

Grundlagen Explosionsschutz



Die Broschüre wurde nach dem derzeitigen Stand der Normen und Vorschriften sorgfältig zusammengestellt. Verbindlich ist der jeweils aktuelle Stand der technischen und gesetzlichen Regeln. Irrtümer und Druckfehler begründen keinen Anspruch auf Schadensersatz.

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung, Verbreitung und Übersetzung vorbehalten.

BARTEC Broschüre
Grundlagen Explosionsschutz
15. überarbeitete Auflage - Ausgabe 2022

Verfasser:

Dr.-Ing. Hans-Jürgen Linström

Dipl.-Ing. Johannes Buhn

Dipl.-Ing. Karel Neleman

Inhalt

Technische Entwicklung des Explosionsschutzes	6 - 8	Sekundärer Explosionsschutz	15 - 26
Harmonisierung des Explosionsschutzes	8	Bedeutung und Nutzen der Zoneneinteilung in Arbeitsstätten	15
		Explosionstechnische Kennzahlen	17
Explosionsschutz	9 - 14	Zündtemperatur	17
Explosion	9	Explosionsuntergruppen	19
Bedingungen für eine Explosion	9	Schutzprinzipien	21
Die drei Faktoren	10	Baustandards und Verhinderung von wirksamen Zündquellen bei Geräten	22
Explosionsbereich	13	Normen zum Explosionsschutz	23
Vermeidung von Explosionen	13		
Primärer Explosionsschutz	14		
Sekundärer Explosionsschutz	14		
Tertiärer Explosionsschutz	14		

Zündschutzarten 27-37

Allgemeine Bestimmungen	27
Zündschutzarten elektrischer Geräte	28
Zündschutzarten nicht-elektrischer Geräte	29
Erhöhte Sicherheit	30
Konstruktive Sicherheit	30
Eigensicherheit	31
Zündquellenüberwachung	31
Vergusskapselung	32
Nichtzündfähiges Teil	32
Gekapselte Einrichtung	32
Abgedichtete Einrichtung	32
Flüssigkeitskapselung	33
Überdruckkapselung	34
Schwadensicherheit	35
Schutz durch Gehäuse	35
Druckfeste Kapselung	36
Sandkapselung	36
Sonderschutz	37
Optische Strahlung	37
Elektrische Widerstands-Begleitheizung	37

Kennzeichnung 38-42

Inhalt der Kennzeichnungen nach RL 2014/34/EU, IEC- und EN-Normen	38
Einsatzbereiche - Gerätekategorien - Geräteschutzniveaus	40
Kennzeichnungsbeispiel - Elektrisches Gerät - Gas/Dampf und Staub	41
Kennzeichnungsbeispiel - Nicht-elektrisches Gerät - Gas/Dampf und Staub	42

Konformität 43 - 45

ATEX-Konformität (CE)	43
IECEx-Konformität	44
ATEX- und IECEx-System im Vergleich	45

Technische Entwicklung des Explosionsschutzes

Ungewollte Zündungen sind älter als der Mensch. Atmosphärische Entladungen – Gewitterblitze – lösten Brände aus, lange bevor der Mensch die Erde betrat. 1753 als der erste Blitzableiter erfunden wurde, konnten die elektrostatisch erzeugten Gefahren als Zündquellen für Brände deutlich reduziert werden. „Brandgefährlich“ war lange Zeit auch die Beleuchtung im Bergbau, denn Grubenluft mit Methan vermischt – sogenannte schlagende Wetter – konnte durch ausreichend starke Zündquellen zu Explosionen führen. 1815 stellte Sir Humphrey Davy die erste Benzinsicherheitslampe, ein nicht-elektrisches Betriebsmittel, für den Bergbau vor. Zwei übereinander angeordnete feinmaschige Metalldrahtgewebe trennten die

möglichst klein zu haltende Flamme im inneren Sieb vom anstehenden brennbaren Gemisch, ließen aber eine Verbrennung innerhalb der Siebe zu. Die Siebe verhinderten - bei entsprechendem Umgang - eine äußere Zündung.

