

DIN EN 14460

ICS 13.230; 29.260.20

EntwurfEinsprüche bis 2017-01-25
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 14460:2007-07**Explosionsfeste Geräte;
Deutsche und Englische Fassung prEN 14460:2016**Explosion resistant equipment;
German and English version prEN 14460:2016Appareils résistants à l'explosion;
Version allemande et anglaise prEN 14460:2016**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-11-25 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm 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, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 72 Seiten

DIN-Normenausschuss Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 14460:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 305 „Explosionsfähige Atmosphären - Explosionsschutz“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium 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 der prEN 14460 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 14460:2007-07 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Überarbeitung des Anwendungsbereichs;
- b) Aktualisierung der Normativen Verweisungen;
- c) Hinzufügen des Begriffs „verschraubte Struktur“;
- d) neuer Abschnitt 4.2 „Auslegungsverfahren“ mit aufeinander aufbauenden Schritten hinzugefügt;
- e) neuer Abschnitt 5 „Werkstoffe für druckstoßfeste Konstruktionen“ hinzugefügt, der Kriterien für duktile und spröde Werkstoffe enthält;
- f) in Abschnitt 6 „Explosionsdruckstoßfeste Bauweise“ wurden die Unterabschnitte 6.4 „Spezielle Anforderungen an verschraubte Strukturen“ und 6.5 „Auslegungs- und Prüfdokumentation von explosionsdruckstoßfesten Geräten“ hinzugefügt;
- g) Anhang A „Berechnung des Auslegungsdruckes“ wurde aktualisiert und von „normativ“ auf „informativ“ geändert;
- h) Hinzufügen des informativen Anhangs B „Explosion in Rohren und miteinander verbundenen Behältern“;
- i) Hinzufügen des normativen Anhangs C „Verwendung der Finite-Elemente-Analyse (FEA) zur Auslegung explosionsdruckstoßfester Geräte“;
- j) Hinzufügen des informativen Anhangs D „Festlegung zulässiger Spannungen“;
- k) Hinzufügen des informativen Anhangs F „Wesentliche Änderungen zwischen diesem Standard und EN 14460:2006“;
- l) Aktualisierung des Anhangs ZA;
- m) Aktualisierung der Literaturhinweise;
- n) redaktionelle Überarbeitung.

Explosionsfeste Geräte

Appareils résistants à l'explosion

Explosion resistant equipment

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm

Dokument-Untertyp:

Dokument-Stage: CEN-Umfrage

Dokument-Sprache: D

STD Version 2.8f

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Explosionsfeste Geräte	8
4.1 Allgemeines	8
4.2 Auslegungsverfahren	8
4.3 Auslegungsdruck	9
4.4 Auslegungstemperatur	9
4.5 Zusatzlasten.....	9
4.6 Waddickenzugabe.....	9
5 Werkstoffe für druckstoßfeste Konstruktionen	9
5.1 Allgemeines	9
5.2 Kriterien für duktile Werkstoffe.....	10
5.3 Kriterien für spröde Werkstoffe	10
6 Explosionsdruckstoßfeste Bauweise	11
6.1 Allgemeines	11
6.2 Konstruktion	11
6.2.1 Festlegung zulässiger Spannungen	11
6.2.2 Schweißnahtfaktor	12
6.2.3 Flansche	12
6.3 Typprüfung explosionsdruckstoßfester Geräte.....	12
6.3.1 Allgemeines	12
6.3.2 Druckprüfung.....	13
6.3.3 Explosionsprüfung	13
6.4 Spezielle Anforderungen an verschraubte Strukturen	14
6.5 Auslegungs- und Prüfdokumentation von explosionsdruckstoßfesten Geräten.....	14
6.5.1 Dokumentation bei Auslegung mit Finite-Elemente-Methoden.....	14
6.5.2 Dokumentation bei Auslegung mit Fachnormen.....	14
6.5.3 Prüfdokumentation	15
7 Qualitätsdokumentation von explosionsdruckstoßfesten Geräten	15
7.1 Allgemeines	15
7.2 Werkstoffe.....	15
7.3 Schweißen	15
7.4 Verfahren für die Qualitätsprüfung von explosionsdruckstoßfesten Konstruktionen.....	15
7.4.1 Standardverfahren (Routineprüfung).....	15
7.4.2 Alternatives Verfahren für spezifische Fälle.....	16
8 Benutzerinformation	18
8.1 Kennzeichnung.....	18
8.2 Begleitdokumente	18
Anhang A (informativ) Berechnung des Auslegungsdruckes.....	19
A.1 Berechnung des Auslegungsdruckes für einzelne Behälter	19

Anhang B (informativ) Explosion in Rohren und miteinander verbundenen Behältern	20
B.1 Einkapselung.....	20
B.2 Druckentlastung und Unterdrückung	21
B.3 Explosionen in Rohren	21
B.4 Verwendung numerischer Modelle zur Abschätzung des Auslegungsdrucks	21
Anhang C (normativ) Verwendung der Finite-Elemente-Analyse (FEA) zur Auslegung explosionsdruckstoßfester Geräte	23
C.1 Software	23
C.2 Validierung	23
Anhang D (informativ) Festlegung zulässiger Spannungen.....	24
D.1 Allgemeines	24
D.2 Verifizierung über übliche Regeln für die Auslegung	24
D.3 Vergleichsspannungshypothesen.....	25
D.4 Vergleichsspannungshypothesen.....	26
D.4.1 Die „von-Mises-Hypothese“	26
D.4.2 Die „Tresca-Hypothese“	26
D.4.3 Die „Rankine-Hypothese“	27
D.5 Zulässige Spannung	27
Anhang E (informativ) Beispiele für Begrenzung von Spannungskonzentrationen	28
Anhang F (informativ) Maßgebliche Änderungen zwischen dieser Europäischen Norm und EN 14460:2006	30
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2014/34/EU.....	33
Literaturhinweise.....	34

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 14460:2016) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 305 „Explosionsfähige Atmosphären – Explosionsschutz“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wurde unter einem Normungsauftrag erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EG-Richtlinien.

Zum Zusammenhang mit EG-Richtlinien siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokumentes ist.

