

DIN EN 1127-1

ICS 13.230

Ersatz für
DIN EN 1127-1:1997-10**Explosionsfähige Atmosphären –
Explosionsschutz –
Teil 1: Grundlagen und Methodik;
Deutsche Fassung EN 1127-1:2007**

Explosive atmospheres –
Explosion prevention and protection –
Part 1: Basic concepts and methodology;
German version EN 1127-1:2007

Atmosphères explosives –
Prévention de l'explosion et protection contre l'explosion –
Partie 1: Notions fondamentales et méthodologie;
Version allemande EN 1127-1:2007

Gesamtumfang 54 Seiten

Normenausschuss Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG) im DIN

Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab 2008-02-01.

Nationales Vorwort

Diese Norm enthält sicherheitstechnische Festlegungen.

Dieses Dokument (EN 1127-1:2007) wurde von der Arbeitsgruppe 4 des CEN/TC 305 „Terminologie und Methodik“ (Sekretariat: DIN, Deutschland) erarbeitet.

Für Deutschland war der Arbeitsausschuss NA 095-02-06 AA „Terminologie, Methodik“ des Normenausschusses Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. an der Bearbeitung beteiligt.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1127-1:1997-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Begriffe im Abschnitt 3 an die Definitionen in DIN EN 13237 und in den zugehörigen EG-Richtlinien angepasst;
- b) die Abschnitte 6.3.2 und 6.3.3 in neuen informativen Anhang B "Einteilung der Zonen für Gase/Dämpfe und für Stäube" aufgenommen;
- c) Verzeichnis „Literaturhinweise“ aufgenommen;
- d) gesamtes Dokument redaktionell überarbeitet und dabei alle Verweisungen aktualisiert.

Frühere Ausgaben

DIN EN 1127-1: 1997-10

Deutsche Fassung

**Explosionsfähige Atmosphären —
Explosionsschutz —
Teil 1: Grundlagen und Methodik**

Explosive atmospheres —
Explosion prevention and protection —
Part 1: Basic concepts and methodology

Atmosphères explosives —
Prévention de l'explosion et protection contre l'explosion —
Partie 1: Notions fondamentales et méthodologie

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 21. Oktober 2007 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Erkennen von Gefährdungen	8
4.1 Allgemeines	8
4.2 Verbrennungseigenschaften	8
4.3 Voraussetzungen für eine Entzündung	9
4.4 Explosionsverhalten.....	9
5 Elemente der Risikobeurteilung.....	9
5.1 Allgemeines	9
5.2 Wahrscheinlichkeit des Auftretens von explosionsfähiger Atmosphäre und ihrer Menge	10
5.2.1 Allgemeines	10
5.2.2 Dispersionsgrad brennbarer Stoffe	10
5.2.3 Konzentration brennbarer Stoffe	10
5.2.4 Menge explosionsfähiger Atmosphäre	11
5.3 Vorhandensein von wirksamen Zündquellen	11
5.3.1 Allgemeines	11
5.3.2 Heiße Oberflächen	11
5.3.3 Flammen und heiße Gase (einschließlich heißer Partikel).....	12
5.3.4 Mechanisch erzeugte Funken.....	12
5.3.5 Elektrische Anlagen	13
5.3.6 Elektrische Ausgleichsströme, kathodischer Korrosionsschutz	13
5.3.7 Statische Elektrizität.....	14
5.3.8 Blitzschlag	14
5.3.9 Elektromagnetische Wellen im Bereich der Frequenzen von 10^4 Hz bis 3×10^{12} Hz (Hochfrequenz).....	14
5.3.10 Elektromagnetische Wellen im Bereich der Frequenzen von 3×10^{11} Hz bis 3×10^{15} Hz	15
5.3.11 Ionisierende Strahlung.....	15
5.3.12 Ultraschall.....	15
5.3.13 Adiabatische Kompression und Stoßwellen.....	15
5.3.14 Exotherme Reaktionen, einschließlich Selbstentzündung von Stäuben.....	16
5.4 Mögliche Auswirkungen einer Explosion	16
6 Risikominderung.....	17
6.1 Grundlegende Prinzipien	17
6.2 Vermeiden oder Einschränken explosionsfähiger Atmosphäre.....	18
6.2.1 Allgemeines	18
6.2.2 Prozessparameter.....	18
6.2.3 Planung und Ausführung von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten	19
6.3 Einteilen der explosionsgefährdeten Bereiche	21
6.4 Anforderungen an den Entwurf und die Ausführung von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten hinsichtlich des Vermeidens wirksamer Zündquellen	21
6.4.1 Allgemeines	21
6.4.2 Heiße Oberflächen	23
6.4.3 Flammen und heiße Gase	24
6.4.4 Mechanisch erzeugte Funken.....	24
6.4.5 Elektrische Anlagen	25
6.4.6 Elektrische Ausgleichsströme, kathodischer Korrosionsschutz	25
6.4.7 Statische Elektrizität.....	26
6.4.8 Blitzschlag	26