Im 19. Jahrhundert hielt die Elektrotechnik ihren Einzug in Industrie und Haushalte. Unmittelbar danach entwickelten sich, begründet durch das im Steinkohlenbergbau auftretende Methan und den Kohlenstaub, die ersten Grundlagen für den elektrischen Explosionsschutz. Die Vorteile der Elektrizität waren so überzeugend, dass man intensiv daran arbeitete, Mittel und Wege zu finden, wie das Zusammentreffen von explosionsfähiger Atmosphäre und Zündquellen - bedingt durch die Anwendung elektrischer Betriebsmittel - ausgeschlossen und wie somit Explosionen vermieden werden konnten.

Nach anfangs bitteren Erfahrungen konnten die Schlagwetterexplosionen sehr stark zurückgedrängt werden und elektrische Betriebsmittel mit hohem Sicherheitsstandard eingesetzt werden. Heute ist die Zahl der Ereignisse, die durch elektrische Zündquellen verursacht werden, erfreulicherweise gering. Der Aufwand an Entwicklung und Fertigung sowie die gesetzlichen Regelungen haben sich bewährt, deshalb muss die häufig gestellte Frage „ob der Aufwand gerechtfertigt ist“ mit ja beantwortet werden.

Ein Nachlassen wäre sträflicher Leichtsin. Leider gibt es noch genügend Beispiele, die uns die verheerenden Auswirkungen von Explosionen für Menschen, Umwelt und Anlagen, bei Vernachlässigung bekannter Zusammenhänge, vor Augen führen. Vor den Lösungen, die die Vermeidung wirksamer Zündquellen betreffen, man bezeichnet sie als sekundären Explosionsschutz, hat der primäre Explosionsschutz Vorrang, d.h. man bemüht sich um Maßnahmen (nicht-brennbare Stoffe, Lüftung), die die Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre vermeiden.