Einleitung

Die Prinzipien der integrierten Explosionssicherheit schließen die folgenden vom Hersteller vorzunehmenden Maßnahmen ein:

- a) Vermeidung der Bildung explosionsfähiger Atmosphären;
- b) Vermeidung der Entzündung der explosionsfähigen Atmosphären und
- c) wenn eine Explosion trotzdem stattfindet, diese sofort zum Stillstand zu bringen und/oder den Wirkungsbereich der Explosionsflammen und Explosionsdrücke auf ein ausreichend sicheres Maß zu begrenzen.

Wenn die Zündgefahrenanalyse des Gerätes zeigt, dass die Vermeidung von Zündquellen die Anforderungen der Kategorie für die bestimmungsgemäße Verwendung nicht erfüllt, müssen Verfahren nach c) angewendet werden.

Diese Norm legt die Anforderungen an Geräte fest, die explosionsfest sein müssen. Die Bedingung „Explosionsfestigkeit“ wird auf die Konstruktion eines Gehäuses angewendet, damit dieses einem vorhersehbaren Explosionsdruck standhalten kann, ohne zu bersten.

Der Begriff „Explosionsfestigkeit“ kann für Geräte, Komponenten und Schutzsysteme verwendet werden.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt die Anforderungen an explosionsfeste Geräte fest, die einer im Innern erfolgenden Explosion standhalten müssen, ohne zu bersten und ohne gefährliche Auswirkungen auf die Umgebung hervorzurufen. Sie ist auf Geräte (Behälter und Systeme) anwendbar, in denen Explosionen eine außergewöhnliche Belastung darstellen.

Es gibt zwei Arten explosionsfester Geräte: explosionsdruckfeste und explosionsdruckstoßfeste Geräte (siehe Bild 1).

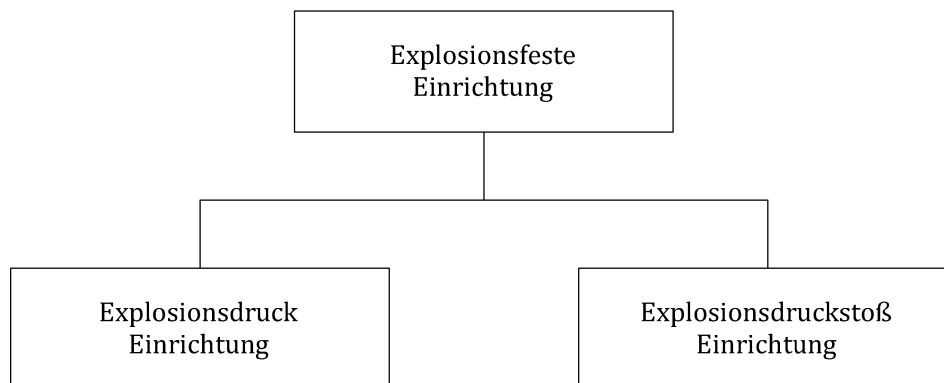


Bild 1 — Explosionsfeste Geräte

Explosionsdruckfeste Geräte müssen so gebaut sein, dass sie dem Explosionsdruck standhalten, ohne sich bleibend zu verformen und ohne gefährliche Auswirkungen auf die Umgebung hervorzurufen. Da die Auslegungs- und Berechnungsverfahren explosionsdruckfester Geräte den in EN 13445, Teil 1 bis Teil 6 „Unbefeuerte Druckbehälter“ beschriebenen ähnlich sind, werden sie in dieser Norm nicht erneut aufgeführt.

Bei explosionsdruckstoßfesten Geräten ist eine dauerhafte Verformung zulässig, sofern diese Geräte keine gefährlichen Auswirkungen auf die Umgebung hervorrufen. Diese Konstruktion wurde speziell für Explosionsschutzzwecke entwickelt. Diese Norm stellt die Anforderungen an explosionsdruckstoßfeste Geräte in den Mittelpunkt.

Diese Norm gilt für Atmosphären mit Absolutdrücken im Bereich von 800 mbar bis 1 100 mbar und Temperaturen im Bereich von -20°C bis $+60^{\circ}\text{C}$. Diese Norm kann auch für Auslegung, Konstruktion, Prüfung und Kennzeichnung von Geräten von Nutzen sein, die für Atmosphären außerhalb des oben festgelegten Anwendungsbereiches vorgesehen sind, sofern dieses Thema nicht durch spezifische Normen abgedeckt ist.

Diese Norm ist auf Geräte und Gerätekombinationen anwendbar, in denen sich Deflagrationen ereignen können. Sie ist nicht auf Geräte und Gerätekombinationen anwendbar, in denen Detonationen vorkommen können. In solchen Fällen müssen für die erforderliche Explosionsfestigkeit andere Auslegungskriterien herangezogen werden, die in dieser Norm nicht behandelt werden.

Sie ist nicht anwendbar auf einzelne Teile von Geräten, wie Motoren oder Getriebegehäuse, die so konstruiert sein können, dass sie einer internen Explosion widerstehen, die Gegenstand der EN 13463-3 ist.

Diese Norm gilt nicht für Offshore-Anwendungen.

Diese Norm darf nur auf Geräte angewendet werden, deren Explosionsfestigkeit durch Metall erreicht wird. Diese Norm behandelt nicht die mit den Explosionen einhergehende Brandgefahr, weder bezüglich der verarbeiteten noch der für die Konstruktion verwendeten Werkstoffe.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN ISO 9712, *Zerstörungsfreie Prüfung — Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung (ISO 9712:2012)*

EN 10002-1, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur*

EN 10204:2004, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen*

EN 13237:2013, *Explosionsgefährdete Bereiche — Begriffe für Geräte und Schutzsysteme zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen*

EN ISO/IEC 80079-34, *Explosionsgefährdete Bereiche — Teil 34: Anwendung von Qualitätsmanagementsystemen für die Herstellung von Geräten (ISO/IEC 80079-34)*

ISO 8421-1:1987, *Fire protection — Vocabulary — Part 1: General terms and phenomena of fire*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 13237:2013 und die folgenden Begriffe.

3.1

verschraubte Struktur

Struktur mit Schraubverbindungen, deren Auslegung nicht von veröffentlichten Normen abgedeckt ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Verschraubte Strukturen sind von Strukturen mit Flanschverbindungen zu unterscheiden, die nach Fachnormen ausgelegt werden können. Beispiele für verschraubte Strukturen im Sinne dieser Norm sind rechteckige Flansche und die Verwendung von Schrauben zur Befestigung von Blechen an einem Stahlrahmen oder für überlappende Blechkonstruktionen.