6.4.9	Hochfrequente elektromagnetische Wellen im Bereich der Frequenzen von 10^4 Hz bis 3×10^{12} Hz.....	27
6.4.10	Elektromagnetische Wellen im Bereich der Frequenzen von 3×10^{11} Hz bis 3×10^{15} Hz.....	27
6.4.11	Ionisierende Strahlung.....	28
6.4.12	Ultraschall	28
6.4.13	Adiabatische Kompression und Stoßwellen	29
6.4.14	Exotherme Reaktionen, einschließlich Selbstentzündung von Stäuben	29
6.5	Anforderungen an den Entwurf und die Ausführung von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten hinsichtlich des Beschränkens der Explosionsauswirkungen	30
6.5.1	Allgemeines	30
6.5.2	Explosionsfeste Bauweise	31
6.5.3	Explosionsdruckentlastung	32
6.5.4	Explosionsunterdrückung	33
6.5.5	Verhindern der Explosionsübertragung (explosionstechnische Entkoppelung)	33
6.6	Notfallmaßnahmen	35
6.7	Grundsätze für Mess- und Regeleinrichtungen im Explosionsschutz	35
7	Benutzerinformation	36
7.1	Allgemeines	36
7.2	Angaben zu den Geräten, Schutzsystemen und Komponenten	36
7.3	Angaben für Inbetriebnahme, Wartung und Instandsetzung hinsichtlich des Explosionsschutzes	37
7.4	Qualifikationen und Schulung	37
Anhang A (informativ)	Information über Werkzeuge zum Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen	38
Anhang B (informativ)	Einteilung der Zonen für Gase/Dämpfe und für Stäube	39
B.1	Allgemeines	39
B.2	Zonen für Gase/Dämpfe	39
B.3	Zonen für Stäube	40
Anhang C (informativ)	Beziehung zwischen Kategorien und Zonen.....	41
Anhang D (informativ)	Konzepte zum Einsatz von Mess- und Regeleinrichtungen zum Vermeiden wirksamer Zündquellen	42
Anhang ZA (informativ)	Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EG-Richtlinie 94/9/EG.....	43
Anhang ZB (informativ)	Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EG-Richtlinie 98/37/EG.....	44
Anhang ZC (informativ)	Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EG-Richtlinie 2006/42/EG.....	45
Literaturhinweise.....		46
Stichwortverzeichnis.....		50
Bilder		
Bild 1 — Schema für explosionsfeste Bauweise		31
Tabellen		
Tabelle C.1 — Beziehung zwischen Kategorien und Zonen		41
Tabelle C.2 — Geräte für den Einsatz in den unterschiedlichen Zonen		41
Tabelle D.1 — Erfordernis zusätzlicher Mess- und Regeleinrichtungen zum Vermeiden wirksamer Zündquellen		42
Tabelle ZA.1 — Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und der Richtlinie 94/9/EG		43

Vorwort

Dieses Dokument (EN 1127-1:2007) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 305 „Explosionsfähige Atmosphären — Explosionsschutz“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Mai 2008, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Mai 2008 zurückgezogen werden.

Dieses Dokument ersetzt EN 1127-1:1997.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das 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, ZB und ZC, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Die Hauptänderungen in Bezug auf die vorherige Ausgabe sind fachliche Änderungen der Definitionen (siehe Abschnitt 3). Außerdem wurde das Dokument redaktionell überarbeitet, Verweisungen wurden aktualisiert und Literaturhinweise wurden ergänzt.

Diese Norm ist ein grundlegender Leitfaden für das Verhüten von Explosionen und für den Schutz vor Explosionsauswirkungen durch Maßnahmen beim Entwurf und bei der Ausführung von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten.

Ausführliche Informationen über besondere Geräte, Schutzsysteme und Komponenten sind in entsprechenden Einzelnormen enthalten. Für Planung und Ausführung von Explosionsschutzmaßnahmen werden sicherheitstechnische Kenngrößen brennbarer Stoffe und explosionsfähiger Gemische benötigt. Ausführliche Informationen finden sich in entsprechenden Normen.

EN 1127-1 *Explosionsfähige Atmosphären — Explosionsschutz* besteht aus den folgenden Teilen:

- *Teil 1: Grundlagen und Methodik;*
- *Teil 2: Grundlagen und Methodik in Bergwerken.*

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Einleitung

CEN und CENELEC erstellen Normen, um Entwicklern, Herstellern und anderen interessierten Kreisen zu helfen, die wesentlichen Sicherheitsanforderungen zum Erreichen der Konformität mit der europäischen Gesetzgebung auszulegen. Im Rahmen dieser Normen hat es CEN übernommen, eine Norm als Anleitung für den Explosionsschutz zu entwickeln, soweit von Explosionen ausgehende Gefährdungen nach EN ISO 12100-1:2003, 4.8 in Betracht zu ziehen sind.

Die vorliegende Norm wurde auf Ersuchen und unter einem Mandat der KEU und der EFTA erstellt, um

- die Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 für Maschinen, die in ihrem Anhang I, Abschnitt 1.5.7 fordert, dass Maschinen so konzipiert und gebaut sein müssen, dass jegliche Explosionsgefahr vermieden wird

sowie

- die Richtlinie 94/9/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. März 1994 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen

zu erfüllen.

Nach EN ISO 12100-1 ist dies eine Typ A-Norm.

Diese Norm wurde als harmonisierte Norm im Sinne der einschlägigen EG-Richtlinien und der entsprechenden EFTA-Regelwerke erstellt.

Diese Norm beschreibt die grundlegenden Konzepte und die Methodik des Explosionsschutzes.

CEN/TC 305 hat ein Mandat, Typ B- und Typ C-Normen für dieses Sachgebiet zu erstellen, die eine Nachprüfung der Konformität mit den wesentlichen Sicherheitsanforderungen erlauben.

Explosionen können ausgehen von

- a) Stoffen, die in Geräten, Schutzsystemen und Komponenten verarbeitet werden;
- b) Stoffen, die durch die Geräte, Schutzsysteme und Komponenten freigesetzt werden;
- c) Stoffen in der Umgebung von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten;
- d) Werkstoffen, aus denen die Geräte, Schutzsysteme und Komponenten bestehen.

Da die Sicherheit von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten nicht nur von diesen selbst abhängt, sondern auch von den gehandhabten Stoffen und deren Verwendung, behandelt diese Norm ebenfalls Aspekte im Zusammenhang mit der beabsichtigten Verwendung. Das heißt, der Hersteller sollte sich überlegen, wie und wofür die Geräte, Schutzsysteme und Komponenten eingesetzt werden und dies bei ihrer Planung und Ausführung berücksichtigen. Nur so ist es möglich, die von den Geräten, Schutzsystemen und Komponenten ausgehenden Gefahren zu beschränken.

