

DIN EN 1127-1



ICS 13.230

Entwurf

Einsprüche bis 2018-01-17
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 1127-1:2011-10

**Explosionsfähige Atmosphären –
Explosionsschutz –
Teil 1: Grundlagen und Methodik;
Deutsche und Englische Fassung prEN 1127-1:2017**

Explosive atmospheres –
Explosion prevention and protection –
Part 1: Basic concepts and methodology;
German and English version prEN 1127-1:2017

Atmosphères explosives –
Prévention de l'explosion et protection contre l'explosion –
Partie 1: Notions fondamentales et méthodologie;
Version allemande et anglaise prEN 1127-1:2017

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2017-11-17 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 99 Seiten

DIN-Normenausschuss Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 1127-1:2017) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 305 „Explosionsfähige Atmosphären – Explosionsschutz“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 095-02-06 AA „Terminologie, Methodik“ im DIN-Normenausschuss Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG) verantwortlich.

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.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1127-1:2011-10 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Aufnahme neuer Begriffe in Abschnitt 3;
- b) die Abgrenzung von 5.1 und 5.3 wurde modifiziert;
- c) in 5.11 wurde eine Bewertung des Ultraschalls aufgenommen;
- d) in 6.4.12 wurden Sicherheits-Grenzwerte für Ultraschall ergänzt;
- e) die Informationen zur „Dichtheit von Geräten“ wurden überarbeitet.

Explosionsfähige Atmosphären — Explosionsschutz — Teil 1: Grundlagen und Methodik

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

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

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	4
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Risikobewertung	8
4.1 Allgemeines.....	8
4.2 Erkennen von Explosionsgefahren.....	8
4.2.1 Allgemeines.....	8
4.2.2 Verbrennungseigenschaften.....	9
4.2.3 Explosionsverhalten.....	9
4.2.4 Wahrscheinlichkeit des Auftretens von explosionsfähiger Atmosphäre.....	9
4.3 Erkennen von Zündgefahren	11
4.3.1 Allgemeines.....	11
4.3.2 Zündeigenschaften.....	11
4.3.3 Wahrscheinlichkeit des Auftretens von wirksamen Zündquellen.....	11
4.4 Abschätzung der möglichen Auswirkungen einer Explosion	12
5 Mögliche Zündquellen	12
5.1 Heiße Oberflächen	12
5.2 Flammen und heiße Gase (einschließlich heißer Partikel)	13
5.3 Mechanisch erzeugte Schlag-, Reib- und Abtragvorgänge	14
5.4 Elektrische Anlagen.....	14
5.5 Elektrische Ausgleichsströme, kathodischer Korrosionsschutz	15
5.6 Statische Elektrizität	15
5.7 Blitzschlag.....	15
5.8 Elektromagnetische Wellen im Frequenzbereich von 10^4 Hz bis 3×10^{11} Hz (Hochfrequenz).....	16
5.9 Elektromagnetische Wellen im Frequenzbereich von 3×10^{11} Hz bis 3×10^{15} Hz	16
5.10 Ionisierende Strahlung.....	16
5.11 Ultraschallwellen	17
5.12 Adiabatische Kompression und Stoßwellen.....	17
5.13 Exotherme Reaktionen, einschließlich Selbstentzündung von Stäuben.....	17
6 Risikominderung.....	18
6.1 Grundlegende Prinzipien	18
6.2 Vermeiden oder Einschränken explosionsfähiger Atmosphäre	19
6.2.1 Prozessparameter.....	19
6.2.2 Gestaltung und konstruktive Ausführung von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten.....	20
6.3 Explosionsgefährdete Bereiche.....	22
6.4 Anforderungen an den Entwurf und die Ausführung von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten hinsichtlich des Vermeidens wirksamer Zündquellen	22
6.4.1 Allgemeines.....	22
6.4.2 Heiße Oberflächen.....	24
6.4.3 Flammen und heiße Gase	25

6.4.4	Mechanisch erzeugter Schlag-, Reib- und Abtragvorgang.....	26
6.4.5	Elektrische Anlagen.....	26
6.4.6	Elektrische Ausgleichsströme und kathodischer Korrosionsschutz.....	26
6.4.7	Statische Elektrizität.....	27
6.4.8	Blitzschlag.....	28
6.4.9	Hochfrequente elektromagnetische Wellen im Frequenzbereich von 10^4 Hz bis 3×10^{11} Hz.....	29
6.4.10	Elektromagnetische Wellen im Frequenzbereich von 3×10^{11} Hz bis 3×10^{15} Hz.....	29
6.4.11	Ionisierende Strahlung.....	30
6.4.12	Ultraschall.....	31
6.4.13	Adiabatische Kompression und Stoßwellen.....	32
6.4.14	Exotherme Reaktionen, einschließlich Selbstentzündung von Stäuben.....	32
6.5	Anforderungen an Entwurf und konstruktive Ausführung von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten zur Begrenzung der Auswirkungen einer Explosion.....	33
6.6	Notfallmaßnahmen.....	34
6.7	Grundsätze für Mess- und Regeleinrichtungen im Explosionsschutz.....	34
7	Benutzerinformationen.....	34
7.1	Allgemeines.....	34
7.2	Angaben für Inbetriebnahme, Wartung und Instandsetzung hinsichtlich Explosionsschutz.....	36
7.3	Qualifikationen und Schulung.....	36
Anhang A (informativ) Information zum Gebrauch von Werkzeugen in explosionsgefährdeten Bereichen.....		37
Anhang B (informativ) Dichtheit von Geräten.....		38
B.1	Allgemeines.....	38
B.2	Normal dichte Geräte.....	38
B.3	Erweitert dichte Geräte.....	39
Anhang C (normativ) Nachweisverfahren für die Schwellenwertgrenze von Ultraschall in Flüssigkeiten.....		40
Anhang D (informativ) Wesentliche technische Änderungen zwischen diesem Dokument und der vorhergehenden Ausgabe der vorliegenden Europäischen Norm.....		42
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden EU-Richtlinie 2014/34/EU.....		44
Anhang ZB (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden EU-Richtlinie 2006/42/EG.....		45
Literaturhinweise.....		46

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 1127-1:2017) 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 1127-1:2011 ersetzen.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Normungsauftrages erarbeitet, den die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinien.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinien siehe informative Anhänge ZA und ZB, die Bestandteil dieses Dokuments sind.

Einleitung

CEN und CENELEC erstellen eine Reihe von 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 Normenreihe hat es CEN übernommen, eine Norm als Anleitung für den Explosionsschutz zu entwickeln, soweit von Explosionen ausgehende Gefährdungen nach EN ISO 12100 in Betracht zu ziehen sind.

Nach EN ISO 12100 ist die vorliegende Norm eine Typ-B-Norm.

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 oder verwendet 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 bestimmungsgemäßen und vorhersehbaren unsachgemäßen Verwendung, das heißt, der Hersteller sollte sich überlegen, wie und wofür die Geräte, Schutzsysteme und Komponenten eingesetzt werden und das bei deren Planung und Ausführung berücksichtigen. Nur so ist es möglich, die von den Geräten, Schutzsystemen und Komponenten ausgehenden Gefahren zu begrenzen.

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

1 Anwendungsbereich

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

- Risikobewertung;
- Risikoverringung.

Die Sicherheit von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten lässt sich durch Beseitigen von Gefährdungen und/oder Begrenzung des Risikos erreichen, d. h. durch:

- a) geeignete konstruktive Auslegung (ohne Anwendung von technischen Schutzmaßnahmen);
- b) technische Schutzmaßnahmen;
- c) Benutzerinformation;
- d) sonstige Vorsichts- und Sicherheitsmaßnahmen.

Maßnahmen nach a) (Vorbeugung) und b) (Schutz) werden in Abschnitt 6 behandelt, Maßnahmen nach c) gegen Explosionen werden in Abschnitt 7 behandelt. Maßnahmen nach d) sind in dieser Europäischen Norm nicht festgelegt. Sie werden in EN ISO 12100:2010, Abschnitt 6 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 Anwendungsregeln oder Anforderungen installiert und gewartet werden.

Diese Norm legt allgemeine Verfahrensweisen für Entwurf und Ausführung fest, 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 oder von Stoffen in der Umgebung von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten und/oder aus den Konstruktionswerkstoffen der Geräte, Schutzsysteme und Komponenten freigesetzt werden.

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

Diese Europäische Norm ist nur anwendbar auf die Gerätegruppe II für den bestimmungsgemäßen Gebrauch an anderen Orten als in Untertagebereichen von Bergwerken und außerhalb derartiger Einrichtungen von Bergwerken über Tage, die durch Schlagwetter und/oder brennbaren Staub gefährdet sind.

Diese Europäische Norm ist nicht anwendbar auf:

- 1) medizinische Geräte zur bestimmungsgemäßen Verwendung in medizinischen Bereichen;
- 2) Geräte, Schutzsysteme und Komponenten, bei denen die Explosionsgefahr ausschließlich durch die Anwesenheit von Sprengstoffen oder chemisch instabilen Stoffen hervorgerufen wird;
- 3) 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;

- 4) 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;
- 5) persönliche Schutzausrüstungen im Sinne der Richtlinie 89/686/EWG;
- 6) Seeschiffe und bewegliche Offshore-Anlagen sowie die Ausrüstungen an Bord dieser Schiffe oder Anlagen;
- 7) 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;
- 8) Planung und Ausführung von Systemen, die beabsichtigte, gesteuerte Verbrennungsvorgänge umfassen, sofern sie nicht als Zündquellen in explosionsgefährdeten Bereichen wirken können.