3.2

Deflagration

Explosion, die sich mit Unterschallgeschwindigkeit fortpflanzt

[QUELLE: ISO 8421-1:1987, 1.11]

3.3

Detonation

Explosion, die sich mit Überschallgeschwindigkeit fortpflanzt und durch eine Stoßwelle gekennzeichnet ist

[QUELLE: ISO 8421-1:1987, 1.12]

3.4

Explosion

plötzliche Oxidations- oder Zerfallsreaktion mit Anstieg der Temperatur, des Druckes oder von beiden gleichzeitig

[QUELLE: ISO 8421-1:1987, 1.13]

3.5

maximal zulässiger Explosionsdruck

p_{exmax}

berechneter maximaler Explosionsdruck, dem das Gerät standhalten wird

4 Explosionsfeste Geräte

4.1 Allgemeines

Explosionsfeste Geräte müssen einer im Innern erfolgenden Explosion standhalten, ohne zu bersten und ohne gefährliche Auswirkungen auf die Umgebung hervorzurufen.

Das Ausmaß gefährlicher Auswirkungen auf die Umgebung hängt von der bestimmungsgemäßen Verwendung des Gerätes ab. Die Bildung von Geschossen oder der vollständige Abriss von Gerätekomponenten (z. B. Dichtungen) ist unter allen Umständen als gefährliche Auswirkung anzusehen.

Komponenten des Systems können entweder explosionsdruckfest oder explosionsdruckstoßfest sein.

Explosionsdruckfeste Geräte müssen so gebaut sein, dass sie dem Explosionsdruck standhalten, ohne sich bleibend zu verformen und ohne gefährliche Auswirkungen auf die Umgebung hervorzurufen.

ANMERKUNG 1 Explosionsdruckfeste Geräte können unter Einhaltung geeigneter Sicherheitsfaktoren nach dem Stand der Technik ausgelegt, hergestellt und geprüft werden (siehe Literaturhinweise). Da die Auslegungs- und Berechnungsverfahren explosionsdruckfester Geräte den in EN 13445, Teil 1 bis Teil 6 „Unbefeuerte Druckbehälter“ beschriebenen ähnlich sind, werden sie in dieser Norm nicht erneut aufgeführt.

ANMERKUNG 2 Wenn Explosionen Teil des Normalbetriebs sind (zulässiger Betriebsdruck), finden die Auslegungsvorschriften dieser Norm keine Anwendung.

Bei explosionsdruckstoßfesten Geräten ist eine dauerhafte Verformung zulässig, sofern diese Geräte keine gefährlichen Auswirkungen auf die Umgebung hervorrufen. Diese Konstruktion wurde speziell für Explosionsschutzzwecke entwickelt. Daher stellt diese Norm die Anforderungen an explosionsdruckstoßfeste Geräte in den Mittelpunkt.

Im Allgemeinen wird zwischen folgenden Konstruktionen unterschieden:

- Auslegung für den maximalen Explosionsdruck (Einkapselung);
- Auslegung für den reduzierten Explosionsdruck in Kombination mit Explosionsdruckentlastung oder Explosionsunterdrückung.

4.2 Auslegungsverfahren

Das Verfahren zur Auslegung explosionsdruckstoßfester Geräte ist wie folgt:

- Geometrie festlegen;
- Auslegungsdruck, Auslegungstemperatur und Zusatzlasten festlegen (siehe 4.3, 4.4, 4.5);
- Werkstoffe auswählen (siehe 5);
- Sicherheitsfaktoren für Werkstoffeigenschaften festlegen (siehe 6.2.1);
- Berechnung nach dem Stand der Technik ausführen, basierend auf Fachnormen oder Finite-Elemente-Methoden oder Auslegung durch Prüfung bestätigen.

ANMERKUNG Siehe zusätzliche Informationen in den Literaturhinweisen.

4.3 Auslegungsdruck

Der Auslegungsdruck darf nicht kleiner sein als der maximale Überdruck, der in dem Gerät auftritt, wenn dieses Explosions- oder reduzierten Explosionsbedingungen ausgesetzt wird.

Wenn der Innenraum des Geräts in Sektionen aufgeteilt ist (z. B. mit Rohren verbundene oder mit Trennwänden oder Prallflächen ausgestattete Behälter), und in einer Sektion eine Explosion initiiert wird, erhöht sich der Druck in den übrigen Sektionen des Geräts. Demzufolge tritt eine Explosion in diesen Bereichen bei erhöhtem Anfangsdruck und/oder höherem Turbulenzniveau auf. Somit treten Explosionsdrücke auf, die höher als der unter atmosphärischen Bedingungen erwartete Wert sind. Bei solchen Anordnungen müssen entsprechende Maßnahmen ergriffen werden, entweder Explosions-Entkopplungsmaßnahmen oder eine explosionsfeste Auslegung, die aus repräsentativen Explosionsprüfungen oder validierter Explosionsmodellierung resultiert (siehe informativer Anhang B).

ANMERKUNG 1 Falls nicht anders festgelegt, sind die angegebenen Drücke Überdrücke.

ANMERKUNG 2 Wenn eine Explosion bei Drücken über dem atmosphärischen Luftdruck initiiert wird, erhöht sich der maximale Explosionsdruck proportional zum Anfangsdruck.

ANMERKUNG 3 Zur Vorgehensweise für die Ableitung des Auslegungsdruckes für Einkapselungen siehe Anhang A, für miteinander verbundene Behälter und Rohre siehe Anhang B. Für Druckentlastungen wird der Auslegungsdruck für Staubexplosionen aus EN 14491 und für Gasexplosionen aus EN 14994 abgeleitet. Für Explosions-Unterdrückungen wird der Auslegungsdruck nach EN 14373 vom Hersteller des Explosions-Unterdrückungssystems angegeben.

4.4 Auslegungstemperatur

Im Falle einer Explosionen kommt es in der Regel zu keiner signifikanten Erhitzung der Behälterwände. Deshalb sind die vorgesehenen Betriebstemperaturen (minimale und maximale) bei Anfangsdruck als Auslegungstemperaturen zu verwenden.

ANMERKUNG Die Auswirkung höherer Gastemperaturen aufgrund von exothermen Reaktionen (z. B. nachfolgendem Feuer) sollten in Bezug auf Dichtungen und Schrauben berücksichtigt werden. In Abhängigkeit von den Abmessungen des Gerätes könnten vollständig eingekapselte Leichtmetallstaubexplosionen zu erhöhten Wandtemperaturen führen, die bewertet werden sollten.