ANMERKUNG Diese Norm kann auch den Betreibern von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten als Leitfaden zum Beurteilen des Explosionsrisikos am Arbeitsplatz und zur Auswahl der geeigneten Geräte, Schutzsysteme und Komponenten dienen.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt Methoden zum Erkennen und Beurteilen von gefährlichen Situationen, die zu Explosionen führen können, fest und beschreibt geeignete Planungs- und Fertigungsmaßnahmen, um die erforderliche Sicherheit zu erreichen. Dies wird erreicht durch:

- Erkennen von Gefährdungen;
- Beurteilen des Risikos;
- Reduzierung des Risikos;
- Benutzerinformation.

Die Sicherheit von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten kann durch das Beseitigen von Gefährdungen und/oder die Begrenzung des Risikos erreicht werden durch:

- a) konstruktive Maßnahmen ohne Verwendung von technischen Schutzmaßnahmen;
- b) technische Schutzmaßnahmen;
- c) Kommunikationselemente, soweit erforderlich, um Informationen an den Benutzer weiterzugeben;
- d) andere Vorsichtsmaßnahmen.

Explosionsschutzmaßnahmen nach a) (Vorbeugung) und b) (Schutz) werden in Abschnitt 6 behandelt, Maßnahmen nach c) in Abschnitt 7. Maßnahmen nach d) sind in dieser Europäischen Norm nicht festgelegt; letztere werden in EN ISO 12100:2003, Abschnitt 5 behandelt.

Die in dieser Europäischen Norm beschriebenen Schutzmaßnahmen führen nur dann zu der erforderlichen Sicherheit, wenn die Geräte, Schutzsysteme und Komponenten bestimmungsgemäß betrieben und entsprechend den für sie geltenden Regeln oder Vorschriften installiert und gewartet werden.

Diese Europäische Norm gibt allgemeine Methoden für Entwurf und Ausführung an, um Konstrukteure und Hersteller bei Entwurf und Ausführung von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten in Bezug auf den Explosionsschutz zu unterstützen.

Diese Europäische Norm gilt für alle Geräte, Schutzsysteme und Komponenten, die bestimmungsgemäß in explosionsgefährdeten Bereichen unter atmosphärischen Bedingungen eingesetzt werden. Solche Bereiche können vorliegen, wenn brennbare Stoffe verarbeitet, verwendet oder von den Geräten, Schutzsystemen und Komponenten freigesetzt werden. Sie können auch auftreten in der Umgebung von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten sowie durch die Konstruktionsmaterialien der Geräte, Schutzsysteme und Komponenten.

Diese Europäische Norm gilt für Geräte, Schutzsysteme und Komponenten in allen Anwendungsstadien.

Diese Norm ist nur anwendbar auf die Gerätegruppe II für den bestimmungsgemäßen Gebrauch außerhalb von untertägigen Bereichen von Bergwerken und außerhalb solcher übertägigen Einrichtungen von Bergwerken, die durch Schlagwetter und/oder brennbaren Staub gefährdet sind.

Diese Europäische Norm ist nicht anwendbar auf:

- i) medizinische Geräte zur bestimmungsgemäßen Verwendung in medizinischen Bereichen;
- ii) Geräte, Schutzsysteme und Komponenten, bei denen die Explosionsgefahr ausschließlich durch die Anwesenheit von Sprengstoffen oder chemisch instabilen Stoffen hervorgerufen wird;

- iii) Geräte, Schutzsysteme und Komponenten, bei denen die Explosion durch Reaktion von Stoffen mit anderen Oxidationsmitteln als Luftsauerstoff oder durch andere gefährliche Reaktionen oder andere als atmosphärische Bedingungen erfolgen können;
- iv) Geräte, die zur Verwendung in häuslicher und nichtkommerzieller Umgebung vorgesehen sind, in der eine explosionsfähige Atmosphäre nur selten und lediglich infolge eines unbeabsichtigten Brennstoffaustritts gebildet werden kann;
- v) persönliche Schutzausrüstungen im Sinne der Richtlinie 89/686/EWG;
- vi) Seeschiffe und bewegliche Offshore-Anlagen sowie die Ausrüstungen an Bord dieser Schiffe oder Anlagen;
- vii) Beförderungsmittel, d. h. Fahrzeuge und dazugehörige Anhänger, die ausschließlich für die Beförderung von Personen in der Luft, auf Straßen- und Schienennetzen oder auf dem Wasserweg bestimmt sind, und Beförderungsmittel, soweit sie für den Transport von Gütern in der Luft, auf öffentlichen Straßen- und Schienennetzen oder auf dem Wasserweg konzipiert sind. Nicht ausgenommen sind Fahrzeuge, die in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden sollen;
- viii) Planung und Ausführung von Systemen, die beabsichtigte, gesteuerte Verbrennungsvorgänge umfassen, falls sie nicht als Zündquellen in explosionsgefährdeten Bereichen wirken können.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokumentes erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokumentes (einschließlich aller Änderungen).

EN 13237:2003, *Explosionsgefährdete Bereiche — Begriffe für Geräte und Schutzsysteme zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen*

EN ISO 12100-1, *Sicherheit von Maschinen — Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze — Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodologie (ISO 12100-1:2003)*

EN ISO 12100-2, *Sicherheit von Maschinen — Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze — Teil 2: Technische Leitsätze (ISO 12100-2:2003)*

EN ISO 14121-1, *Sicherheit von Maschinen — Risikobeurteilung — Teil 1: Leitsätze (ISO 14121-1:2007)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokumentes gelten die Begriffe nach EN 13237:2003 und die folgenden Begriffe.