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

EN 15198, *Methodik zur Risikobewertung für nicht-elektrische Geräte und Komponenten zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen*

EN ISO 12100, *Sicherheit von Maschinen — Allgemeine Gestaltungsleitsätze — Risikobeurteilung und Risikominderung (ISO 12100)*

3 Begriffe

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

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

Dichtheit

Nichtvorhandensein von Leckagen, die einen festgelegten Grenzwert überschreiten

3.2

normale Dichtheit

Nichtvorhandensein von Leckagen, wenn jegliche Dichtheitsprüfungen oder Dichtheitsüberwachungen, die für die Anwendung geeignet sind, während des Normalbetriebs keine gefährlichen Leckagen zeigen

3.3

erweiterte Dichtheit

Nichtvorhandensein von Leckagen, wenn aufgrund der Konstruktion und Wartungsmaßnahmen jegliche Dichtheitsprüfungen oder Dichtheitsüberwachungen, die für die Anwendung geeignet sind, während des Normalbetriebs und erwarteten Funktionsstörungen keine gefährlichen Leckagen zeigen

4 Risikobewertung

4.1 Allgemeines

Die Risikobewertung ist für jede individuelle Situation nach EN ISO 12100 und/oder EN 15198 vorzunehmen, es sei denn, dass andere Normen angegeben werden können, die für die Situation zweckmäßiger sind:

- a) Identifizierung von Explosionsgefahren und Bestimmen der Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre (siehe 4.2);
- b) Identifizierung von Explosionsgefahren und Bestimmen der Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins von potentiellen Zündquellen (siehe 4.3);
- c) Abschätzung der möglichen Auswirkungen einer Explosion im Falle von Zündung (siehe 4.4);
- d) Beurteilen des Zündrisikos und ob das vorgesehene Maß an Sicherheit erreicht wurde;

ANMERKUNG Das vorgesehene Maß an Sicherheit ist zumindest durch gesetzliche Bestimmungen und gegebenenfalls durch zusätzliche, vom Anwender vorgegebene Anforderungen festgelegt.

- e) Berücksichtigen von Maßnahmen zur Verringerung der Risiken (siehe Abschnitt 6).

Es muss eine umfassende Vorgehensweise gewählt werden, besonders bei komplizierten Geräten, Schutzsystemen und Komponenten, aus mehreren Einheiten bestehenden Anlagen und vor allem bei ausgedehnten Anlagen. Bei der Risikobewertung müssen die Zünd- und Explosionsgefahren berücksichtigt werden, die sich ergeben durch:

- 1) die Geräte, Schutzsysteme und Komponenten selbst;
- 2) die Wechselwirkung zwischen den Geräten, Schutzsystemen und Komponenten und den gehandhabten Stoffen;
- 3) die einzelnen in den Geräten, Schutzsystemen und Komponenten ablaufenden industriellen Prozesse;
- 4) das jeweilige Umfeld der Geräte, Schutzsysteme und Komponenten und mögliche Wechselwirkungen mit benachbarten Prozessen.

4.2 Erkennen von Explosionsgefahren

4.2.1 Allgemeines

Die Explosionsgefährdung hängt im Allgemeinen von den Materialien und Stoffen, die von den Geräten, Schutzsystemen und Komponenten be- oder verarbeitet, verwendet oder freigesetzt werden, und den Werkstoffen ab, aus denen die Geräte, Schutzsysteme und Komponenten hergestellt sind. Einige dieser freigesetzten Stoffe und Werkstoffe können mit Luft Verbrennungsreaktionen eingehen. Bei diesen Verbrennungsreaktionen werden oft beträchtliche Wärmemengen freigesetzt, 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. Diese mit einer explosionsfähigen Atmosphäre verbundene potentielle Gefährdung wird wirksam, wenn Entzündung durch eine wirksame Zündquelle erfolgt.

Die in 4.2.2 und 4.2.3 aufgeführten sicherheitstechnischen Kenngrößen beschreiben sicherheitsrelevante Eigenschaften brennbarer Stoffe. Die Materialeigenschaften und sicherheitstechnischen Kenngrößen bilden die Grundlage für die Analyse der Explosionsgefährdung.

Bedacht werden muss, dass derartige sicherheitstechnischen Kenngrößen keine Konstanten sind, sondern zum Beispiel von Verfahren abhängen, die bei deren Messung zur Anwendung kommen. Bei Stäuben muss auch berücksichtigt werden, dass die in Tabellenwerken gesammelten sicherheitstechnischen Kenngrößen nur als Richtwerte gelten können, da deren Zahlenwert von der Korngröße und -form, dem Feuchtegehalt und der Anwesenheit von Zusätzen, selbst in Spurenkonzentrationen, abhängt. Im speziellen Anwendungsfall sollten Proben der Stäube, wie sie in den Geräten anfallen, untersucht und die erhaltenen Daten bei der Risikobeschreibung eingesetzt werden.

4.2.2 Verbrennungseigenschaften

Da das Gefährdungspotential in diesem Zusammenhang nicht vom Stoff selbst ausgeht, sondern von dessen Kontakt oder 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 Brände oder Explosionen verursachen kann. Wesentliche Daten sind z. B.:

- a) unterer Explosionspunkt, ersetzt durch Flammpunkt (siehe EN 15794);
- b) Explosionsgrenzen (UEG, OEG) (siehe EN 1839, EN 14034-3 und EN 1839);
- c) Sauerstoffgrenzkonzentration (SGK) (siehe EN 14034-4 und EN 1839).

4.2.3 Explosionsverhalten

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

- a) maximaler Explosionsdruck ($p_{\max}$) (siehe EN 14034-1, EN 14034-4 und EN 15967);
- b) maximale Druckanstiegsrate ($(d_p/d_t)_{\max}$) (siehe EN 14034-2, EN 14491 und EN 15967);
- c) Normspaltweite (NSW) (siehe EN 60079-1).

4.2.4 Wahrscheinlichkeit des Auftretens von explosionsfähiger Atmosphäre

Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre hängt von Folgendem ab:

- dem Vorhandensein eines brennbaren Stoffes;
- dem Dispersionsgrad des brennbaren Stoffes (z. B. Gase, Dämpfe, Nebel, Stäube);
- der Konzentration des brennbaren Stoffes in der Luft innerhalb des Explosionsbereichs;
- der Menge an explosionsfähiger Atmosphäre, die ausreicht, im Falle von Entzündung Verletzungen oder Schaden zu verursachen.

Bei der Abschätzung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre muss die mögliche Bildung der explosionsfähigen Atmosphäre durch chemische Reaktionen, Pyrolyse und biologische Prozesse der vorhandenen Stoffe berücksichtigt werden.

Lässt sich die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre nicht einschätzen, ist davon auszugehen, dass ständig eine derartige gefährliche explosionsfähige Atmosphäre vorliegt.

a) Vorhandensein eines brennbaren Stoffes

Entflammbare und/oder brennbare Substanzen sind als Stoffe einzustufen, die eine explosionsfähige Atmosphäre bilden können, es sei denn, die Untersuchung ihrer Eigenschaften hat ergeben, dass sie in Gemischen mit Luft nicht in der Lage sind, eine Explosion selbsttätig fortzuleiten. Bei der Abschätzung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre muss die mögliche Bildung der explosionsfähigen Atmosphäre durch chemische Reaktionen, Pyrolyse und biologische Prozesse der vorhandenen Stoffe berücksichtigt werden.

b) Dispersionsgrad brennbarer Stoffe

Naturgemäß ist bei Gasen, Dämpfen und Nebeln ein für das Zustandekommen einer explosionsfähigen Atmosphäre ausreichender Dispersionsgrad gegeben. Bei Stäuben kann mit dem Zustandekommen einer explosionsfähigen Atmosphäre gerechnet werden, wenn die Teilchengrößenanteile 0,5 mm unterschreiten.

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

Zu beachten ist besonders die Tatsache, dass in Hybridgemischen Explosionen auftreten können, obwohl in dem Gemisch keiner der entflammbaren/brennbaren Stoffe innerhalb der Explosionsgrenzen vorhanden ist.

c) Konzentration brennbarer Stoffe

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

ANMERKUNG 2 Einige chemisch unbeständige Stoffe, z. B. Acetylen und Ethylenoxid, können sogar 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 eine explosionsfähige Atmosphäre entstehen (siehe 6.2.1.2). Aerosole und Nebel brennbarer Flüssigkeiten können auch bei Temperaturen unterhalb des unteren Explosionspunktes eine explosionsfähige Atmosphäre bilden.

ANMERKUNG 3 Aerosole und Nebel können ein explosionsfähiges Gemisch bei Temperaturen bilden, die wesentlich unter dem unteren Explosionspunkt (UEP) liegen.

Die Explosionsgrenzen haben bei Stäuben nicht die gleiche Bedeutung wie bei Gasen und Dämpfen. Staubwolken sind gewöhnlich inhomogen. Die Staubkonzentration kann durch Ablagern und Aufwirbeln von Staub in der Atmosphäre stark schwanken. In Gegenwart von abgelagertem, brennbaren Staub ist stets mit der möglichen Entstehung explosionsfähiger Atmosphären zu rechnen.

d) Menge an explosionsfähiger Atmosphäre

Die Abschätzung, ob eine explosionsfähige Atmosphäre in Gefahr drohender Menge vorhanden ist, hängt von den möglichen Auswirkungen der Explosion ab (siehe 4.4).