4.5 Zusatzlasten

Belastungen, die durch die Aktivierung von Druckentlastungseinrichtungen, durch Produktbeladung und/oder hydrostatische Last hervorgerufen werden, müssen berücksichtigt werden. Zusätzlich müssen jegliche anderen Lasten berücksichtigt werden, die zeitgleich mit der Explosion auftreten können (z. B. Windlast, Schneelast).

Werden für druckstoßfeste Geräte und Komponenten spröde Werkstoffe verwendet, muss beim Zusammenbau darauf geachtet werden, dass übermäßige oder ungleichmäßige Beanspruchung vermieden wird.

4.6 Wanddickenzugabe

Korrosions- und/oder Verschleißzugaben müssen entsprechend der bestimmungsgemäßen Verwendung vorgenommen werden (siehe Abschnitt 8). Diese müssen von der Auslegungswanddicke abgezogen werden, bevor Auslegungsberechnungen ausgeführt werden.

5 Werkstoffe für druckstoßfeste Konstruktionen

5.1 Allgemeines

Streckgrenz- und Bruchspannungen von Werkstoffen dürfen technischen Tabellen entnommen werden. Alternativ dürfen Werte der Werksbescheinigung nach EN 10204:2004, 3.1 zur Festlegung der zulässigen Berechnungsspannungen verwendet werden. Die Werksbescheinigung darf auch zur Klassifizierung des Werkstoffs in Bezug auf die Duktilität verwendet werden.

Werksbescheinigungen sind in Abhängigkeit von den gewählten Werten für die Qualitätsdokumentation erforderlich (siehe Abschnitt 7).

Der Werkstoff von Dichtungen oder anderen Abdichtungsvorrichtungen muss dem Explosionsdruck und der Flammeneinwirkung während der Explosion widerstehen. Dies beinhaltet die Vermeidung von Ausfällen aufgrund mechanischer Kräfte und thermischer Auswirkungen von Flammen und heißen Gasen. Gefährliche Auswirkungen auf die Umgebung sind zu verhindern.

Die Betriebsbedingungen (Umgebungs- und Betriebstemperatur sowie Umgebungs- und Betriebsdruck) müssen berücksichtigt werden, um die Dichtungsfunktion aufrecht zu erhalten.

5.2 Kriterien für duktile Werkstoffe

Bei der Auslegung explosionsdruckstoßfester Geräte dürfen ausschließlich Werkstoffe verwendet werden, die die mechanischen, thermischen und chemischen Anforderungen hinsichtlich Auslegung und bestimmungsgemäßer Verwendung des Gerätes erfüllen. Mindestanforderungen an die Werkstoffe müssen für den gesamten Temperaturbereich im Rahmen der bestimmungsgemäßen Verwendung gelten. Es ist besonders auf das Versprödungsverhalten bei niedrigen Temperaturen zu achten.

Duktile Werkstoffe im Sinne von EN 14460 sind:

- Stahl (ferritisch oder austenitisch) und Kugelgraphitguss mit
 - einer Bruchdehnung $A_5 \geq 14 \%$, einer Prüftemperatur von 20 °C und
 - einer Kerbschlagenergie $\geq 27 \text{ J}$, ISO V.

Die Prüftemperatur darf nicht höher als die niedrigste vorgesehene Betriebstemperatur sein und darf 20 °C nicht überschreiten.

Der Ausdruck „Stahl“ deckt z. B. Ferrit, Austenit und Gussstahl ab. Die Eigenschaften dieser Werkstoffe müssen anhand der vorgegebenen Kriterien hinsichtlich Duktilität bewertet werden.

- Aluminium mit
 - einer Bruchdehnung $A_5 \geq 20 \%$, einer Prüftemperatur von 20 °C und
 - Kerbschlagenergie, nicht festgelegt.

5.3 Kriterien für spröde Werkstoffe

Für Werkstoffe, die die Kriterien in 5.2 nicht erfüllen, sind die Berechnungsspannungen für spröde Werkstoffe in 6.2.1 zu verwenden.

ANMERKUNG Typische spröde Werkstoffe sind Grauguss, Aluminiumguss G-Al Mg 5 und G-Al Si Mg wa.

Zu Prüfzwecken können spröde Werkstoffe in zwei Gruppen unterteilt werden:

- Werkstoffe mit hoher Kerbschlagenergie: Werkstoffe mit einer minimalen Kerbschlagenergie von 14 J (Mittelwert aus drei Prüfungen), wobei einzelne Werte nicht unter 11 J liegen dürfen;
- Werkstoffe mit geringer Kerbschlagenergie: Werkstoffe, die die Kriterien hinsichtlich Kerbschlagenergie nicht erfüllen.

6 Explosionsdruckstoßfeste Bauweise

6.1 Allgemeines

Explosionsdruckstoßfeste Geräte müssen so ausgelegt sein, dass sie dem maximalen oder reduzierten Explosionsdruck ohne zu bersten standhalten können; sie dürfen sich jedoch bleibend verformen [siehe 8.2 i)].

Explosionsdruckstoßfeste Geräte müssen folgendermaßen konstruiert oder geprüft werden. Dies kann entweder durch

- a) Konstruktion nach 6.2, Qualitätsdokumentation nach 7.2, 7.3 und 7.4 für jedes Gerät, oder
- b) Druck- oder Explosionsprüfung als Typprüfung nach 6.3, Qualitätsdokumentation nach 7.2, 7.3 und 7.4 für jedes Gerät erfolgen.

6.2 Konstruktion

6.2.1 Festlegung zulässiger Spannungen

Zu Verifizierungszwecken können Konstruktionsvorschriften oder Finite-Elemente-Methoden verwendet werden.

Besondere Konstruktionsmerkmale, die zur Rissbildung führen können, müssen vermieden werden. Das erfordert die Begrenzung von Spannungskonzentrationen (Beispiele siehe Anhang E).