3.1

gefährliche explosionsfähige Atmosphäre

explosionsfähige Atmosphäre, die bei Explosion zu Schaden führt

3.2

Störung

Zustand bei dem Geräte, Schutzsysteme und Komponenten nicht die beabsichtigte Funktion erbringen

ANMERKUNG 1 Siehe auch EN ISO 12100-1:2003, 5.3 b)

ANMERKUNG 2 Für die Anwendung dieser Norm kann dies aus vielerlei Gründen eintreten, u. a.:

- a) Veränderung einer Eigenschaft oder einer Abmessung des verarbeiteten Materials oder Werkstücks;
- b) Versagen eines (oder mehrerer) Bestandteile eines Gerätes, Schutzsystems oder einer Komponente;
- c) Störungen von außen (z. B. Erschütterungen, Vibration, elektromagnetische Felder);
- d) Konstruktionsfehler oder -mängel (z. B. Software-Fehler);
- e) Störung der Energieversorgung oder anderer Versorgungseinrichtungen;
- f) Verlust der Kontrolle durch das Bedienungspersonal (besonders bei handgeführten Maschinen).

4 Erkennen von Gefährdungen

4.1 Allgemeines

Die Explosionsgefährdung hängt von den Stoffen ab, die von den Geräten, Schutzsystemen und Komponenten be- oder verarbeitet, verwendet oder freigesetzt werden, und den Werkstoffen aus denen die Geräte, Schutzsysteme und Komponenten hergestellt sind. Einige dieser Stoffe und Werkstoffe können mit Luft Verbrennungsreaktionen eingehen. Bei diesen Verbrennungsreaktionen können beträchtliche Wärmemengen freigesetzt werden, die von einem Druckaufbau und Freisetzen gefährlicher Stoffe begleitet werden können. Im Gegensatz zu einem Brand ist eine Explosion im Wesentlichen eine selbstunterhaltende Ausbreitung der Reaktionszone (Flamme) durch die explosionsfähige Atmosphäre.

Brennbare Substanzen sind als Stoffe, die explosionsfähige Atmosphäre bilden können, einzustufen, es sei denn, die Prüfung ihrer Eigenschaften hat ergeben, dass sie in Mischungen mit Luft nicht in der Lage sind, eine Explosion selbsttätig fortzuleiten.

Dieses Gefährdungspotential kann durch eine wirksame Zündquelle freigesetzt werden.

In 4.2, 4.3 und 4.4 sind sicherheitstechnische Kenngrößen von Stoffen angegeben. Sie können durch Laborversuche erhalten werden, in einigen Fällen auch durch Berechnung¹⁾. Die sicherheitstechnischen Kenngrößen bilden die Grundlage der Gefährdungsanalyse.

Es muss bedacht werden, dass die sicherheitstechnischen Kenngrößen keine Naturkonstanten sind, sondern zum Beispiel vom Untersuchungsverfahren abhängen. Bei Stäuben muss berücksichtigt werden, dass die in Tabellenwerken gesammelten sicherheitstechnischen Kenngrößen nur als Richtwerte gelten können, da ihr Zahlenwert von der Korngröße und -form, dem Feuchtigkeitsgehalt und der Anwesenheit von Zusätzen, selbst in Spuren, abhängt. Im Einzelfall müssen Proben der Stäube, wie sie in den Geräten, Schutzsystemen und Komponenten anfallen, untersucht werden.

4.2 Verbrennungseigenschaften

Da das Gefährdungspotential in diesem Zusammenhang nicht vom Stoff selbst ausgeht, sondern von dessen Kontakt oder seiner Vermischung mit Luft, müssen die Eigenschaften des Gemisches aus brennbarem Stoff und Luft bestimmt werden. Diese Eigenschaften geben Auskunft über das Brennverhalten eines Stoffes und darüber, ob er Feuer oder Explosionen verursachen kann. Wesentliche Daten sind z. B.:

- a) Flammpunkt;
- b) Explosionsgrenzen (UEG, OEG);
- c) Sauerstoffgrenzkonzentration (SGK).

1) Entsprechende Normen werden von CEN und CENELEC erarbeitet, siehe auch Literaturhinweise.

4.3 Voraussetzungen für eine Entzündung

Die Zündeigenschaften der explosionsfähigen Atmosphäre müssen bestimmt werden. Wesentliche Kenngrößen sind z. B.:

- a) Mindestzündenergie;
- b) Mindestzündtemperatur der explosionsfähigen Atmosphäre;
- c) Mindestzündtemperatur einer Staubschicht.

4.4 Explosionsverhalten

Das Verhalten der explosionsfähigen Atmosphäre nach erfolgter Entzündung muss zum Beispiel durch folgende Kenngrößen beschrieben werden:

- a) maximaler Explosionsdruck ($p_{\max}$);
- b) maximaler zeitlicher Druckanstieg ($(dp/dt)_{\max}$);
- c) Normspaltweite (NSW).

5 Elemente der Risikobeurteilung

5.1 Allgemeines

Diese Risikobeurteilung muss immer für jeden Einzelfall in Übereinstimmung mit EN ISO 14121-1 erfolgen. Eine Risikobeurteilung enthält die folgenden Elemente, die in der o. g. Norm näher erläutert sind:

- a) Erkennen von Gefährdungen. Die im Abschnitt 4 angegebenen sicherheitstechnischen Kenngrößen helfen beim Erkennen der Gefährdungen, indem sie zeigen, ob die Stoffe brennbar und wie zündempfindlich sie sind;
- b) Ermitteln, ob mit der Bildung explosionsfähiger Atmosphäre zu rechnen ist und in welcher Menge (siehe 5.2);
- c) Ermitteln, ob Zündquellen vorhanden sind, die die explosionsfähige Atmosphäre entzünden können, und mit welcher Wahrscheinlichkeit diese Zündquellen auftreten können (siehe 5.3);
- d) Ermitteln, welche Auswirkungen eine Explosion haben kann (siehe 5.4);
- e) Bewerten des Risikos;
- f) Berücksichtigen der Maßnahmen zur Verringerung des Risikos (siehe Abschnitt 6).