ANMERKUNG 4 Erfahrungsgemäß ist ein Volumen von 10 dm³ in Verbindung stehender explosionsfähiger Atmosphäre immer gefährlich.

4.3 Erkennen von Zündgefahren

4.3.1 Allgemeines

Zunächst muss festgestellt werden, welchen Arten an Zündquellen möglich und gerätebedingt vorhanden sind. Die verschiedenen Zündquellen werden in Abschnitt 5 erörtert. Die Bedeutung aller Zündquellen, die mit der explosionsfähigen Atmosphäre in Berührung kommen könnten, muss abgeschätzt werden.

Die Zündfähigkeit aller gerätebezogenen Zündquellen muss dann mit den Zündeigenschaften des brennbaren Stoffes verglichen werden (siehe 4.3.2).

Dieser Schritt muss schließlich zu einer vollständigen Auflistung aller potentiellen Zündquellen des Geräte- oder Komponententyps oder des Geräts oder der Komponente führen. Anschließend muss die Eintrittswahrscheinlichkeit des Wirksamwerdens potentieller Zündquellen abgeschätzt werden, wobei außerdem solche zu berücksichtigen sind, die z. B. durch Wartungs- oder Reinigungsarbeiten eingeleitet werden können.

4.3.2 Zündeigenschaften

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

- a) Mindestzündenergie (siehe EN 13821);
- b) Mindestzündtemperatur der explosionsfähigen Atmosphäre (siehe EN 14522 und EN 50281-2-1);
- c) Mindestzündtemperatur einer Staubschicht (siehe EN 50281-2-1).

4.3.3 Wahrscheinlichkeit des Auftretens von wirksamen Zündquellen

Die potentiellen Zündquellen müssen entsprechend der Wahrscheinlichkeit, wirksam zu werden, wie folgt eingestuft werden:

- a) Zündquellen, die kontinuierlich oder häufig auftreten können;
- b) Zündquellen, die bei seltenen Situationen auftreten können;
- c) Zündquellen, die bei sehr seltenen Situationen auftreten können;

Hinsichtlich der eingesetzten Geräte, Schutzsysteme und Komponenten muss diese Klassifizierung gleichgestellt werden mit:

- d) Zündquellen, die bei Normalbetrieb auftreten können;
- e) Zündquellen, die lediglich infolge von Funktionsstörungen auftreten können;
- f) Zündquellen, die lediglich infolge von seltenen Funktionsstörungen auftreten können.

ANMERKUNG Um Zündquellen unwirksam zu machen (siehe 6.4), können Schutzmaßnahmen zur Anwendung kommen.

Lässt sich die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer wirksamen Zündquelle nicht abschätzen, ist von der Annahme auszugehen, dass diese ständig vorhanden ist.

4.4 Abschätzung der möglichen Auswirkungen einer Explosion

Um die möglichen Auswirkungen einer Explosion abzuschätzen, müssen folgende Situationen berücksichtigt werden, z. B.:

- Flammen und heiße Gase;
- Wärmestrahlung;
- Druckwellen;
- weggeschleuderte Teile;
- gefährliche Freisetzung von Stoffen.

Die Auswirkungen der oben aufgeführten Situationen hängen ab von:

- den chemischen und physikalischen Eigenschaften der brennbaren Stoffe;
- der Menge und der Umschließung der explosionsfähigen Atmosphäre;
- der Geometrie der Umgebung, wobei Hindernisse zu berücksichtigen sind;
- der Festigkeit der Umschließungs- und Tragkonstruktionen;
- der Schutzausrüstung, die vom gefährdeten Personal getragen wird;
- den physikalischen Eigenschaften der gefährdeten Gegenstände.

Hinsichtlich der Auswirkungen einer Explosion sind zur Abschätzung der zu erwartenden Personen-, Haustier- oder Sachschäden und der Größe des gefährdeten Bereichs vom Benutzer Angaben erforderlich. Entsprechende Angaben müssen Bestandteil der Benutzerinformation sein.

ANMERKUNG Diese Verfahrensweise kann auch als Anleitung für die Benutzer von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten bei der Bewertung des Explosionsrisikos am Arbeitsplatz und der Auswahl geeigneter Geräte, Schutzsysteme und Komponenten dienen.

5 Mögliche Zündquellen

5.1 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 (siehe 5.2).

Die Zündfähigkeit einer erhitzten Oberfläche hängt von der Art und der Konzentration des jeweiligen Stoffes im Gemisch mit Luft ab. Die Zündfähigkeit nimmt mit zunehmender Temperatur und mit zunehmender Oberfläche des erhitzten Körpers zu. Weiterhin hängt die eine Entzündung auslösende Temperatur von der Größe und dem Oberflächenprofil des erhitzten Körpers, vom Konzentrationsgefälle im Bereich der

Oberfläche, der Strömungsgeschwindigkeit der explosionsfähigen Atmosphäre um die heiße Oberfläche und zum Teil auch vom Oberflächenmaterial ab. So kann z. B. explosionsfähige Gas- oder Dampfatmosfera im Inneren größerer erhitzter Räume (etwa 1 l und mehr) durch niedrigere Wandtemperaturen als den nach EN 14522 oder nach anderen gleichwertigen Verfahren 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 einer explosionsfähigen Atmosphäre an erhitzten Oberflächen könnte wegen der kurzen Verweilzeit eine höhere Wandtemperatur zur Entzündung 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 Entzündung der ursprünglichen Atmosphären erleichtern.

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

Heiße Oberflächen können außerdem durch Wärmeabsorber entstehen, die von anderen Zündquellen erzeugt werden, z. B. elektromagnetische Wellen (siehe 5.8 und 5.9) und Ultraschallwellen (siehe 5.11).

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 5.2.

Bezüglich der Schutzmaßnahmen gegen Zündgefahren durch heiße Oberflächen siehe 6.4.2. Wenn heiße Oberflächen ganz oder teilweise von anderen Abschnitten spezifischer behandelt werden, müssen diese Abschnitte Anwendung finden, siehe 6.4.4, 6.4.9, 6.4.10, 6.4.12.

5.2 Flammen und heiße Gase (einschließlich heißer Partikel)

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

Befindet sich sowohl innerhalb als auch außerhalb eines Gerätes, Schutzsystems oder einer Komponente oder in benachbarten Anlagenteilen eine 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).

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

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

5.3 Mechanisch erzeugte Schlag-, Reib- und Abtragvorgänge

Durch Reib-, Schlag- und Abtragvorgänge, 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 (besonders Metallstaub/Luft-Gemische) entzünden. In abgelagertem Staub können durch Funken Glimmnester entstehen, die dann zur Zündquelle für die explosionsfähige Atmosphäre werden können.

Das Eindringen von Fremdkörpern, z. B. von Steinen oder Metallstückchen, 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.

Wenn Edelstahl Teil eines Reib-, Schlag- und Abtragvorgangs ist, entstehen leicht heiße Oberflächen, die zu einer wirksamen Zündquelle werden können. Durch hohen Anpressdruck bei Reibung oder Schleifen entsteht zusätzlicher Funkenschlag.

Schlagvorgänge, bei denen Rost und Leichtmetalle (z. B. Aluminium und Magnesium) und deren 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.

Hinsichtlich der Zündgefahren beim Schweißen und Schneiden siehe 5.2.

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

5.4 Elektrische Anlagen

Bei elektrischen Anlagen können elektrische Funken und heiße Oberflächen (siehe 5.1) als Zündquellen auftreten. Elektrische Funken können erzeugt werden, z. B.:

- beim Öffnen und Schließen elektrischer Stromkreise;
- durch Wackelkontakte;
- durch Ausgleichsströme (siehe 5.5);
- durch Überlast oder unzureichende Kühlung;
- durch Kurzschlüsse.

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

Bezüglich der Schutzmaßnahmen gegen Zündgefahren durch elektrische Anlagen siehe 6.4.5.

5.5 Elektrische Ausgleichsströme, kathodischer Korrosionsschutz

In elektrisch leitfähigen Anlagen oder Anlagenteilen können Ausgleichsströme (Streuströme) fließen, z. B.:

- als Rückströme zu Stromerzeugungssystemen – besonders im Bereich von elektrischen Bahnen und großen Schweißanlagen – wenn z. B. im Erdreich verlegte, elektrisch leitfähige Anlagenteile wie Schienen und Kabelummantelungen den Widerstand dieses Rückstromweges verringern;
- infolge von Kurzschluss oder Erdschluss bei Fehlern in elektrischen Anlagen;
- infolge magnetischer Induktion (z. B. in der Nähe von elektrischen Anlagen mit hohen Stromdichten oder Hochfrequenzen, siehe auch 5.8); und
- infolge von Blitzschlag (siehe 5.7).

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

Bei Anwendung des kathodischen Korrosionsschutzes mit Fremdstromeinspeisung sind die oben genannten Zündgefahren auch möglich. Bei Einsatz von Opferanoden 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.

5.6 Statische Elektrizität

Unter bestimmten Bedingungen (siehe IEC/TS 60079-32-1) 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 gewitterblitz-ähnliche Entladungen auftreten.

