X	x
Aktive Explosionschutzventile	F	x	x	x	x	x	x	x	—	X	x
	P	x	x	x	x	x	x	x	—	X	x
	F/P	x	x	x	x	x	x	x	—	X	x
Löschmittelsperren	F	x	x	x	x	x	x	x	x	X	—
	P	x	x	x	x	x	x	x	x	X	—
	F/P	x	x	x	x	x	x	x	x	X	—
ANMERKUNG Beispiele für die „Art des Fördersystems“ sind Leitungen, Kettenförderer und Becherwerke.											
^a Optischer Sensor an der Leitung ^P Drucksensor an dem Gehäuse ^b z. B. Druck, Temperatur, Durchflussgeschwindigkeit											

Die Einbauposition des Detektors oder Sensors muss von dem Hersteller definiert und in dem Gestaltungsverfahren wiedergegeben werden.

7.3.4.2 Verifizierung des Gestaltungsverfahrens

Gestaltungsverfahren müssen durch Vorhersagen für alle durchgeführten Funktionsprüfungen verifiziert werden. Es muss nachgewiesen werden, dass die Flammenposition in der Leitung in Abhängigkeit von der Zeit und dem maximalen Druck an der Position der Sperre durch das Gestaltungsverfahren für jede Prüfung korrekt vorhergesagt wird (gleich oder auf der sicheren Seite).

Der Umfang des Validierungsprozesses muss sowohl die Anzahl der Parameter, die das Gestaltungsverfahren vorhersagen kann, als auch die Anzahl der Entkopplungseinrichtungen/-systeme und der Erkennungsmittel innerhalb des Gestaltungsverfahrens widerspiegeln.

Jeder in dem Gestaltungsverfahren eingesetzte abhängige Parameter muss zur Validierung der Anwendbarkeit geprüft werden. Als eine Mindestanforderung zur Extrapolation über die Daten der Funktionsprüfung hinaus muss das Gestaltungsverfahren anhand zusätzlicher Explosionsprüfungsdaten validiert werden, die Konfigurationen mit Folgendem beinhalten:

- mindestens 3 verschiedene Gefäßvolumen;
- mindestens 3 verschiedene Leitungsdurchmesser;
- mindestens 2 verschiedene $K_{\max}$ -Werte;
- alle Brennstoffarten innerhalb des bestimmungsgemäßen Gebrauchs des Gestaltungsverfahrens;
- mindestens 2 verschiedene $p_{\text{red,max}}$ -Werte.

Das Gestaltungsverfahren muss in der Lage sein, die ungünstigsten Ausgangsbedingungen wie etwa den Zündort und Schweregrad der Explosion vorherzusagen. Die erfolgreiche Verifizierung eines Gestaltungsverfahrens ermöglicht die Extrapolation über die Funktionsprüfungsdaten hinaus.

Für diesen Validierungsprozess können veröffentlichte experimentelle Daten zusätzlich zu den verfügbaren Daten anderer experimenteller Prüfungen verwendet werden.

Anhang A enthält ein Beispiel für die Validierung eines Gestaltungsverfahrens.

7.4 Prüfbericht

Der Prüfbericht muss die folgenden Informationen enthalten:

- a) Brennstoffeigenschaften:
 - 1) Kenndaten für Korngrößenverteilung und Feuchtegehalt;
 - 2) Art der explosionsfähigen Atmosphäre und alle relevanten Explosionseigenschaften (z. B. $p_{\max}$, $K_{\max}$, MZT, MZE, NSW);
- b) Beschreibung der Prüfeinrichtung:
 - 1) Maßskizze der Prüfeinrichtung;
 - 2) Gehäuse- und Rohrvolumen, Längenverhältnis, Oberfläche;
 - 3) Staubverteilungssystem zum Erzeugen einer explosionsfähigen Atmosphäre;

- 4) Druckanstiegsrate der explosionsfähigen Atmosphäre in den Prüfgehäusen;
- 5) angewendete Zündverzugszeit (Turbulenzindex);
- 6) Beschreibung der Messeinrichtung;
- c) Eigenschaften des Explosions-Entkopplungssystems:
 - 1) Beschreibung der Entkopplungseinrichtung;
 - 2) Art des Explosionsdetektors;
 - 3) Position des Detektors;
 - 4) Auslösepunkt der Explosions-Entkopplungseinrichtung;
 - 5) Einbauort der Explosions-Entkopplungseinrichtung;
 - 6) CIE, sofern vorhanden;
- d) Ergebnisse:
 - 1) Prüfdaten;
 - 2) gemessener Auslösepunkt der Explosions-Entkopplungseinrichtung;
 - 3) minimaler und maximaler Einbauabstand;
 - 4) Druck vor und, falls erforderlich, hinter der Explosions-Entkopplungseinrichtung;
 - 5) Vergleich der Ergebnisse mit Nomogrammen oder mit einem mathematischen Modell, falls anwendbar;
- e) Zusätzliche Informationen:

Der Prüfbericht muss alle sachbezogenen Beobachtungen und Angaben enthalten, die unter Umständen nicht bereits oben umfassend beschrieben wurden.