Es muss eine umfassende Betrachtung durchgeführt werden, insbesondere bei komplizierten Geräten, Schutzsystemen und Komponenten, aus mehreren Einheiten bestehenden Anlagen und vor allem bei ausgedehnten Anlagen. Berücksichtigt werden müssen bei der Risikobeurteilung die Zünd- und Explosionsgefahren durch:

- i) die Geräte, Schutzsysteme und Komponenten selbst;
- ii) die Wechselwirkung zwischen den Geräten, Schutzsystemen und Komponenten und den gehandhabten Stoffen;
- iii) die in den Geräten, Schutzsystemen und Komponenten ablaufenden Verarbeitungsprozesse;

- iv) Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Vorgängen in den verschiedenen Teilen der Geräte, Schutzsysteme und Komponenten;
- v) die Umgebung der Geräte, Schutzsysteme und Komponenten und mögliche Wechselwirkungen mit benachbarten Prozessen.

5.2 Wahrscheinlichkeit des Auftretens von explosionsfähiger Atmosphäre und ihrer Menge

5.2.1 Allgemeines

Das Auftreten von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre hängt ab von:

- a) dem Vorhandensein eines brennbaren Stoffes;
- b) dem Dispersionsgrad des brennbaren Stoffes (z. B. Gase, Dämpfe, Nebel, Stäube);
- c) der Konzentration des brennbaren Stoffes in der Luft innerhalb des Explosionsbereichs;
- d) dem Vorhandensein einer solchen Menge explosionsfähiger Atmosphäre, dass sie Schaden bei Entzündung

verursacht.

Zur Beurteilung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre muss die eventuelle Bildung explosionsfähiger Atmosphäre durch chemische Reaktionen, Pyrolyse und biologische Prozesse der vorhandenen Stoffe berücksichtigt werden.

Kann die Wahrscheinlichkeit des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre nicht eingeschätzt werden, ist davon auszugehen, dass eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre ständig vorliegt, außer, wenn die Konzentration des brennbaren Stoffes zuverlässig überwacht wird.

ANMERKUNG In der Praxis sollte das Innere von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten sowie deren Umgebung auf der Grundlage der Wahrscheinlichkeit des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in Zonen eingeteilt werden (siehe 6.3).

5.2.2 Dispersionsgrad brennbarer Stoffe

Bei Gasen und Dämpfen ist ein für das Zustandekommen einer explosionsfähigen Atmosphäre ausreichender Dispersionsgrad naturgemäß gegeben. Bei Nebeln und Stäuben kann ein Dispersionsgrad erreicht werden, der für das Entstehen explosionsfähiger Atmosphäre ausreicht, wenn die Tröpfchen- oder Teilchengröße kleiner als 1 mm ist.

ANMERKUNG Zahlreiche in der Praxis vorkommende Nebel, Aerosole und Stäube haben Teilchengrößen zwischen 0,001 mm und 0,1 mm.

5.2.3 Konzentration brennbarer Stoffe

Wenn die Konzentration des dispergierten brennbaren Stoffes in Luft einen Mindestwert (untere Explosionsgrenze) erreicht, ist eine Explosion möglich. Eine solche kommt nicht mehr zustande, wenn die Konzentration einen maximalen Wert (obere Explosionsgrenze) überschritten hat.

ANMERKUNG Einige chemisch unbeständige Stoffe, z. B. Acetylen und Ethylenoxid, können auch in Abwesenheit von Luft und Sauerstoff exotherme Reaktionen eingehen und haben eine obere Explosionsgrenze von 100 %.

Die Explosionsgrenzen verändern sich mit Druck und Temperatur. Der Konzentrationsbereich zwischen den Explosionsgrenzen erweitert sich in der Regel mit steigendem Druck und steigender Temperatur. Die oberen Explosionsgrenzen liegen bei Gemischen mit Sauerstoff wesentlich höher als bei Gemischen mit Luft.

Überschreitet die Oberflächentemperatur einer brennbaren Flüssigkeit den unteren Explosionspunkt, kann explosionsfähige Atmosphäre entstehen (siehe 6.2.2.2). Aerosole und Nebel brennbarer Flüssigkeiten können auch bei Temperaturen unterhalb des unteren Explosionspunktes explosionsfähige Atmosphäre bilden.

Für Stäube haben die Explosionsgrenzen nicht die gleiche Bedeutung wie für Gase und Dämpfe. Staubwolken sind gewöhnlich inhomogen. Die Staubkonzentration kann durch Ablagern und Aufwirbeln von Staub in der Atmosphäre stark schwanken. In Gegenwart von abgelagertem, brennbarem Staub ist stets mit dem Entstehen explosionsfähiger Atmosphäre zu rechnen.

5.2.4 Menge explosionsfähiger Atmosphäre

Die Beurteilung, ob explosionsfähige Atmosphäre in gefährdender Menge vorhanden ist, hängt von den möglichen Auswirkungen der Explosion ab (siehe 5.4).

5.3 Vorhandensein von wirksamen Zündquellen

5.3.1 Allgemeines

Die Zündwirksamkeit der Zündquelle muss verglichen werden mit der Entzündbarkeit des brennbaren Stoffes (siehe 4.3).

Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens wirksamer Zündquellen muss unter Berücksichtigung von solchen, die neu hinzukommen können, z. B. bei Wartungs- und Reinigungsarbeiten, beurteilt werden.

ANMERKUNG Schutzmaßnahmen können eingesetzt werden, um die Zündquellen unwirksam zu machen (siehe 6.4).

Kann die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer wirksamen Zündquelle nicht abgeschätzt werden, ist davon auszugehen, dass die Zündquelle stets vorhanden ist.

Zündquellen sollten nach der Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens folgendermaßen eingestuft werden:

- a) ständig oder häufig vorkommende Zündquellen;
- b) selten auftretende Zündquellen;
- c) sehr selten auftretende Zündquellen.