Funken, Gleitstielbüschel, Schüttkegel und gewitterblitz-ähnliche Entladungen können nahezu alle explosionsfähigen Gas- und Dampfatamosphären entzünden. Büschelentladungen können nahezu alle explosionsfähigen Gas- und Dampfatamosphären entzünden. Nach dem heutigen Kenntnisstand kann die Zündung von explosionsfähigen Staub/Luft-Gemischen durch Büschelentladungen ausgeschlossen werden.

Bezüglich der Schutzmaßnahmen gegen Zündgefahren durch statische Elektrizität siehe 6.4.7.

5.7 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 und zu Zündgefahren führen.

Bezüglich der Schutzmaßnahmen gegen Zündgefahren durch Blitzschlag siehe 6.4.8.

5.8 Elektromagnetische Wellen im Frequenzbereich von 10^4 Hz bis 3×10^{11} 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.

5.9 Elektromagnetische Wellen im Frequenzbereich von 3×10^{11} Hz bis 3×10^{15} Hz

Strahlung in diesem Spektralbereich kann – besonders 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 (kontinuierliches Licht 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) selbst eine Zündquelle wie in 5.1 und in 5.4 festgelegt sein können.

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

5.10 Ionisierende Strahlung

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

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

ANMERKUNG Eine derartige 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.

5.11 Ultraschallwellen

Bei Anwendung von Ultraschallwellen 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.

In explosionsfähigen Atmosphären können Felder von Ultraschallstehwellen oder sich verbreitende Ultraschallwellen die explosionsfähige Atmosphäre entzünden, wenn ein bestimmter Absorber die akustische Energie in einen Bereich der örtlichen Erwärmung umwandelt. Die kritischste Position des Absorbers ist der erste Schalldruck-Bauch eines Stehwellenfeldes ($n \cdot \lambda/2$) oder das erste Schalldruckmaximum einer sich verbreitenden Welle.

In Flüssigkeit kann fokussierter Ultraschall, der in die Flüssigkeit gekoppelt ist, die explosionsfähigen Atmosphären oberhalb der Flüssigkeit entzünden, wenn ein bestimmter Absorber an der Oberfläche der Flüssigkeit die Schallenergie in einen Bereich der örtlichen Erhitzung umwandelt. Kavitation, die z. B. in Ultraschall-Reinigungsbädern entsteht, kann keine Entzündung der explosionsfähigen Atmosphäre oberhalb der Flüssigkeit hervorrufen.

Bezüglich der Schutzmaßnahmen gegen Zündgefahren durch Ultraschall siehe 6.4.12.

5.12 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 derartige Leitung angeschlossen sind, kann es infolge einer Kompressionszündung von Schmierölnebeln zu Explosionen kommen.

Stoßwellen bilden sich z. B. beim plötzlichen Entspannen von Hochdruckgasen in Rohrleitungen aus. Sie dringen dabei mit Überschallgeschwindigkeit in Gebiete niedrigeren Druckes vor. Bei deren Beugung oder Reflexion an Rohrkrümmungen, Verengungen, Verbindungsflanschen, geschlossenen Schiebern oder dergleichen können besonders hohe Temperaturen auftreten.

ANMERKUNG 2 Geräte, Schutzsysteme und Komponenten, die stark oxidierende Gase enthalten, z. B. reinen Sauerstoff oder Gasatmosphären mit hohem Sauerstoffanteil, können unter der Einwirkung von adiabatischer Kompression, Stoßwellen oder sogar durch die reine Gasströmung zur wirksamen Zündquelle werden, da hierbei Schmierstoffe, Dichtungen und selbst Konstruktionswerkstoffe entzündet werden können. Werden dabei Geräte, Schutzsysteme oder Komponenten zerstört, entzünden Teile davon eine umgebende explosionsfähige Atmosphäre.

Bezüglich der Schutzmaßnahmen gegen Zündgefahren durch adiabatische Kompression und Stoßwellen siehe 6.4.13.

5.13 Exotherme Reaktionen, einschließlich Selbstentzündung von Stäuben

Exotherme Reaktionen können als Zündquelle wirken, wenn die Wärmeproduktionsrate größer ist als die Wärmeverlustrate zur Umgebung. Viele chemische Reaktionen verlaufen exotherm. Ob bei einer Reaktion eine hohe Temperatur entsteht, hängt neben anderen Parametern vom Volumen/Oberflächen-Verhältnis des Reaktionssystems, von der Umgebungstemperatur und der Verweilzeit ab. Diese hohen Temperaturen können sowohl zur Entzündung von explosionsfähigen Atmosphären als auch zur Entstehung von Glimmnestern und/oder Bränden führen.

ANMERKUNG 1 Es liegt keine Norm zur Identifizierung von Materialien vor, die in der Lage sind, Schwel- oder Glimmbrände zu unterstützen.

ANMERKUNG 2 Materialien, die nicht zur selbsterhaltenden Verbrennung oder Unterstützung von Schmelbränden in Staubschichten in der Lage sind, können dennoch in der Lage sein Staubexplosionen auszulösen, wenn diese Staubschicht in die Luft aufgewirbelt wird.

Hierzu zählen Reaktionen pyrophorer Stoffe mit Luft, von Alkalimetallen mit Wasser, die Selbstentzündung brennbarer Stäube¹⁾, die Selbsterhitzung von Futtermitteln durch biologische Prozesse, die Zersetzung organischer Peroxide oder Polymerisationsreaktionen.

Auch Katalysatoren können Reaktionen auslösen, bei denen Energie freigesetzt wird (z. B. zwischen Wasserstoff/Luft-Gemischen und Platin).

ANMERKUNG 3 Bei manchen chemischen Reaktionen (z. B. bei Pyrolyse und biologischen Prozessen) können brennbare Stoffe entstehen, die dann mit der Umgebungsluft eine explosionsfähige Atmosphäre bilden.

Bei einigen Kombinationen von Werkstoffen mit Chemikalien (z. B. Kupfer mit Acetylen, Schwermetalle mit Wasserstoffperoxid) kann es zu heftigen Reaktionen mit Entzündung kommen.

Manche Kombinationen von Stoffen, besonders wenn sie in fein verteilter Form vorliegen (z. B. Aluminium/Rost oder Zucker/Chlorat), reagieren heftig bei Schlageinwirkung oder Reibung (siehe 5.3).

Bezüglich der Schutzmaßnahmen gegen Zündgefahren durch chemische Reaktionen siehe 6.4.14.

ANMERKUNG 4 Gefahren können auch durch chemische Reaktionen auf Grund thermischer Instabilität, hoher Reaktionswärme und/oder schneller Gasentwicklung entstehen. Diese Gefahren werden in der vorliegenden Norm nicht behandelt.

6 Risikominderung

6.1 Grundlegende Prinzipien

Die Notwendigkeit eines gleichzeitigen Vorhandenseins von explosionsfähiger Atmosphäre und wirksamer Zündquelle sowie die erwarteten Auswirkungen einer Explosion – wie in Abschnitt 4 beschrieben – führen unmittelbar zu den grundlegenden Prinzipien des Explosionsschutzes:

a) Vorbeugender Explosionsschutz:

- 1) Vermeiden oder Verringern von explosionsfähigen Atmosphären; dieses Ziel lässt sich im Wesentlichen dadurch erreichen, dass entweder die Konzentration des brennbaren Stoffes so verändert wird, dass diese außerhalb des Explosionsbereiches liegt oder dass die Sauerstoffkonzentration auf einen Wert unterhalb der Sauerstoffgrenzkonzentration (SGK) abgesenkt wird;
- 2) Vermeiden jeder möglichen wirksamen Zündquelle;

b) Explosionsschutz durch konstruktive Maßnahmen:

- 1) Unterbrechen der Explosion und/oder Begrenzen der Reichweite auf ein ausreichendes Niveau durch konstruktive Schutzmaßnahmen, z. B. Explosionsentkopplung, Explosionsdruckentlastung, Explosionsunterdrückung und Sicherheitsbehälter. Im Gegensatz zu den beiden oben beschriebenen Maßnahmen wird hier das Auftreten einer Explosion akzeptiert.

Die Risikoverminderung könnte durch Anwendung lediglich einer der oben aufgeführten Schutzprinzipien erreicht werden. Eine Kombination dieser Prinzipien kann auch angewendet werden.

1) Zur Bestimmung des Selbstentzündungsverhaltens von Staubablagerungen siehe EN 15188.

Der Vermeidung explosionsfähiger Atmosphäre muss stets Vorrang gegeben werden.

Es müssen umso umfangreichere Maßnahmen gegen wirksame Zündquellen getroffen werden, je höher die Wahrscheinlichkeit des Auftretens explosionsfähiger Atmosphäre ist und umgekehrt.

Zur Auswahl der geeigneten Maßnahmen muss für jeden einzelnen Fall ein Explosionsschutzkonzept erarbeitet werden.

Bei der Planung von Explosionsschutzmaßnahmen sind normale Betriebsbedingungen einschließlich der An- und Abfahrvorgänge zu berücksichtigen. Darüber hinaus sind sowohl mögliche technische Störungen als auch vorhersehbarer Missbrauch nach EN ISO 12100 einzubeziehen. Die Anwendung von Maßnahmen zum Explosionsschutz erfordert eine gründliche Kenntnis der Fakten und genügend Erfahrung. Aus diesem Grunde wird ausdrücklich empfohlen, Experten zu Rate zu ziehen.