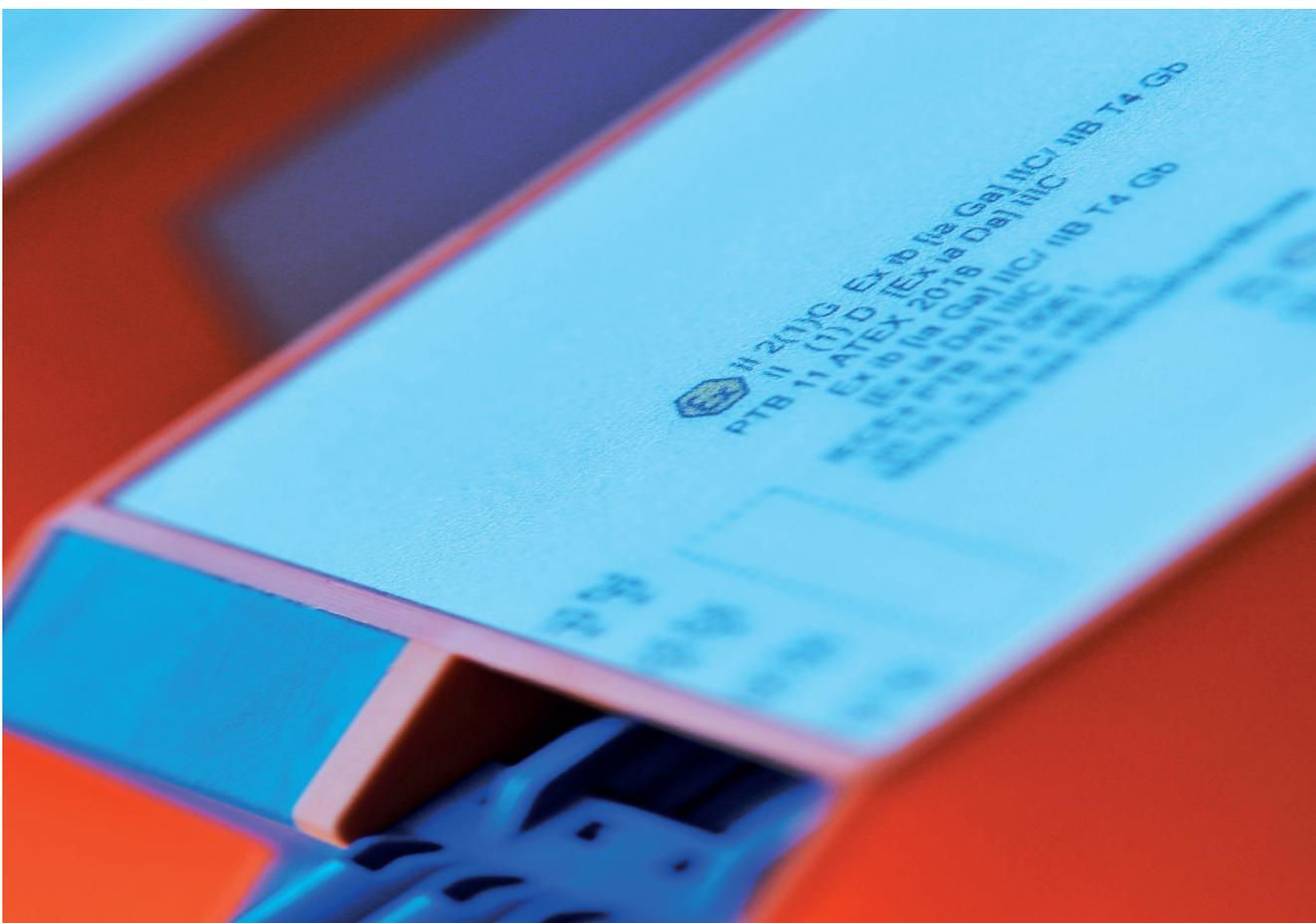


Abbildung 1

Brennbare Stoffe, z.B. Methan oder Steinkohlenstaub in Gruben sowie Benzin oder vielleicht zukünftig Wasserstoff beim Kraftfahrzeug können nicht immer ausgeschlossen werden. Schutz und Sicherheit gewährleisten in diesem Fall Betriebsmittel, die zuverlässig explosionsgeschützt sind. Eine solche Lösung durch Bereitstellung von Zündschutzarten wird als sekundärer Explosionsschutz bezeichnet. Heute geht die Ausführung explosionsgeschützter Geräte und Maschinen längst über das Gebiet der Elektrotechnik hinaus. Auch nicht-elektrische Betriebsmittel sind prüf- oder wenigstens beurteilungspflichtig. Jahrzehntelange Erfahrungen und das angesammelte Wissen der Hersteller elektrischer Betriebsmittel auf dem Gebiet des Explosionsschutzes sind nun für Hersteller nicht-elektrischer Betriebsmittel nützlich. Es gibt vielfältige Anwendungsfälle, die explosionsgeschützte Betriebsmittel erfordern. In den über

100 Jahren elektrischer Explosionsschutz sind Prinzipien und Techniken entwickelt worden, die es ermöglichen, elektrische Sensoren und Messtechniken auch dann einzusetzen, wenn die explosionsfähige Atmosphäre in Reaktionsgefäßen permanent vorhanden ist.

Der Anwendungsbereich im Bergbau war der Anfang. Die Nutzung und Verarbeitung von Erdöl und Erdgas sind weitere Einsatzfelder für explosionsgeschützte Betriebsmittel. Die organische Chemie, die Lack- und Farbenindustrie oder die pharmazeutische Industrie verarbeiten brennbare Flüssigkeiten und brennbare Gase. Mit der Gewinnung und Nutzung von Biogas entwickeln sich ständig neue Anwendungsbereiche. Die Nutzung von Wasserstoff wird intensiv diskutiert, in Versuchsanlagen praktiziert und tritt als erneuerbare Energie in unser Leben.