Bei Geräten, Schutzsystemen und Komponenten ist diese Einstufung gleichbedeutend mit:

- d) Zündquellen, mit denen betriebsmäßig zu rechnen ist;
- e) Zündquellen, die nur bei Betriebsstörungen auftreten können;
- f) Zündquellen, die nur bei seltenen Betriebsstörungen auftreten können.

Die verschiedenen Zündquellen werden in 5.3.2 bis 5.3.14 behandelt.

5.3.2 Heiße Oberflächen

Kommt explosionsfähige Atmosphäre mit heißen Oberflächen in Berührung, kann es zu einer Entzündung kommen. Dabei kann nicht nur die heiße Oberfläche an sich als Zündquelle wirken, sondern auch eine Staubschicht oder ein brennbarer Feststoff kann durch Kontakt mit der heißen Oberfläche entzündet werden und dadurch zur Zündquelle für eine explosionsfähige Atmosphäre werden.

Die Zündfähigkeit einer erhitzten Oberfläche hängt von der Art und der Konzentration des jeweiligen Stoffes im Gemisch mit Luft ab. Sie nimmt zu mit zunehmender Temperatur und mit zunehmender Oberfläche des erhitzten Körpers.

Weiterhin hängt die eine Entzündung auslösende Temperatur von Größe und Gestalt des erhitzten Körpers, vom Konzentrationsgefälle im Bereich der Wand und zum Teil auch vom Wandmaterial ab. So kann z. B. explosionsfähige Gas- oder Dampfatosphäre im Inneren größerer erhitzter Räume (etwa 1 l und mehr) durch niedrigere Wandtemperaturen als den nach EN 14522 oder nach anderen gleichwertigen Methoden gemessenen entzündet werden. Dagegen ist bei erhitzten Körpern, deren Wandflächen nicht konkav, sondern eher konvex sind, zur Entzündung eine höhere Wandtemperatur erforderlich. Die Mindestzündtemperatur wächst z. B. bei Kugeln oder Rohren mit abnehmendem Durchmesser. Auch beim Vorbeiströmen explosionsfähiger Atmosphäre an erhitzten Oberflächen kann wegen der kurzen Verweilzeit zur Entzündung eine höhere Wandtemperatur erforderlich sein.

Wenn die explosionsfähige Atmosphäre längere Zeit mit der heißen Oberfläche in Berührung steht, können Vorreaktionen, z. B. kalte Flammen, ablaufen, so dass leichter entzündbare Zersetzungsprodukte entstehen, die die Zündung der ursprünglichen Atmosphäre erleichtern.

Neben leicht erkennbaren heißen Oberflächen wie Heizkörpern, Trockenschränken, Heizspiralen usw. können auch mechanische Vorgänge und spanabhebende Bearbeitung zu gefährlichen Temperaturen führen. Hierzu sind auch Geräte, Schutzsysteme und Komponenten zu zählen, die mechanische Energie in Wärme überführen, z. B. alle Arten von Reibungskupplungen und mechanisch wirkenden Bremsen (z. B. an Fahrzeugen und Zentrifugen). Weiterhin können alle sich drehenden Teile in Lagern, Wellendurchführungen, Stopfbuchsen usw. bei ungenügender Schmierung zu Zündquellen werden. In engen Gehäusen bewegte Teile können auch durch das Eindringen von Fremdkörpern oder Verlagerungen von Achsen zu Reibvorgängen führen, die wiederum unter Umständen schon in kurzer Zeit hohe Oberflächentemperaturen hervorrufen.

Darüber hinaus sind auch durch chemische Reaktionen hervorgerufene Temperaturanstiege zu berücksichtigen (z. B. bei Schmiermitteln und Reinigungsmitteln).

Hinsichtlich der Zündgefahren beim Schweißen und Schneiden siehe 5.3.3.

Bezüglich der Schutzmaßnahmen gegen Zündgefahren durch heiße Oberflächen siehe 6.4.2.

5.3.3 Flammen und heiße Gase (einschließlich heißer Partikel)

Flammen sind verbunden mit Verbrennungsreaktionen bei Temperaturen von mehr als 1 000 °C. Als Reaktionsprodukte treten heiße Gase, bei Staubflammen und/oder rußenden Flammen auch glühende Feststoffpartikel auf. Sowohl die Flammen selbst als auch die heißen Reaktionsprodukte oder andere stark erhitzte Gase können explosionsfähige Atmosphäre entzünden. Flammen, auch solche sehr kleiner Abmessungen, zählen zu den wirksamsten Zündquellen.

Befindet sich sowohl innerhalb als auch außerhalb eines Gerätes, Schutzsystems oder einer Komponente oder in benachbarten Anlagenteilen explosionsfähige Atmosphäre, so kann bei Entzündung in einem der Bereiche die Flamme durch Öffnungen, z. B. Entlüftungsleitungen, in die anderen Bereiche übertragen werden. Die Verhinderung eines Flammendurchschlags erfordert spezielle Schutzmaßnahmen (siehe 6.5.5).

Beim Schweißen und Schneiden entstehende Schweißperlen sind Funken mit sehr großer Oberfläche, die deshalb zu den wirksamsten Zündquellen gehören.

Bezüglich der Schutzmaßnahmen gegen Zündgefahren durch Flammen und heiße Gase siehe 6.4.3.

5.3.4 Mechanisch erzeugte Funken

Durch Reib-, Schlag- und Abtragevorgänge, z. B. Schleifen, können aus festen Materialien Teilchen abgetrennt werden, die eine erhöhte Temperatur aufgrund der beim Trennvorgang aufgewendeten Energie annehmen. Bestehen die Teilchen aus oxidierbaren Stoffen, z. B. Eisen oder Stahl, können sie einen Oxidationsprozess durchlaufen, wobei sie noch höhere Temperaturen erreichen. Diese Teilchen (Funken) können brennbare Gase und Dämpfe sowie bestimmte Staub/Luft-Gemische (insbesondere Metallstaub/Luft-Gemische) entzünden. In abgelagertem Staub können durch Funken Glimmester entstehen, die dann zur Zündquelle für explosionsfähige Atmosphäre werden können.