6.2 Vermeiden oder Einschränken explosionsfähiger Atmosphäre

6.2.1 Prozessparameter

6.2.1.1 Ersatz oder Verringerung der Menge der Stoffe, die explosionsfähige Atmosphäre bilden können

Wo immer möglich, müssen brennbare Stoffe durch nicht brennbare Stoffe oder durch Stoffe, die keine explosionsfähige Atmosphäre mehr bilden können, ersetzt werden.

Die Menge an brennbarem Stoff muss auf ein Minimum verringert werden.

6.2.1.2 Begrenzung der Konzentration

Lässt sich der Umgang mit Stoffen, die explosionsfähige Atmosphäre zu bilden vermögen, nicht vermeiden, so kann die Bildung explosionsfähiger Atmosphären in Gefahr drohender Menge innerhalb von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten durch Maßnahmen verhindert oder durch Maßnahmen, die die Menge und/oder Konzentration regeln, begrenzt werden.

Diese Maßnahmen sind zu überwachen, wenn die verfahrensbedingten Konzentrationen nicht genügend weit außerhalb des Explosionsbereiches liegen. Diese Überwachung, z. B. durch Gaswarngeräte oder Strömungswächter, muss gekoppelt sein mit Alarmen, anderen Schutzsystemen oder automatischen Notfunktionen.

Bei der Durchführung dieser Regelmaßnahmen muss die Konzentration der brennbaren Stoffe ausreichend weit unterhalb der unteren oder oberhalb der oberen Explosionsgrenze gehalten werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass beim Anfahren oder Abfahren des Prozesses der Explosionsbereich durchfahren werden kann.

Liegt die Konzentration in den Geräten, Schutzsystemen und Komponenten über der oberen Explosionsgrenze, besteht im Inneren keine Explosionsgefahr; austretende Stoffe können jedoch unabhängig von der Staubkonzentration innerhalb des Gerätes durch Luftzutritt Explosionsgefahr außerhalb der Geräte, Schutzsysteme und Komponenten hervorrufen. Durch Eintreten von Luft in Geräte, Schutzsysteme und Komponenten kann auch innerhalb dieser Explosionsgefahr entstehen.

Bei brennbaren Flüssigkeiten, wo eine explosionsfähige Nebelatmosphäre ausgeschlossen werden kann, gilt das Ziel, die Konzentration unterhalb der unteren Explosionsgrenze zu halten, als erreicht, wenn die Temperatur an der Flüssigkeitsoberfläche stets genügend weit unterhalb des Explosionspunktes liegt. Der erforderliche Abstand unterhalb des Explosionspunktes hängt von der chemischen Beschaffenheit und der Zusammensetzung der brennbaren Flüssigkeit ab.

ANMERKUNG 1 Bei Lösungen brennbarer Gase in brennbaren Flüssigkeiten kann die Verwendung des Flammpunktes irreführend sein. Der Explosionspunkt kann auch irreführend sein, wenn Flüssigkeiten bei Temperaturen gelagert werden, bei denen Zersetzung oder langsame Oxidation stattfinden könnte (z. B. Bitumen, schweres Heizöl).

ANMERKUNG 2 Häufig lassen sich durch geeignete Wahl der Betriebsbedingungen in den gesamten Geräten, Schutzsystemen und Komponenten so hohe Dampfkonzentrationen aufrechterhalten, dass die Konzentration oberhalb der oberen Explosionsgrenze liegt. In manchen Fällen – z. B. bei der Lagerung in Tanks und wenn Kondensation auftreten kann – nimmt die Konzentration jedoch im oberen Bereich des Tanks ab, so dass die Atmosphäre explosionsfähig werden kann. Lediglich nach extrem langen Lagerzeiten in praktisch nicht atmenden Lagerbehältern und wenn die Oberflächentemperatur weit über dem oberen Explosionspunkt liegt, hat die Atmosphäre an allen Stellen im Lagerbehälter eine Konzentration oberhalb der oberen Explosionsgrenze.

ANMERKUNG 3 Einige flüssige halogenierte Kohlenwasserstoffe können explosionsfähige Atmosphären bilden, obwohl für die Flüssigkeit kein Explosionspunkt bestimmt werden kann.

Bei Stäuben ist das Ziel, explosionsfähige Atmosphäre durch Begrenzung der Konzentration zu vermeiden, schwer zu erreichen, da Staub/Luft-Gemische gewöhnlich inhomogen sind.

Die Berechnung der Staubkonzentration aus der Gesamtmenge des Staubes bezogen auf das Gesamtvolumen der Geräte, Schutzsysteme und Komponenten führt gewöhnlich zu falschen Ergebnissen. Örtliche Staubkonzentrationen können vorliegen, die von den so errechneten sehr verschieden sind.

6.2.1.3 Inertisierung

Durch Zugabe von Inertgasen (z. B. Stickstoff, Kohlendioxid, Edelgasen), Wasserdampf oder von pulverförmigen Inertstoffen (z. B. Calciumcarbonat), die mit den hergestellten Produkten verträglich sind, kann die Bildung explosionsfähiger Atmosphäre verhindert werden (Inertisierung), siehe CEN/TR 15281.

Bei der Inertisierung mit Wasserdampf ist der Einfluss der Kondensation zu berücksichtigen.

Die Inertisierung mit Inertgasen beruht auf der Verringerung der Sauerstoffkonzentration der Atmosphäre, so dass diese nicht mehr explosionsfähig ist. Die höchstzulässige Sauerstoffkonzentration leitet sich von der Sauerstoffgrenzkonzentration vermindert um einen Sicherheitsbetrag ab. Die für die Inertisierung erforderliche Sauerstoffgrenzkonzentration hängt vom verwendeten Inertgas ab.

Bei Gemischen aus verschiedenen brennbaren Stoffen, einschließlich hybrider Gemische, ist ansonsten zur Ermittlung der höchstzulässigen Sauerstoffkonzentration die Komponente mit der niedrigsten Sauerstoffgrenzkonzentration zugrunde zu legen.

Explosionsfähige Staub/Luft-Gemische können auch durch Zugabe von nicht reagierendem, inertem Staub inertisiert werden.

6.2.2 Gestaltung und konstruktive Ausführung von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten

6.2.2.1 Allgemeines

Bei der Gestaltung von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten, in denen mit brennbaren Stoffen umgegangen wird, muss angestrebt werden, dass sich die Stoffe stets in geschlossenen Systemen befinden.

Wenn irgend möglich, sollten bei der konstruktiven Ausführung nichtbrennbare Materialien verwendet werden.

Arbeitsvorgänge in benachbarten Anlagen müssen so ablaufen, dass keine gefährliche Beeinflussung eintritt. Das lässt sich z. B. durch räumliche Trennung oder gegenseitige Abschirmung der Anlagen erreichen. Die weitgehende Aufteilung der brennbaren Stoffe in kleinere Mengen und die gleichzeitige Anwesenheit jeweils nur kleinerer Mengen an einem bestimmten Ort – selbst bei großen Mengenströmen – können sicherheitstechnische Vorteile bringen.

6.2.2.2 Vermeidung oder Verringerung der Leckage brennbarer Stoffe

Um das Explosionsrisiko außerhalb von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten durch ungewollt austretende brennbare Stoffe zu verringern, müssen derartige Geräte, Schutzsysteme und Komponenten so entworfen, ausgeführt und betrieben werden, dass sie auf Dauer leakfrei sind und bleiben. An dynamisch beanspruchten Dichtungen, z. B. an Pumpenstopfbuchsen, oder an Probenahmestellen können kleine Undichtigkeiten auftreten.

Beispielsweise durch Kapselung und Ableitung der austretenden Dämpfe in einen Bereich ohne Zündgefahr kann das Auftreten einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre in der unmittelbaren Umgebung der Austrittsstelle verhindert werden.

Das muss bei Geräten, Schutzsystemen und Komponenten berücksichtigt werden. Zur Verringerung der Leckraten und zur Verhinderung des Ausbreitens brennbarer Stoffe sind Vorkehrungen zu treffen. Wenn erforderlich, müssen Leckdetektoren verwendet werden. Besonders zu beachten sind:

- die Auswahl der Werkstoffe, einschließlich der für Packungen, Dichtungen, Stopfbuchsen und Wärmedämmungen im Hinblick auf mögliche Korrosion, Verschleiß und gefährliche Wechselwirkungen mit den eingesetzten Stoffen;
- Armaturen und Anschlussstücke im Hinblick auf ihre Dichtheit (siehe Anhang B). Anzahl und Abmessungen demontierbarer Verbindungsstücke müssen auf ein Minimum beschränkt werden;
- die Unversehrtheit von Rohrleitungen. Das kann z. B. durch geeigneten Schutz gegen Schlageinwirkung oder durch geeignete räumliche Anordnung erreicht werden. Flexible Rohrverbindungen müssen auf ein Minimum beschränkt werden;
- Abfluss und Objektabsaugung, um kleine Undichtheiten zu beherrschen;
- demontierbare Anschlüsse, die mit abgedichteten Abschlussstücken versehen sein sollten;
- Befüll- und Entleerungsvorgänge. Der Gebrauch von Gaspendelsystemen muss erwogen werden. Die Anzahl und Größe von Öffnungen muss möglichst klein gehalten werden.

6.2.2.3 Verdünnung durch Entlüftung

Zur Beschränkung der Auswirkungen freigesetzter brennbarer Gase und Dämpfe ist die Entlüftung von Wichtigkeit. Sie kann sowohl im Inneren wie auch außerhalb der Geräte, Schutzsysteme und Komponenten angewendet werden.