Wenn die Konstruktion nach technischen Normen ausgeführt wurde (Membran- oder zweidimensionale Spannung), sind die zulässigen Spannungen wie folgt:

duktiler, ferritischer Werkstoff $f_{df} = R_{p0,2}(\vartheta)/1$

duktiler, austenitischer Werkstoff $f_{da} = R_{2\%}(\vartheta)/1$

spröde Werkstoffe (siehe 5.3): $f_{Br} = R_m(\vartheta)/(1 + \frac{Z}{100})$

Wenn die Konstruktion nach Finite-Elemente-Methoden ausgeführt wurde (dreidimensionale Spannung), sind die zulässigen Spannungen wie folgt:

duktiler, ferritischer Werkstoff $f_{df} = 1,5 \times R_{p0,2}(\vartheta)/1$

duktiler, austenitischer Werkstoff $f_{da} = 1,5 \times R_{2\%}(\vartheta)/1$

spröde Werkstoffe (siehe 5.3): $f_{Br} = R_m(\vartheta)/(1 + \frac{Z}{100})$

Wenn $R_{2\%}$ für austenitische Werkstoffe nicht bekannt ist, darf $R_{1\%} + 10\%$ verwendet werden.

Die Variablen sind wie folgt:

f	zulässige Spannung
df	duktil, ferritisch
da	duktil, austenitisch
Br	spröde (en: brittle)

$R_{p0,2}$	Streckgrenzspannung
$R_2 \%$ oder $R_1 \%$	2-%- oder 1-%-Streckgrenze
R_m	maximale Zugspannung
Z	Brucheinschnürung

Die maximal zulässigen Spannungen dürfen die Bruchspannung des Werkstoffes nicht überschreiten.

Weitere Informationen zur Festlegung zulässiger Spannungen befinden sich in Anhang D.

Andere zulässige Spannungen dürfen verwendet werden, sofern das Berechnungsverfahren durch Prüfung nach 6.3.2 bzw. 6.3.3 validiert ist. In diesem Fall müssen Prüfanforderungen für Einzelprüfungen berücksichtigt werden.

6.2.2 Schweißnahtfaktor

Wenn das Gerät einer Qualifizierungsprüfung nach 7.3.1 (Druckprüfung) unterzogen wird, kann ein Schweißnahtfaktor von 1,0 verwendet werden.

Wenn das Gerät einer Qualifizierungsprüfung nach 7.3.2 (ohne Druckprüfung) unterzogen wird, gilt Folgendes:

- Wenn automatische, zertifizierte Schweißsysteme eingesetzt werden, darf ein Schweißnahtfaktor von 1,0 verwendet werden.
- Für manuelle Schweißungen muss ein Schweißnahtfaktor von 0,85 oder geringer angewendet werden.

6.2.3 Flansche

Die Berechnung nach technischen Regeln muss für den Zusammenbau (anfängliche Verformung der Dichtung) und für die Belastung, die sich durch den Explosionsdruck ergibt, erfolgen.

Entsprechend EN 1092-1 hergestellte Rohrflansche dürfen ohne Prüfung in Bezug auf explosionsdruckstoßfeste Geräte verwendet werden.

6.3 Typprüfung explosionsdruckstoßfester Geräte

6.3.1 Allgemeines

Alternativ zum in 6.2 definierten Auslegungsverfahren kann die Explosionsdruckstoßfestigkeit durch eine hydrostatische oder pneumatische Druckprüfung oder, alternativ, durch eine Explosionsprüfung nachgewiesen werden.

Hauptteile von Geräten müssen nach EN 10204:2004 (3.1) werkstoffzertifiziert sein.

Das Verhältnis $[R_{p0,2} \text{ (Prüfung)} / R_{p0,2} \text{ (Herstellung)}]$ der Eigenschaften des für die Typprüfung verwendeten Werkstoffs $[R_{p0,2} \text{ (Prüfung)}]$, wie in der Werkstoffzertifizierung angegeben] und den Eigenschaften des in der späteren Herstellung des Gerätes verwendeten Werkstoffs $[R_{p0,2} \text{ (Herstellung)}]$ z. B. minimale Eigenschaften nach Norm] müssen berücksichtigt werden. Der Prüfdruck muss entsprechend erhöht werden.

Die Geräte müssen mit dem nach Gleichung (4) unter Verwendung der Werte für F aus Tabelle 1 errechneten Druck geprüft werden.

Der Prüfdruck wird folgendermaßen berechnet:

$$p_t = F \times \frac{R_{p0,2}(20^\circ\text{C})}{R_{p0,2}(\vartheta)} \times p \times \frac{R_{p0,2}(\text{Prüfung})}{R_{p0,2}(\text{Herstellung})} \quad (4)$$

Dabei ist

- ϑ die Auslegungstemperatur, in °C;
- p_t der Prüfdruck, in barg;
- F der in Tabelle 1 festgelegte Faktor;
- $R_{p0,2}$ die Streckgrenze, in N/mm²; entsprechend der Werkstoffzertifizierung;
- p der Auslegungsdruck, in barg.

Das Verhältnis von $R_{p0,2}(20^\circ\text{C})$ zu $R_{p0,2}(\vartheta)$ darf als 1 angesehen werden, falls die Differenz zwischen Prüftemperatur und Auslegungstemperatur bei Stahl 100 K und bei Aluminium 50 K nicht überschreitet.

Bei Verwendung der Explosionsprüfung muss der erreichte Explosionsdruck mindestens dem geforderten Prüfdruck entsprechen.

6.3.2 Druckprüfung

Die Druckprüfung von explosionsdruckstoßfesten Geräten muss mit einem Prüfdruck durchgeführt werden, der nach Gleichung (4) mit einem Faktor aus Tabelle 1 errechnet wird und nicht weniger als 3 min anliegen darf. Eine dauerhafte Verformung ist zulässig, jedoch dürfen hierbei kein Aufreißen und keine gefährlichen Auswirkungen auf die Umgebung auftreten.

Die Prüftemperatur und der Prüfdruck müssen im Prüfbericht angegeben werden.

6.3.3 Explosionsprüfung

Die Explosionsprüfungen müssen mit der explosionsfähigen Atmosphäre, für die das Gerät bestimmungsgemäß verwendet wird, oder mit einer Prüfatmosfera mit ähnlichen sicherheitstechnischen Eigenschaften (maximaler Explosionsdruck, maximaler zeitlicher Explosionsdruckanstieg) durchgeführt werden. Der Explosionsdruck muss durch ein Druckaufzeichnungssystem aufgezeichnet werden (Grenzfrequenz ≥ 100 kHz), das mit dem Gerät verbunden ist. Der resultierende maximale Explosionsdruck muss mindestens die Werte erreichen, die mit Gleichung (4) und einem in Tabelle 1 festgelegten Faktor berechnet wurden. Als Ergebnis der Prüfung darf eine dauerhafte Verformung auftreten, jedoch kein Aufreißen mit gefährlichen Auswirkungen auf die Umgebung. Das verwendete Prüfgemisch, die Prüftemperatur, der aufgezeichnete Druckverlauf und der maximale Explosionsdruck müssen im Prüfbericht angegeben werden.