Das Eindringen von Fremdmaterialien, z. B. von Steinen oder Metallstücken, in Geräte, Schutzsysteme und Komponenten muss als Ursache von Funken berücksichtigt werden.

Reibung, sogar zwischen einander ähnlichen Eisenmetallen und zwischen bestimmten keramischen Materialien, kann örtliche Erhitzung und Funken ähnlich den Schleiffunken verursachen. Dadurch können explosionsfähige Atmosphären entzündet werden.

Schlagvorgänge, bei denen Rost und Leichtmetalle (z. B. Aluminium und Magnesium) und ihre Legierungen beteiligt sind, können eine Thermitreaktion auslösen, durch die explosionsfähige Atmosphären entzündet werden können.

Auch beim Schlagen oder Reiben von Titan oder Zirkonium gegen ausreichend harte Materialien können zündfähige Funken entstehen, sogar bei Abwesenheit von Rost.

Bezüglich der Zündgefahren beim Schweißen und Schneiden siehe 5.3.3.

Bezüglich der Schutzmaßnahmen gegen Zündgefahren durch mechanisch erzeugte Funken siehe 6.4.4.

5.3.5 Elektrische Anlagen

Bei elektrischen Anlagen können elektrische Funken und heiße Oberflächen (siehe 5.3.2) als Zündquellen auftreten. Elektrische Funken können erzeugt werden, z. B.:

- a) beim Öffnen und Schließen elektrischer Stromkreise;
- b) durch Wackelkontakte;
- c) durch Ausgleichsströme (siehe 5.3.6).

Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Schutzkleinspannung (z. B. kleiner als 50 V) lediglich Schutz gegen elektrischen Schlag ist und keinesfalls eine Maßnahme des Explosionsschutzes. Auch bei kleineren Spannungen kann immer noch genügend Energie erzeugt werden, um explosionsfähige Atmosphäre zu entzünden.

Bezüglich der Schutzmaßnahmen gegen Zündgefahren durch elektrische Anlagen siehe 6.4.5.

5.3.6 Elektrische Ausgleichsströme, kathodischer Korrosionsschutz

In elektrisch leitfähigen Anlagen oder Anlagenteilen können Ausgleichsströme (Streuströme) fließen:

- a) als Rückströme zu Stromerzeugungsanlagen – insbesondere im Bereich von elektrischen Bahnen und großen Schweißanlagen – wenn z. B. im Erdreich verlegte elektrisch leitfähige Anlagenteile wie Schienen und Kabelmäntel den Widerstand dieses Rückstromweges verringern;
- b) infolge von Körper- oder Erdschluss bei Fehlern in elektrischen Anlagen;
- c) infolge magnetischer Induktion (z. B. in der Nähe von elektrischen Anlagen mit großen Stromstärken oder Hochfrequenz, vergleiche 5.3.9);
- d) infolge von Blitzschlag (siehe 5.3.8).

Werden Anlagenteile, die Ausgleichsströme führen können, getrennt, verbunden oder überbrückt, kann – selbst bei geringen Potentialdifferenzen – durch elektrische Funken und/oder Lichtbögen explosionsfähige Atmosphäre entzündet werden. Ferner sind Entzündungen durch Erwärmung dieser Stromwege möglich (siehe 5.3.2).

Bei Anwendung des kathodischen Korrosionsschutzes mit Fremdstromeinspeisung sind die genannten Zündgefahren auch möglich. Bei Einsatz von Verlustanoden sind Zündgefahren durch elektrische Funken unwahrscheinlich, es sei denn, die Anoden bestehen aus Aluminium oder Magnesium.

Bezüglich der Schutzmaßnahmen gegen Zündgefahren durch Ausgleichsströme und kathodischen Korrosionsschutz siehe 6.4.6.

5.3.7 Statische Elektrizität

Unter bestimmten Bedingungen (siehe CLC/TR 50404) können zündfähige Entladungen statischer Elektrizität auftreten. Die Entladung aufgeladener, isoliert angeordneter leitfähiger Teile kann leicht zu zündfähigen Funken führen. An aufgeladenen Teilen aus nichtleitfähigen Stoffen, zu denen die meisten Kunststoffe, aber auch andere Stoffe, gehören, sind Büschelentladungen und in besonderen Fällen bei schnellen Trennvorgängen (z. B. Ablaufen von Folien über Walzen, Treibriemen) oder bei Kombinationen von leitfähigen und nichtleitfähigen Materialien auch Gleitstielbüschelentladungen möglich. Außerdem können Schüttkegelentladungen bei Schüttgütern sowie gewitterblitzähnliche Entladungen auftreten.

Büschelentladungen können nahezu alle explosionsfähige Gas- und Dampfatosphären entzünden. Nach dem heutigen Kenntnisstand kann die Zündung von explosionsfähigen Staub/Luft-Gemischen mit extrem niedrigen Mindestzündenergien durch Büschelentladungen nicht ausgeschlossen werden. Funken, Gleitstielbüschel-, Schüttkegel- und gewitterblitzähnliche Entladungen können abhängig von ihrer Entladungsenergie alle Arten explosionsfähiger Atmosphäre entzünden.

Bezüglich der Schutzmaßnahmen gegen Zündgefahren durch statische Elektrizität siehe 6.4.7.

5.3.8 Blitzschlag

Wenn ein Blitz in explosionsfähige Atmosphäre einschlägt, wird diese stets entzündet. Daneben besteht eine Zündmöglichkeit auch durch starke Erwärmung der Ableitwege des Blitzes.