Bei Stäuben bieten Entlüftungsmaßnahmen in der Regel nur dann ausreichenden Schutz, wenn der Staub direkt an der Entstehungsstelle abgesaugt wird (Objektabsaugung) und gefährliche Ablagerungen brennbarer Stäube zuverlässig verhindert werden.

Staubaustritt ist bei Geräten, Schutzsystemen und Komponenten zu erwarten, die bei normalem Betrieb (z. B. an Übergabestellen oder Inspektions- und Reinigungsöffnungen) und bei Funktionsstörungen geöffnet sein können. Schutzmaßnahmen bestehen darin, in Staub führenden Geräten, Schutzsystemen und Komponenten entweder einen leichten Unterdruck zu erzeugen (Gesamtabsaugung), oder den Staub an der Entstehungs- oder Austrittsstelle sorgfältig aufzufangen (Objektabsaugung).

6.2.2.4 Vermeiden von Staubansammlungen

Um die Bildung explosionsfähiger Atmosphäre durch Aufwirbeln von Staubablagerungen zu verhindern, müssen die Geräte, Schutzsysteme und Komponenten so ausgeführt sein, dass Ablagerungen brennbarer Stäube möglichst weitgehend vermieden werden.

Neben den bereits in 6.2.2.1 bis 6.2.2.3 genannten Maßnahmen sind folgende Punkte besonders zu beachten:

- Fördereinrichtungen und Abscheider für Staub sind nach strömungsdynamischen Prinzipien auszulegen mit besonderer Berücksichtigung der Rohrführung, der Strömungsgeschwindigkeit und der Oberflächenrauheit;
- Oberflächen, z. B. Konstruktionselemente, T-Träger, Kabelbahnen, Fensterbänke und sogenannte Toträume in Staub-führenden Geräten, Schutzsystemen und Komponenten, müssen auf ein Minimum beschränkt werden. Das lässt sich zum Teil dadurch erreichen, dass z. B. die Konstruktionselemente verkleidet werden, um die Ablagerungsflächen zu verringern, oder dass unvermeidbare Ablagerungsflächen geneigt angeordnet werden. Glatte Oberflächen (z. B. Fliesen, Anstrich mit Ölfarbe usw.) verhindern das Anhaften von Staub zumindest teilweise und sind leichter zu reinigen. Durch Verwendung von Kontrastfarben können Staubablagerungen besser sichtbar gemacht werden;
- es sind geeignete Reinigungsvorkehrungen zu treffen (z. B. glatte Oberflächen, leichte Zugänglichkeit für Reinigungszwecke, zentrale Staubabsaugsysteme, Netzanschlüsse für mobile Staubsauger). In der Benutzerinformation ist darauf hinzuweisen, dass Staub von erhitzten Oberflächen, z. B. Rohren, Heizkörpern, elektrischen Geräten, entfernt werden muss;
- die Wahl geeigneter Austragseinrichtungen für Trockner, Granulatoren, Silos und Staubabscheider;
- Reinigungsgeräte müssen sich für den Gebrauch mit brennbarem Staub eignen (d. h. sie dürfen keine wirksamen Zündquellen aufweisen).

6.3 Explosionsgefährdete Bereiche

Die explosionsgefährdeten Bereiche können von der konstruktiven Ausführung und Anwendung bestimmter Geräte abhängen und müssen in der Planungsphase des Entwurfs und der bestimmungsgemäßen Verwendung in Betracht gezogen werden (siehe EN 60079-10-1 und EN 60079-10-2).

Der Umfang an Maßnahmen, die zur Vermeidung wirksamer Zündquellen erforderlich sind, hängt von der Häufigkeit und Dauer des Auftretens einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre ab.

ANMERKUNG 1 Wenn im folgenden Text der Ausdruck „Gas“ oder „Gas/Dampf“ verwendet wird, sind auch immer Nebel gemeint.

Ein Bereich, in dem eine explosionsfähige Atmosphäre nicht in derartigen Mengen zu erwarten ist, dass besondere Schutzmaßnahmen erforderlich werden, gilt im Sinne der vorliegenden Norm als nichtexplosionsgefährdeter Bereich.

ANMERKUNG 2 Unter Berücksichtigung der Ablagerung von Staub und der möglichen Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre durch Aufwirbeln von Staubschichten sind unterschiedliche Zonen für einerseits Gase/Dämpfe und andererseits für Stäube vorgeschrieben.

In Anbetracht dessen sind andere Maßnahmen für die Vermeidung wirksamer Zündquellen bei brennbaren Stäuben verglichen mit brennbaren Gasen und Dämpfen erforderlich.

6.4 Anforderungen an den Entwurf und die Ausführung von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten hinsichtlich des Vermeidens wirksamer Zündquellen

6.4.1 Allgemeines

Beim Einsatz von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten in explosionsgefährdeten Bereichen ist unter Berücksichtigung der in Abschnitt 5 beschriebenen Zündvorgänge zu prüfen, ob Zündgefahren auftreten können. Falls Zündgefahr besteht, muss versucht werden, die Zündquellen aus dem gefährdeten Bereich zu

entfernen. Wenn das nicht möglich ist, sind die unter 6.4.2 bis 6.4.14 beschriebenen Schutzmaßnahmen unter Beachtung der folgenden Hinweise zu ergreifen.

Die Maßnahmen müssen Zündquellen unschädlich machen oder die Wahrscheinlichkeit des Auftretens wirksamer Zündquellen verringern. Das kann durch die richtige Planung und Ausführung der Geräte, Schutzsysteme und Komponenten, der Betriebsverfahren sowie durch geeignete Warn- und Kontrollsysteme erreicht werden (siehe 6.7).

Der Umfang der Schutzmaßnahmen richtet sich nach der Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer explosionsfähigen Atmosphäre und nach den Auswirkungen einer eventuellen Explosion.

ANMERKUNG Das wird durch die Unterscheidung zwischen verschiedenen Gerätekategorien deutlich, wie in der Richtlinie 2014/34/EU festgelegt. Diese Kategorien spiegeln die Anforderungen der unterschiedlichen Zonen wider. Die Zonen für die Einteilung gefährlicher Bereiche sind in der Richtlinie 1999/92/EG festgelegt.

Die Kriterien, die die Einteilung in Kategorien bestimmen, sind in EN 13237 festgelegt.

In Abhängigkeit von der Art der explosionsfähigen Atmosphäre (Gas, Dampf, Nebel oder Staub als brennbarer Stoff) und von der Kategorie müssen folgende allgemeine Anforderungen an Geräte, Schutzsysteme und Komponenten eingehalten werden:

Geräte, Schutzsysteme und Komponenten zur Verwendung in explosionsfähigen Gas/Luft- und Dampf/Luft-Atmosphären und explosionsfähigen Nebeln:

- *Kategorie 3:* Zündquellen, die ständig oder häufig auftreten können (z. B. bei normalem Betrieb von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten), müssen vermieden werden.
- *Kategorie 2:* Neben den für Kategorie 3 genannten Zündquellen müssen auch Zündquellen, die nur selten auftreten können (z. B. bei Störungen der Geräte, Schutzsysteme und Komponenten), vermieden werden.
- *Kategorie 1:* Neben den für Kategorie 2 genannten Zündquellen müssen auch Zündquellen, die nur sehr selten auftreten können (z. B. bei Störungen der Geräte, Schutzsysteme und Komponenten), vermieden werden.

Geräte, Schutzsysteme und Komponenten zur Verwendung in explosionsfähiger Staub/Luft-Atmosphäre:

- *Kategorie 3:* Zündquellen, die ständig oder häufig auftreten können (z. B. bei normalem Betrieb von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten), müssen vermieden werden. Das gilt sowohl für die Zündung einer Staubwolke als auch einer Staubschicht. Das schließt auch die Begrenzung von Oberflächentemperaturen zur Vermeidung der Entzündung von abgelagertem Staub durch lange Wärmeeinwirkung ein.
- *Kategorie 2:* Neben den für Kategorie 3 genannten Zündquellen müssen sogar Zündquellen, die nur selten auftreten können (z. B. bei Störungen der Geräte, Schutzsysteme und Komponenten), vermieden werden. Das gilt sowohl für die Entzündung von Staubwolken als auch von abgelagertem Staub.
- *Kategorie 1:* Neben den für Kategorie 2 genannten Zündquellen müssen sogar Zündquellen, die nur sehr selten auftreten können (z. B. bei seltenen Störungen der Geräte, Schutzsysteme und Komponenten), vermieden werden. Das gilt sowohl für die Entzündung von Staubwolken als auch von abgelagertem Staub.

Geräte, Schutzsysteme und Komponenten aller Kategorien:

Diese müssen auch unter Berücksichtigung der verschiedenen Kenngrößen der brennbaren Stoffe gestaltet werden.

Enthält die explosionsfähige Atmosphäre mehrere Arten brennbarer Gase, Dämpfe, Nebel oder Stäube, so müssen die Schutzmaßnahmen in der Regel aufgrund der Ergebnisse spezieller Untersuchungen ausgewählt werden.

Die Vermeidung wirksamer Zündquellen als einzige Schutzmaßnahme ist nur dann zulässig, wenn sämtliche Arten der Zündquellen ermittelt wurden und wirksam vermieden werden (siehe 6.4.2 bis 6.4.14).

Die speziellen Anforderungen aus den Zoneneinteilungen an die Geräte der verschiedenen Kategorien zur Vermeidung von Zündquellen sind in 6.4.2 bis 6.4.14 beschrieben.