Tabelle 1 — Werte von Faktor F nach Gleichung (4)

	A Druckprüfung	B Explosionsprüfung
duktiler Werkstoffe nach 5.2	1,1	1,1
spröde Werkstoffe mit hoher Kerbschlagenergie nach 5.3	1,3	1,3
spröde Werkstoffe mit geringer Kerbschlagenergie nach 5.3	2,0	2,0
ANMERKUNG Dauerhafte Verformungen bei der Typprüfung sind zulässig, jedoch sollte dies nicht zum Bersten und zu gefährlichen Auswirkungen führen.		

6.4 Spezielle Anforderungen an verschraubte Strukturen

Explosionsdruckfeste Geräte, die aus verschraubten Strukturen bestehen, müssen dem Explosionsdruck mit oder ohne bleibenden Verformungen standhalten und dürfen keine gefährlichen Auswirkungen auf die Umgebung hervorrufen. Flammenaustritt sowie übermäßige Abgabe von Druck und/oder heißen Gasen/Stäuben während der Explosion durch Spalten zwischen Bauteilen der Konstruktion in die Umgebung ist als gefährliche Auswirkung anzusehen. Die Auslegungs- und Prüfverfahren inklusive der Prüfkriterien für verschraubte Strukturen müssen diesen Punkt abdecken.

Dichtungen oder andere Abdichtungsvorrichtungen, die zur Verhinderung von gefährlichen Auswirkungen ausgelegt sind, müssen Teil des Auslegungsverfahrens sowie der Typ- und Routineprüfungen sein.

Sofern verschraubte Strukturen ausschließlich unter Verwendung der Finite-Elemente-Analyse ausgelegt wurden und nicht von anderen Fachnormen abgedeckt sind, muss die Bewertung der Auswirkungen von Verformungen auf einer experimentellen Validierung von Prototypen mit ähnlicher Geometrie basieren.

6.5 Auslegungs- und Prüfdokumentation von explosionsdruckstoßfesten Geräten

6.5.1 Dokumentation bei Auslegung mit Finite-Elemente-Methoden

Beim Einsatz von Finite-Elemente-Methoden bei der Auslegung, sind die folgenden Punkte anzugeben:

- Software- und Versionsinformationen (inkl. Solver);
- Modellbeschreibung:
 - Geometrie inklusive relevanter Details (Zeichnungs- und Geometriedaten);
 - Randbedingungen;
 - Lasten;
 - modellspezifische Einschränkungen.
- Ableitung zulässiger Spannungen;
- Grafische Darstellung der Berechnungsergebnisse wie folgt:
 - Übersicht des numerischen Gitternetzes mit Schwerpunkt auf relevante geometrische Einzelheiten;
 - Spannungen (z. B. Spannungsverteilung auf der Oberfläche, Linien konstanter Spannung, Pfeildiagramme);
 - Verformungen.
- Vergleich der Ergebnisse mit den zulässigen Spannungen;
- Zusammenfassung und Auswertung mit Bezug auf die Anwendung.

6.5.2 Dokumentation bei Auslegung mit Fachnormen

Beim Einsatz von Fachnormen bei der Auslegung sind die folgenden Punkte anzugeben:

- verwendete technische Regeln (z. B. Norm);
- Beschreibung des Verfahrens:
 - Geometrie inklusive relevanter Details (Zeichnung und geometrische Daten);
 - Randbedingungen;
 - Lasten.
- Ableitung zulässiger Spannungen;
- Vergleich der resultierenden Spannungen mit den zulässigen Spannungen;
- Zusammenfassung und Auswertung mit Bezug auf die Anwendung.

6.5.3 Prüfdokumentation

Prüfungen müssen wie folgt dokumentiert werden:

- Beschreibung des geprüften Geräts (Zeichnung und geometrische Daten);
- Werkstoffzertifizierung des für die Prüfung verwendeten Geräts, z. B. nach EN 10204:2004, 3.1;
- Ableitung des Prüfdrucks (siehe 6.3.1);
- Prüfergebnisse:
 - Druckverlauf während der Prüfungen;
 - maximaler Druck;
 - Verformungen (z. B. Fotografien);
 - Berstdruck (falls zutreffend).

ANMERKUNG Im Sinne dieses Prüfberichtes bezeichnet ein Gerät die gesamte Einheit inklusive Zubehörteile wie Schrauben, Klemmen usw.

7 Qualitätsdokumentation von explosionsdruckstoßfesten Geräten

7.1 Allgemeines

Alle Abmessungen des Gerätes müssen mit den Konstruktionszeichnungen übereinstimmen.

7.2 Werkstoffe

Wenn Werte aus technischen Tabellen verwendet werden, ist keine spezifische Werkstoffdokumentation erforderlich.

Andernfalls muss die Werkstoffzertifizierung der Teile des Geräts, die für die Druckstoßfestigkeit verantwortlich sind, den Vorgaben in EN 10204:2004, 3.1 entsprechen.

7.3 Schweißen

Es muss nachgewiesen und dokumentiert werden, dass die Schweißverfahren und Schweißerzulassungen den Anforderungen des Auslegungsverfahrens entsprechen (siehe EN ISO/IEC 80079-34).

ANMERKUNG Zusätzliche Informationen können ISO 3834 entnommen werden.

7.4 Verfahren für die Qualitätsprüfung von explosionsdruckstoßfesten Konstruktionen

7.4.1 Standardverfahren (Routineprüfung)

Jede durchgeführte zerstörungsfreie Prüfung und/oder Druckprüfung muss dokumentiert werden.

Alle explosionsdruckstoßfesten Geräte müssen mit einem nach Gleichung (5) unter Verwendung der entsprechenden Werte für F aus Tabelle 2 errechneten Druck geprüft werden.