Von Blitzeinschlagstellen aus fließen starke Ströme, die in der Nachbarschaft der Einschlagstelle Funken hervorrufen können.

Selbst ohne Blitzschlag können Gewitter zu hohen induzierten Spannungen in Geräten, Schutzsystemen und Komponenten führen.

Bezüglich der Schutzmaßnahmen gegen Zündgefahren durch Blitzschlag siehe 6.4.8.

5.3.9 Elektromagnetische Wellen im Bereich der Frequenzen von 10^4 Hz bis 3×10^{12} Hz (Hochfrequenz)

Elektromagnetische Wellen gehen von allen Anlagen aus, die hochfrequente elektrische Energie erzeugen und benutzen (Hochfrequenzanlagen), z. B. von Funksendestellen oder von industriellen bzw. medizinischen Hochfrequenz-Generatoren für Erwärmen, Trocknen, Härten, Schweißen, Schneiden.

Sämtliche im Strahlungsfeld befindlichen leitenden Teile wirken als Empfangsantennen. Diese leitfähigen Teile können bei ausreichender Stärke des Feldes und genügender Größe der Empfangsantenne in explosionsfähiger Atmosphäre Entzündungen verursachen. Die empfangene Hochfrequenzleistung kann z. B. dünne Drähte zum Glühen bringen oder bei Kontakt bzw. Unterbrechung leitender Teile Funken erzeugen. Die von der Empfangsantenne aufgenommene Energie, die zur Zündung führen kann, ist bei gegebener Wellenlänge und Hochfrequenz-Leistung in erster Linie abhängig vom Abstand des Strahlers und der Empfangsantenne und den Abmessungen der Empfangsantenne.

Bezüglich der Schutzmaßnahmen gegen Zündgefahren durch elektromagnetische Wellen im Hochfrequenz-Bereich siehe 6.4.9.

5.3.10 Elektromagnetische Wellen im Bereich der Frequenzen von 3×10^{11} Hz bis 3×10^{15} Hz

Strahlung in diesem Spektralbereich kann — insbesondere bei Fokussierung — durch Absorption in explosionsfähiger Atmosphäre oder an festen Oberflächen zur Zündquelle werden.

Sonnenlicht kann z. B. eine Entzündung auslösen, wenn Gegenstände eine Bündelung der Strahlung herbeiführen (z. B. als Linsen wirkende Flaschen, Hohlspiegel).

Die Strahlung von starken Lichtquellen (kontinuierlichen oder Blitzlicht) wird unter Umständen durch Staubpartikel so stark absorbiert, dass diese Partikel zur Zündquelle für explosionsfähige Atmosphäre oder für Staubablagerungen werden.

Bei Laserstrahlung (z. B. bei Nachrichtenübermittlung, Entfernungsmessern, Vermessungswesen, Sichtweitenmessern) kann auch in großen Entfernungen noch die Energie oder Leistungsdichte selbst des unfokussierten Strahls so groß sein, dass Zündung möglich ist. Die Erwärmung entsteht auch hier hauptsächlich beim Auftreffen des Laserstrahls auf eine Festkörperoberfläche oder bei Absorption durch Staubpartikel in der Atmosphäre oder durch verschmutzte, lichtdurchlässige Teile.

Es ist zu beachten, dass auch die Strahlung erzeugenden Geräte, Schutzsysteme und Komponenten (z. B. Lampen, Lichtbögen, Laser) Zündquellen im Sinne von 5.3.2 und 5.3.5 sein können.

Bezüglich der Schutzmaßnahmen gegen Zündgefahren durch elektromagnetische Wellen in diesem Spektralbereich siehe 6.4.10.

5.3.11 Ionisierende Strahlung

Ionisierende Strahlung, erzeugt z. B. durch Röntgenröhren und radioaktive Stoffe, kann explosionsfähige Atmosphäre (insbesondere explosionsfähige Atmosphäre mit Staubpartikeln) infolge Energieabsorption entzünden. Darüber hinaus kann sich auch die radioaktive Quelle selbst durch Eigenabsorption von Strahlungsenergie so hoch erwärmen, dass die Mindestzündtemperatur umgebender explosionsfähiger Atmosphäre überschritten wird.

Ionisierende Strahlung kann chemische Zersetzung oder andere Reaktionen bewirken, bei denen sehr reaktionsfähige Radikale oder unbeständige chemische Verbindungen entstehen. Dies kann zur Entzündung führen.

ANMERKUNG Solche Strahlung kann auch durch Zersetzung eine explosionsfähige Atmosphäre erzeugen (z. B. ein Sauerstoff/Wasserstoff-Gemisch durch Radiolyse von Wasser).

Bezüglich der Schutzmaßnahmen gegen Zündgefahren durch ionisierende Strahlung siehe 6.4.11.

5.3.12 Ultraschall

Bei Anwendung von Ultraschall werden große Anteile der vom Schallwandler abgegebenen Energie von festen oder flüssigen Stoffen absorbiert. Als Ergebnis erwärmt sich der beschallte Stoff so stark, dass im Extremfall eine Entzündung eintreten kann.

Bezüglich der Schutzmaßnahmen gegen Zündgefahren durch Ultraschall siehe 6.4.12.

5.3.13 Adiabatische Kompression und Stoßwellen

Bei adiabatischer oder fast adiabatischer Kompression und in Stoßwellen können so hohe Temperaturen auftreten, dass explosionsfähige Atmosphäre (und abgelagerter Staub) entzündet werden kann. Der Temperaturanstieg hängt hauptsächlich vom Druckverhältnis, nicht von der Druckdifferenz ab.

ANMERKUNG 1 In Druckleitungen von Luftverdichtern und in Behältern, die an eine solche Leitung angeschlossen sind, kann es infolge einer Kompressionszündung von Schmierölnebeln zu Explosionen kommen.