6.4.2 Heiße Oberflächen

Zur Feststellung von Gefährdungen durch heiße Oberflächen siehe 5.1.

Werden Gefährdungen durch heiße Oberflächen festgestellt, dann müssen in Abhängigkeit von der Art der explosionsfähigen Atmosphäre (Gas/Dampf/Nebel oder Staub als brennbarer Stoff) und von der Kategorie die Geräte, Schutzsysteme und Komponenten folgende Anforderungen erfüllen:

Geräte, Schutzsysteme und Komponenten zur Verwendung in explosionsfähigen Gas/Luft- und Dampf/Luft-Atmosphären und explosionsfähigen Nebeln:

- *Kategorie 1:* Die Temperaturen aller Oberflächen von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten, die mit explosionsfähigen Atmosphären in Berührung kommen können, dürfen – selbst bei selten vorkommenden Betriebsstörungen – 80 % der Selbstentzündungstemperatur eines brennbaren Gases oder einer brennbaren Flüssigkeit, gemessen in °C, nicht überschreiten.
- *Kategorie 2:* Die Temperaturen aller Oberflächen von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten, die mit explosionsfähigen Atmosphären in Berührung kommen können, dürfen die Zündtemperatur des brennbaren Gases oder der Flüssigkeit, in °C, bei normalem Betrieb und bei Betriebsstörungen nicht überschreiten. Wenn es sich jedoch nicht ausschließen lässt, dass das Gas oder der Dampf bis zur Temperatur der heißen Oberflächen erhitzt werden kann, darf die Oberflächentemperatur 80 % der Zündtemperatur des Gases oder der Flüssigkeit, gemessen in °C, nicht überschreiten (siehe 5.1). Dieser Grenzwert darf nur bei selten auftretenden Betriebsstörungen überschritten werden.
- *Kategorie 3:* Die Temperaturen aller Oberflächen von Geräten, Schutzsystemen und Komponenten, die mit explosionsfähigen Atmosphären in Berührung kommen können, dürfen bei normalem Betrieb die Selbstentzündungstemperatur des Gases oder der Flüssigkeit nicht überschreiten.

Geräte, Schutzsysteme und Komponenten aller Kategorien:

In besonderen Fällen dürfen die oben genannten Temperaturgrenzen überschritten werden, wenn nachgewiesen wird, dass keine Entzündung zu erwarten ist. Für heiße Oberflächen von mechanischen Funken oder schnell erzeugte heiße Oberflächen, die aus Reib-, Schlag- und Abtragekontakten von weniger als 1 s entstehen, müssen die Anforderungen nach 6.4.4 eingehalten werden. Wiederkehrend auftretende Kontakte von weniger als je 1 s gelten als kontinuierliche Kontakte.

Geräte, Schutzsysteme und Komponenten für den Betrieb in explosionsfähiger Staub/Luft-Atmosphäre:

- *Kategorie 1:* Die Temperaturen sämtlicher Oberflächen, die mit Staubwolken in Berührung kommen können, dürfen 2/3 der Mindestzündtemperatur, in °C, der betreffenden Staubwolke nicht überschreiten, auch nicht bei selten auftretenden Betriebsstörungen. Darüber hinaus müssen die Temperaturen von Oberflächen, auf denen sich Staub ablagern kann, um einen Sicherheitsabstand (siehe EN 60079-14) niedriger sein als die Mindestzündtemperatur der dicksten Schicht, die sich aus dem betreffenden Staub bilden kann; das muss auch bei selten auftretenden Betriebsstörungen sichergestellt sein. Falls die Schichtdicke unbekannt ist, muss die dickste vorhersehbare Schicht angenommen werden.

- *Kategorie 2:* Die Temperaturen sämtlicher Oberflächen, die mit Staubwolken in Berührung kommen können, dürfen $2/3$ der Mindestzündtemperatur, in °C, der betreffenden Staubwolke nicht überschreiten, auch nicht bei auftretenden Betriebsstörungen. Darüber hinaus müssen die Temperaturen von Oberflächen, auf denen sich Staub ablagern kann, um einen Sicherheitsabstand (siehe EN 60079-14) niedriger sein als die Mindestzündtemperatur der Schicht, die sich aus dem betreffenden Staub bilden kann; das muss auch bei Betriebsstörungen sichergestellt sein.
- *Kategorie 3:* Bei normalem Betrieb dürfen die Temperaturen sämtlicher Oberflächen, die mit Staubwolken in Berührung kommen können, $2/3$ der Mindestzündtemperatur in °C der Staubwolke nicht überschreiten. Darüber hinaus müssen die Temperaturen von Oberflächen, auf denen sich Staub ablagern kann, um einen Sicherheitsabstand (siehe EN 60079-14) niedriger sein als die Zündtemperatur der Schicht, die sich aus dem betreffenden Staub bilden kann.

Geräte, Schutzsysteme und Komponenten aller Kategorien:

In besonderen Fällen dürfen die oben genannten Temperaturgrenzen überschritten werden, wenn nachgewiesen wird, dass keine Entzündung zu erwarten ist. Für schnell erzeugte heiße Oberflächen, die aus Reib-, Schlag- und Abtragekontakten von weniger als 1 s entstehen, müssen die Anforderungen nach 6.4.4 eingehalten werden. Wiederkehrend auftretende Kontakte von weniger als je 1 s gelten als kontinuierliche Kontakte.

6.4.3 Flammen und heiße Gase

Zur Feststellung von Gefährdungen durch Flammen und heiße Gase siehe 5.2.

Hinsichtlich heißer Feststoffpartikel (z. B. Funkenflug) wird auf 6.4.4 (mechanisch erzeugte Reib-, Schlag- oder Abtragvorgänge) und hinsichtlich Flammendurchschlag auf 6.5 verwiesen.

Werden Gefährdungen durch Flammen und/oder heiße Gase festgestellt, dann müssen in Abhängigkeit von der Kategorie die Geräte, Schutzsysteme und Komponenten folgende Anforderungen erfüllen:

- a) *Alle Kategorien:* Offene Flammen sind unzulässig außer in den unten beschriebenen Fällen.
- b) *Kategorie 1:* Zusätzlich zu offenen Flammen sind auch Flammenabgase (z. B. für Zwecke der Inertisierung) oder andere heiße Gase unzulässig, wenn nicht besondere Schutzmaßnahmen ergriffen werden, z. B. Begrenzung der Temperatur oder Abscheidung zündfähiger Partikel.
- c) *Kategorien 2 und 3:* Einrichtungen mit Flammen sind nur zulässig, wenn die Flammen sicher eingeschlossen sind und die in 6.4.2 festgelegten Temperaturen an den Außenflächen der Anlagenteile nicht überschritten werden. Bei Geräten, Schutzsystemen und Komponenten mit eingeschlossenen Flammen (z. B. spezielle Heizungssysteme) ist ferner sicherzustellen, dass der Einschluss gegen die Einwirkung von Flammen ausreichend beständig ist und kein Flammendurchschlag in den Gefahrenbereich auftreten kann. Wenn die zur Verbrennung benötigte Luft aus Bereichen entnommen werden muss, in denen durch Gemische von Luft und Gasen, Dämpfen oder Nebeln oder durch Luft/Staub-Gemische explosionsfähige Atmosphären herbeigeführt werden:
 - 1) möglicherweise auftreten kann; oder
 - 2) nur unregelmäßig oder kurzzeitig auftritt;

müssen die Gefährdungen durch Einbeziehung entsprechender Schutzmaßnahmen verhindert werden (siehe 6.5).

Geräte der Kategorie 2 dürfen auch bei Funktionsstörungen keine wirksame Zündquelle bilden.

6.4.4 Mechanisch erzeugter Schlag-, Reib- und Abtragvorgang

Zur Feststellung von Gefährdungen durch mechanisch erzeugte Schlag-, Reib- und Abtragvorgänge, siehe 5.3.

Werden Gefährdungen durch mechanisch erzeugte Schlag-, Reib- und Abtragvorgänge festgestellt, dann müssen in Abhängigkeit von der Art der explosionsfähigen Atmosphäre (Gas/Dampf/Nebel oder Staub als brennbarer Stoff) und von der Kategorie die Geräte, Schutzsysteme und Komponenten folgende Anforderungen erfüllen:

- *Kategorie 1:* Geräte, Schutzsysteme und Komponenten, bei denen selbst bei selten auftretenden Betriebsstörungen zündfähige Reib-, Schlag- oder Schleiffunken oder schnell erzeugte heiße Oberflächen auftreten können, sind nicht zulässig. Besonders sind Reibvorgänge zwischen Aluminium oder Magnesium und Eisen oder Stahl auszuschließen. Reib- und Schlagvorgänge zwischen Titan oder Zirkonium und jeglichem harten Werkstoff sind zu vermeiden.
- *Kategorie 2:* Nach Möglichkeit sollten die Anforderungen an die Kategorie 1 erfüllt werden. Funken oder schnell erzeugte heiße Oberflächen müssen bei Normalbetrieb und bei Betriebsstörungen ausgeschlossen werden.
- *Kategorie 3:* Es ist ausreichend, Schutzmaßnahmen gegen betriebsmäßig zu erwartende zündfähige Reib-, Schlag- oder Schleiffunken oder schnell erzeugte heiße Oberflächen einzuleiten.
- *Alle Kategorien:* Geräte, die für einen Einsatz in explosionsfähigen Gas/Luft-, Dampf/Luft- oder in Nebel-Atmosphären vorgesehen sind und die durch mechanische Wirkungen Funken oder schnell erzeugte heiße Oberflächen erzeugen können, dürfen dann nicht verwendet werden, wenn die explosionsfähige Atmosphäre eines oder mehrere der folgenden Gase enthalten kann: Acetylen, Schwefelkohlenstoff, Wasserstoff, Schwefelwasserstoff, Ethylenoxid; es sei denn, es ist nachgewiesen, dass keine Explosionsgefahr besteht.