Der Prüfdruck wird folgendermaßen berechnet:

$$p_t = F \times \frac{R_{p0,2}(20^\circ\text{C})}{R_{p0,2}(\vartheta)} \times p \quad (5)$$

Dabei ist

- ϑ die Auslegungstemperatur, in °C;
- p_t der Prüfdruck, in barg;
- F der in den folgenden Abschnitten festgelegte Faktor;
- $R_{p0,2}$ die Mindeststreckgrenze, in N/mm² nach EN 10002-1;
- p der Auslegungsdruck, in barg.

Das Verhältnis von $R_{p0,2}(20^\circ\text{C})$ zu $R_{p0,2}(\vartheta)$ darf als 1 angesehen werden, falls die Differenz zwischen Prüftemperatur und Auslegungstemperatur bei Stahl 100 K und bei Aluminium 50 K nicht überschreitet.

Der Prüfdruck darf nicht weniger als 3 min anliegen und während der Prüfung darf keine dauerhafte Verformung auftreten.

Die Prüftemperatur und der Prüfdruck müssen im Prüfbericht angegeben werden.

Bei Routineprüfungen sind dauerhafte Verformungen unzulässig.

Tabelle 2 — Werte von Faktor F nach Gleichung (5)

	Druckprüffaktor F (Qualitätsprüfung)
duktiler Werkstoffe nach 5.2	$R_{p0,2}/R_m \times 1,1$
spröde Werkstoffe mit hoher Kerbschlagenergie nach 5.3	$R_{p0,2}/R_m \times 1,3$
spröde Werkstoffe mit geringer Kerbschlagenergie nach 5.3	$R_{p0,2}/R_m \times 2$

7.4.2 Alternatives Verfahren für spezifische Fälle

In einigen Fällen ist die Durchführung des Standardverfahrens für ein Gerät nach 7.4.1 aus technischen Gründen und/oder aus Gründen der Sicherheit unmöglich. Die entsprechenden Gründe sind wie folgt:

- übermäßige hydraulische Belastung der Gerätestruktur, die hydraulische Prüfungen unmöglich machen (Risiko von Beschädigungen aufgrund des Gewichtes von Wasser);
- Berstungsrisiko des Gerätes bei pneumatischen Prüfungen, wenn bei einer Routineprüfung dauerhafte Verformungen am Gerät auftreten.

Die Dokumentation muss den Grund für die Abweichung vom Standardverfahren enthalten.

In diesen Fällen dürfen die folgenden Verfahren verwendet werden. Für jede Kombination der angegebenen Konstruktionstypen müssen sämtliche Verfahren eingesetzt werden.

7.4.2.1 Verschweißte Strukturen

Die Gerätequalität muss wie folgt nachgewiesen werden:

- Werkstoffzertifikate nach EN 10204:2004, 3.1;
- zerstörungsfreie Prüfung von Schweißungen:

Das Prüfpersonal muss nach EN 9712 qualifiziert sein.

Alle Schweißungen werden von beiden Seiten einer Sichtprüfung (EN 13018) unterzogen. Mindestens 5 % der Gesamtlänge aller Schweißungen werden einer zerstörungsfreien Prüfung unterzogen:

- 1) Oberflächenprüfung [z. B. Eindringprüfung (EN ISO 3452), Magnetpulverprüfung (EN ISO 9934)] für Waddicken unter 12 mm;
- 2) falls zutreffend: Stichproben [z. B. Ultraschallprüfungen (EN 583), Röntgenprüfung (EN ISO 5579)] für Waddicken von 12 mm und darüber, andernfalls Oberflächenprüfung.

ANMERKUNG Das Risiko fehlerhafter Schweißungen wird durch den Schweißnahtfaktor (siehe 6.2.2) kompensiert.

7.4.2.2 Verschraubte Strukturen

Die Gerätequalität muss wie folgt nachgewiesen werden:

- Werkstoffzertifikate nach EN 10204:2004, 3.1;
- Liste der verwendeten Schrauben mit Angabe der qualitativen Merkmale oder angewandten Normen für jeden Schraubentyp und jede Schraubengröße;
- das bei der Montage angewandte Drehmoment;
- Spezifikationen des Dichtungsmaterials (Zementierung) und angewandte Verfahren;
- Vergleich der Schrauben und der Abstände zwischen den Schrauben mit den Konstruktionszeichnungen.

7.4.2.3 Gusswerkstoffe

Die Gerätequalität muss wie folgt nachgewiesen werden:

- Qualität des Lieferanten (z. B. Erstmusterkontrolle), experimentelle Prüfungen in regelmäßigen Abständen (stochastische Probenahme);
- Werkstoffzertifikate nach EN 10204:2004, 3.1;
- Sicherheitsmargen bei typgeprüften Proben zur Kompensation von Abweichungen in der Herstellung (z. B. Kernbewegung während des Gussverfahrens).

ANMERKUNG 1 Bei Sicherheitsmargen kann es sich entweder um geometrische Margen oder um erhöhte Prüfdrücke für die Typprüfung handeln.

ANMERKUNG 2 Dies erfordert quantitative Kenntnisse der möglichen Herstellungsabweichungen.

8 Benutzerinformation

8.1 Kennzeichnung

Alle explosionsfesten Geräte müssen an ihrem Hauptkörper an sichtbarer Stelle markiert sein. Diese Markierung muss leserlich und unter Berücksichtigung möglicher chemischer Korrosion dauerhaft haltbar angebracht sein.

Die Kennzeichnung muss Folgendes enthalten:

- a) Name und Adresse des Herstellers;
- b) Typbezeichnung des Herstellers;
- c) Baujahr;
- d) Seriennummer;
- e) maximaler Betriebsdruck und maximale Betriebstemperatur;
- f) Information darüber, ob das Gerät explosionsdruckfest oder explosionsdruckstoßfest ist;
- g) Explosionsfestigkeitsdruck.