8 Anleitung

Sämtliche Explosions-Entkopplungssysteme müssen mit Informationen ausgeliefert werden, die mindestens enthalten:

- 1) Beschreibung des bestimmungsgemäßen Gebrauchs des Explosions-Entkopplungssystems;
- 2) alle Einzelheiten der betrieblichen Anforderungen und Beschränkungen für den bestimmungsgemäßen Gebrauch;
- 3) Anforderungen an die Installation;
- 4) allgemeiner Lageplan des Entkopplungssystems (z. B. Flussrichtung, Ausrichtung usw.);
- 5) Weitere Informationen zur Anwendbarkeit nach Anhang F, Tabelle F.1 bis Tabelle F.4, die nicht in 1) bis 4) oben enthalten sind;
- 6) Anforderungen an die Inbetriebnahme;

- 7) Anforderungen an die Instandhaltung, einschließlich der Definition von Ersatzteilen, die von dem Endanwender montiert werden dürfen;
- 8) Überprüfungen sind in regelmäßigen Abständen vorzunehmen, um sicherzustellen, dass sich die Leistungsfähigkeit des Explosions-Entkopplungssystems nicht verringert und dieses im Falle einer Explosion weiterhin so funktioniert wie ursprünglich konzipiert;
- 9) vollständige Beschreibung der nach einer erfolgten Explosion durchzuführenden Maßnahmen.

Nachdem eine Explosion stattgefunden hat, ist eine Überprüfung der Einrichtung erforderlich. Nach Beenden möglicher Reparaturen und bevor das System erneut in Betrieb genommen wird, ist der Endanwender dafür verantwortlich, sicherzustellen, dass das Explosions-Entkopplungssystem vollständig betriebsbereit und für den bestimmungsgemäßen Gebrauch des Systems geeignet sind.

Die Produktdokumentation muss die Lebensdauer des Schutzsystems sowie alle notwendigen Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Funktion während der gesamten Lebensdauer angeben. Die Lebensdauer von Schutzsystemen muss durch die Anforderungen des Instandhaltungsplans gegeben sein, wie in den Benutzerinformationen beschrieben. Die maximale Lebensdauer von Explosionsschutzsystemen darf aufgrund der folgenden Einflussfaktoren grundsätzlich nicht überschritten werden:

- Korrosion oder chemische Reaktion (sichtbar, aber auch unsichtbar, wie etwa intergranulare Korrosion oder Versprödung);
- Abrieb oder mechanischer Verschleiß;
- Materialermüdung durch Prozess- und Umgebungsbedingungen;
- mechanische Beschädigungen;
- Weiterentwicklung des technischen Stands und Erkenntnis durch Forschung.

9 Kennzeichnung

9.1 Allgemeines

Jedes Bauteil, das Bestandteil des Explosions-Entkopplungssystems ist, muss dauerhaft nach 9.2 gekennzeichnet sein, außer wie in 9.4 erlaubt, vorzugsweise auf einem Typenschild, das am Bauteil sicher und deutlich sichtbar angebracht ist.

Das Explosions-Entkopplungssystem muss nach 9.3 einheitlich zugeordnet sein. Die Kennzeichnungen müssen dauerhaft sein und dürfen das Leistungsvermögen des Explosions-Entkopplungssystems nicht beeinträchtigen, und gegebenenfalls sind sie so anzubringen, dass sie nach Einbau sichtbar sind.

9.2 Kennzeichnung von Bauteilen eines Explosions-Entkopplungssystems

Die Kennzeichnung muss mindestens Folgendes beinhalten:

- a) Detektor/Sensor:
 - 1) Betriebstemperaturbemessung;
 - 2) Teilnummer und Typ;
 - 3) Seriennummer;
 - 4) Gerätekategorie;

- 5) Eindring-Schutzart (IP);
- 6) CE-Zeichen, falls zutreffend.
- b) HRD-Unterdrückungsmittelbehälter:
 - 1) Betriebstemperaturbemessung;
 - 2) Druckbemessung und Einstellung;
 - 3) Inhalt des HRD-Unterdrückungsmittelbehälters (Pulverart, Gasart, Betriebsdruck und Einstellung);
 - 4) Beschriftung, die angibt: „Druckgehäuse“ (falls zutreffend);
 - 5) Teilnummer und Typ;
 - 6) Seriennummer;
 - 7) Kennzeichnung zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen;
 - 8) IP-Schutzart (falls zutreffend).
- c) Explosions-Entkopplungsventil (passiv/aktiv):
 - 1) Betriebstemperaturbemessung;
 - 2) Explosionsdruckfestigkeit des Ventils;
 - 3) Kennzeichnung zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen.
- d) Zellenradschleuse:
 - 1) Betriebstemperaturbemessung;
 - 2) Explosionsdruckfestigkeit der Zellenradschleuse;
 - 3) Kennzeichnung zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen.
- e) explosionsgeschützte Taktschleuse:
 - 1) Betriebstemperaturbemessung;
 - 2) Explosionsdruckfestigkeit der explosionsgeschützten Taktschleuse;
 - 3) Kennzeichnung zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen.
- f) CIE:
 - 1) Betriebstemperaturbemessung;
 - 2) Teilnummer und Typ;
 - 3) Seriennummer;
 - 4) Kennzeichnung zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen, sofern zutreffend;
 - 5) IP-Schutzart.