Die Anforderungen an Werkzeuge für den Gebrauch in explosionsgefährdeten Bereichen sollten mit Anhang A übereinstimmen.

In manchen Fällen ist es möglich, Leichtmetalle durch eine Beschichtung vor mechanischem Kontakt mit Rost zu schützen. Bei Beschichtung mit nicht leitfähigen Materialien, wie z. B. Kunststoffen, können Maßnahmen gegen statische Elektrizität erforderlich sein. Die Beschichtung sollte keine hohen prozentualen Anteile an Aluminium enthalten.

Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens mechanisch erzeugter, zündfähiger Funken oder schnell erzeugter heißer Oberflächen kann z. B. durch Benetzen vermindert werden. Dabei sollten mögliche Reaktionen mit dem Benetzungsmittel berücksichtigt werden, siehe EN ISO 80079-37.

6.4.5 Elektrische Anlagen

Zur Feststellung von Gefährdungen durch elektrische Anlagen siehe 5.4.

- *Alle Kategorien:* Elektrische Anlagen müssen entsprechend den geltenden Europäischen Normen entworfen, ausgeführt, installiert und instand gehalten werden.

6.4.6 Elektrische Ausgleichsströme und kathodischer Korrosionsschutz

Zur Feststellung von Gefährdungen durch elektrische Ausgleichsströme und kathodischen Korrosionsschutz siehe 5.5.

Wurden Gefährdungen durch elektrische Ausgleichsströme und/oder kathodischen Korrosionsschutz festgestellt, dann müssen in Abhängigkeit von der Art der explosionsfähigen Atmosphäre (Gas/Dampf/Nebel

oder Staub als brennbarer Stoff) und von der Kategorie die Geräte, Schutzsysteme und Komponenten folgende Anforderungen erfüllen:

- a) *Kategorie 1* (und Kategorie 2 für den Betrieb in explosionsfähigen Staub-/Luft-Gemischen): Der Potentialausgleich muss für alle leitfähigen Teile der Anlage vorgenommen werden. Von dieser Forderung kann innerhalb von Bereichen abgewichen werden, die von leitfähigen, in ein Potentialausgleichssystem einbezogenen Wänden umschlossen sind. Werden leitfähige Anlagenteile des Systems in Bereiche eingebracht, in denen durch Gemische von Luft und Gasen, Dämpfen oder Nebeln oder durch Luft/Staub-Gemische explosionsfähige Atmosphären:
- 1) kontinuierlich; oder
 - 2) für einen längeren Zeitraum; oder
 - 3) häufig vorhanden sind; oder
 - 4) wenn sie in Bereichen untergebracht sind, in denen möglicherweise explosionsfähige Atmosphären durch Luft/Staub-Gemische auftreten (z. B. Entlüftungs- und Saugrohre in Tanks), so sind sie vorher in den Potentialausgleich einzubeziehen.

Diese Anforderungen müssen in der Benutzerinformation (siehe Abschnitt 7) enthalten sein.

- b) *Kategorie 2*: Vorgesehen sein müssen Schutzmaßnahmen, die mit Kategorie 1 identisch sind. Zulässig ist es jedoch bei leitfähigen Anlagenteilen, die sich nicht in der Nachbarschaft von elektrischen Betriebsmitteln befinden, auf besondere Maßnahmen zum Potentialausgleich, z. B. zusätzliche Überbrückungen, zu verzichten, wenn durch miteinander verbundene elektrisch leitfähige Anlagenteile, z. B. Rohrnetze oder ausgedehnte Erdungsanlagen, bereits ein derartiger Potentialausgleich besteht.

Vor dem Öffnen und Schließen der Verbindungen von leitfähigen Anlagenteilen, z. B. beim Ausbau von Armaturen und Rohrteilen, sind Überbrückungen durch Verbindungsleitungen mit angemessenem Querschnitt erforderlich, sofern die Möglichkeit besteht, dass dadurch eine ausreichende elektrische Verbindung aufgehoben werden kann. Diese Anforderungen müssen in der Benutzerinformation (siehe Abschnitt 7) enthalten sein.

- c) *Kategorie 3*: Im Allgemeinen kann auf die Anforderungen bei den Kategorien 1 und 2 verzichtet werden, d. h. auf den Potentialausgleich, es sei denn, dass häufig Lichtbögen oder Funken, die von Ausgleichsströmen herrühren, auftreten.

Für Anlagen mit kathodischem Korrosionsschutz mit Fremdstromeinspeisung sind spezielle Schutzmaßnahmen vorzusehen.

6.4.7 Statische Elektrizität

Zur Feststellung von Gefährdungen durch statische Elektrizität siehe 5.6.

Werden Gefährdungen durch statische Elektrizität festgestellt, dann müssen in Abhängigkeit von der Kategorie die Geräte, Schutzsysteme und Komponenten folgende Anforderungen erfüllen:

- *Alle Kategorien*: Wichtigste Schutzmaßnahme ist das Verbinden und Erden aller leitfähigen Teile, die sich gefährlich aufladen könnten. Bei Vorhandensein nichtleitfähiger Teile und Stoffe reicht diese Schutzmaßnahme jedoch nicht aus. In diesem Fall müssen gefährliche Aufladungen von nichtleitfähigen Teilen und Stoffen, einschließlich von Feststoffen, Flüssigkeiten und Stäuben, vermieden werden. Diese Informationen müssen in die Benutzerinformation aufgenommen werden (siehe Abschnitt 7).

ANMERKUNG 1 Prüfverfahren für flexible Schüttgutbehälter (FIBC) zur Vermeidung des Risikos elektrostatischer Entladungen sind EN 61340-4-4:2012²⁾ zu entnehmen.

- *Kategorie 1:* Zündfähige Entladungen müssen ausgeschlossen und selten auftretende Betriebsstörungen in Betracht gezogen werden.
- *Kategorie 2:* Zündfähige Entladungen dürfen bei bestimmungsgemäßem Betrieb der Anlagen, einschließlich Wartung und Reinigung, und bei Betriebsstörungen, mit denen man üblicherweise rechnen muss, nicht auftreten.
- *Kategorie 3:* Andere Maßnahmen als Erdung sind in der Regel nur dann erforderlich, wenn zündfähige Entladungen häufig auftreten (z. B. bei nicht ausreichend leitfähigen Treibriemen).

ANMERKUNG 2 Weitere Schutzmaßnahmen sind in IEC/TS 60079-32-1 angegeben.

6.4.8 Blitzschlag

Schutzmaßnahmen für die Kategorien 1 und 2: Die Ableitwege des Blitzes müssen so ausgeführt werden, dass eine Erwärmung oder zündfähige Funken oder Sprühfunken nicht zur Zündquelle der explosionsfähigen Atmosphäre werden können. Das gilt auch für Einschläge in größerer Entfernung.

Die Maßnahmen sind mindestens so zu treffen, dass sich eine Blitzkugel mit einem Radius von 30 m beherrschen lässt.

Blitzschutzmaßnahmen dürfen durch deren Wirkung oder technische Ausführung andere Schutzmaßnahmen, z. B. kathodischen Korrosionsschutz, nicht beeinträchtigen.

Außer elektrischen Leitungen gelten als Verbindungsleitungen zwischen Metallteilen und Masseanschlüssen (Erder) auch Anlagenteile aus Metall, die betriebssicher elektrisch leitend verbunden sind.

Potentialausgleich sowie Anschlüsse und Verbindungen mit Rohrleitungen sind so auszubilden, dass beim Blitzstromdurchgang keine Funken oder unzulässig hohe Erwärmungen entstehen.

Geeignete Anschlüsse an Rohrleitungen sind angeschweißte Fahnen oder Bolzen oder Gewindebohrungen in den Flanschen zur Aufnahme von Schrauben.

Für Geräte der Kategorie 1 müssen diese Verbindungsstellen so dimensioniert werden, dass sie blitzstromtragfähig sind.

Außerdem sind für Geräte der Kategorie 1 Überspannungsableiter an geeigneten Stellen, also außerhalb explosionsgefährdeter Bereiche, einzubauen.

Schutzmaßnahmen für Kategorie 3: Blitzschutzanlagen sind nicht erforderlich, da die Wahrscheinlichkeit für das Zusammentreffen eines Blitzes mit dem Auftreten von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre als äußerst gering angesehen werden kann. Gegebenenfalls können organisatorische Maßnahmen (z. B. bei Instandsetzungsarbeiten) zur Anwendung kommen.

Zur Feststellung von Gefährdungen durch Blitzschlag siehe 5.7.

Werden Gefährdungen durch Blitzschlag festgestellt, dann müssen die Geräte, Schutzsysteme und Komponenten folgende Anforderungen erfüllen:

- *Alle Kategorien:* Anlagen müssen durch geeignete Blitzschutzmaßnahmen geschützt werden.

2) Wie beeinflusst von EN 61340-4-4:2012/A1:2015.