8.2 Begleitdokumente

Der Hersteller muss mindestens die folgenden schriftlichen Anleitungen beifügen:

- a) die Wiedergabe der auf dem Gerät angebrachten Informationen;
- b) ausführliche Beschreibung der Betriebsbedingungen;
- c) Informationen über zulässigen Verschleiß oder Korrosion;
- d) Information darüber, ob das Gerät explosionsdruckfest oder explosionsdruckstoßfest ist;
- e) Dokumentation des Auslegungsverfahrens oder der Typprüfungen (6.2 und 6.3) und des Explosionsfestigkeitsdrucks;
- f) Dokumentation der Qualitätsprüfung nach Abschnitt 7;
- g) eine vollständige Beschreibung der Vorgehensweise bei Inbetriebnahme und Wartung und der erforderlichen regelmäßigen Inspektion. Regelmäßige Kontrollen auf Korrosion oder Verschleiß sind dann nötig, wenn am Gerät Korrosion oder Verschleiß auftreten kann;
- h) detaillierte Informationen über das Drehmoment bei verschraubten Strukturen und Informationen bezüglich der korrekten Montage von Dichtungen oder anderen Abdichtungsvorrichtungen;
- i) Zeitintervalle für den Austausch von Dichtungen und anderen Abdichtungsvorrichtungen, die zur Verhinderung von gefährlichen Auswirkungen auf die Umgebung ausgelegt sind;
- j) eine vollständige Beschreibung der Vorgehensweise, der nach einer Explosion zu folgen ist.

Die Vorgehensweise nach einer Explosion muss mindestens die folgenden Schritte beinhalten:

- Prüfung auf dauerhafte Verformungen (Messung);
- Prüfung auf Auswirkungen überhöhter Temperaturen (z. B. Verfärbung).

Wenn dauerhafte Verformungen und überhöhte Temperaturen aufgetreten sind, darf das Gerät nicht verwendet werden, bis der Beweis für eine weiterhin gegebene Explosionsfestigkeit erbracht wurde.

Anhang A (informativ)

Berechnung des Auslegungsdruckes

A.1 Berechnung des Auslegungsdruckes für einzelne Behälter

Der Auslegungsdruck p und somit auch die Explosionsfestigkeit der Geräte ist als Überdruck festgelegt. Daher gibt er den erwarteten maximalen Explosionsüberdruck oder den reduzierten Explosionsüberdruck an.

Für druckentlastete Systeme oder Unterdrückungs-Systeme wird der reduzierte Explosionsüberdruck von der Konstruktion des Schutzsystems abgeleitet (siehe EN 14491, EN 14994, EN 14373).

Wenn eine Einkapselung als Schutz eingesetzt wird, muss der maximale Explosionsdruck verwendet werden, der nach EN 14034 bestimmt wird.

Bei der Bestimmung des erforderlichen Auslegungsdruckes p muss der Anfangsdruck p_v nur dann berücksichtigt werden, wenn er weniger als 90 kPa oder mehr als 110 kPa absolut beträgt:

$$p = \frac{p_{\max 0} \times p_v}{p_0} - 100 \text{ kPa} \quad (\text{A.1})$$

Dabei ist

p_0 der ungefähre Atmosphärendruck, immer $p_0 = 100 \text{ kPa}$ absolut;

$p_{\max, \text{abs}0}$ $p_{\max}$, wenn der Anfangsdruck 100 kPa absolut ist;

p_v der Anfangsdruck, der

p

ANMERKUNG Die Drücke $p_{\max}$, $p_{\max 0}$, p_0 und p_v sind absolute Drücke.

Anhang B (informativ)

Explosion in Rohren und miteinander verbundenen Behältern

In miteinander verbundenen Behältern können Vorkompressionseffekte und Flammenstrahlzündungen auftreten. Bei Explosionen in Rohren können ebenfalls erhebliche explosionsverstärkende Effekte auftreten. In diesen Fällen ist die Bestimmung eines geeigneten Auslegungsdrucks zur Festlegung der Abmessungen explosionsfester Geräte auf Grundlage empirischer Formeln aus harmonisierten Europäischen Normen streng auf spezifische Randbedingungen wie die Geometrie des Gerätes, die Prozessbedingungen im Normalbetrieb des Gerätes und die Merkmale der explosionsfähigen Atmosphäre begrenzt.

Grundsätzlich können die oben aufgeführten Auswirkungen von Vorkompressionseffekten, Flammenstrahlzündungen und allgemeinen explosionsverstärkenden Effekten aufgrund von Turbulenzen in verbundenen Behältern oder Rohren durch geeignete Explosionsentkopplungsmaßnahmen vermieden werden (siehe EN 15089, EN 16447 und EN 16020). In allen anderen Fällen muss der Explosionsdruck entweder durch Explosionsversuche, validierte empirische Formeln oder validierte numerische Simulationen bestimmt werden. Es muss sichergestellt werden, dass die Randbedingungen der experimentellen, empirischen oder numerischen Modelle die bestimmungsgemäße Verwendung des Gerätes abdecken. Dies gilt hinsichtlich der Explosionsmerkmale des explosiven Gemisches, der anfänglichen Prozessbedingungen vor der Zündung (Prozesstemperatur, Prozessdruck, anfängliche Stoffkonzentration), der Geometrie des Systems aus verbundenen, während der Ausbreitung der Explosion Turbulenzen verursachenden Behältern usw..

Während der Ausbreitung von Flammen durch Rohre oder miteinander verbundene Behälter können sich Explosionen zu Detonationen entwickeln. Detonationen sind nicht Gegenstand dieser Norm, was auch die empirischen und numerischen Modelle in diesem Anhang mit einschließt. Die Übergangskriterien von Deflagrationen/Detonationen sollten separat untersucht werden.

B.1 Einkapselung

Bei miteinander verbundenen Behältern sollte bei der Bestimmung der erforderlichen Explosionsfestigkeit auch ein möglicher Vorkompressionseffekt in Betracht gezogen werden. Es ist hinreichend bekannt, dass der Explosionsdruck vom Druck vor der Zündung abhängt. Bei miteinander verbundenen Behältern kann eine Explosion in den Primärbehältern (vor der Explosion mutmaßlich unter Atmosphärendruck) zu einem Druckanstieg im sekundären Behälter führen, bevor die Flamme diesen erreicht. Somit kann die Explosion im sekundären Behälter bei einem zum Zeitpunkt der Zündung erhöhten Druck stattfinden, was zu einem proportional erhöhten Explosionsüberdruck führt.

$$p_{max,secondary} = \frac{p_{max,primary} \times p_{0,secondary}}{p_{0,primary}} \quad (B.1)$$

Die Auswirkungen des Vorkompressionseffektes sind in der Literatur nicht detailliert dokumentiert. Daher stehen Leitlinien für spezifische Situationen auf Grundlage von Summenformeln nur in begrenztem Umfang zur Verfügung, siehe Holbrow P., Lunn G.A., Tyldesley A. 1999.