Harmonisierung des Explosionsschutzes

International werden die Standpunkte zum Explosionsschutz elektrischer und nicht-elektrischer Geräte heute über IEC- und ISO-Arbeitskreise fachlich abgestimmt. Auf dem Gebiet der Elektrotechnik wurden international vereinheitlichte Baubestimmungen in IEC-Standards bereits sehr früh formuliert. Dies erfolgte weitgehend in Übereinstimmung mit den CENELEC-Standards. Sichtbares Zeichen für die Harmonisierung ist, dass die relevanten Normendokumente IEC/ISO (Global), EN (Europa) und DIN EN (Deutschland) inhaltlich und in der Registriernummer (60079 Serien) übereinstimmen. Im Rahmen von ISO/IEC-Arbeitskreisen wurden die Normen aus dem Explosionsschutz elektrischer Betriebsmittel auch für die nicht-elektrischen Geräte sinngemäß angepasst (80079 Serien).

Mit dem IECEx-System werden elektrische Geräte, Baugruppen und nicht-elektrische Geräte nach den international einheitlichen Anforderungen (IEC/ISO-Normen) entwickelt und geprüft und mit einem Konformitätszertifikat (IECEx CoC) bescheinigt.

Die Akzeptanz von Zertifikaten basiert allerdings nach wie vor auf der Grundlage regionaler (z. B. in Europa mit EU-Konformitätserklärungen des Herstellers) und lokaler (z. B. Brasilien INMETRO-Zertifikaten, USA UL/FM-Zertifikaten etc.) gesetzlicher und versicherungsrechtlicher Regelungen. Oft werden Anpassungen, z.B. Neu-Bescheinigungen, an nationale Anforderungen notwendig. Im Rahmen von internationalen Projekten gilt es daher, die Spezifikation hinsichtlich der Explosionsschutzanforderungen mit den Anwendern detailliert abzuklären.

Die Europäische Gemeinschaft hat sich mit der ATEX-Richtlinie 2014/34/EU eine Basis für verbindliche einheitliche Beschaffenheitsanforderungen hinsichtlich des Explosionsschutzes von Systemen, Geräten und Komponenten geschaffen. Diese werden durch harmonisierte EN-Standards der CENELEC- und CEN-Normenorganisation unterlegt.

Mit diesen Standards kann der Hersteller bei der Konstruktion und Beurteilung des Explosionsschutzes davon ausgehen, dass er sichere, der

ATEX-Richtlinie 2014/34/EU entsprechende, explosionsgeschützte Systeme, Geräte und Komponenten entwickelt, die dann bei einer notifizierten Stelle der EU nach einheitlichen, verbindlichen Verfahren den Prüfungen unterzogen werden. Die in der EU notifizierten Prüfstellen stellen nach bestandener Prüfung EU-Baumusterprüfbescheinigungen aus, die in Europa die einheitliche Beschaffenheit hinsichtlich der geforderten Sicherheit der explosionsgeschützten Betriebsmittel mit höchstem oder erhöhtem Sicherheitsniveau gewährleisten. Diese EU-Baumusterprüfbescheinigungen oder vom Hersteller durchgeführte Beurteilungen sind eine Voraussetzung für eine Fertigung und das Inverkehrbringen von Systemen, Geräten und Komponenten mit höchstem und erhöhtem Sicherheitsniveau gekennzeichnet durch Kategorie 1 und 2.

Für Kategorie 3, mit nur einem erhöhten Sicherheitsniveau, ist ein anderer Ansatz akzeptabel. Der Hersteller kann in eigener Verantwortung erklären, dass das Ex-Gerät oder die Ex-Komponente die Anforderungen erfüllt, ohne eine notifizierte Stelle einzuschalten. Inzwischen bitten vermehrt Hersteller die notifizierten Stellen (auf freiwilliger Basis), die vorgesehenen Prototypen zu prüfen und Baumusterprüfbescheinigungen oder Konformitätsaussagen auszustellen.

Eine einheitliche Einstufung explosionsgefährdeter Bereiche (Anlagen) ist Basis für die Auswahl und Zuordnung der Schutzsysteme und Ex-Geräte, einschließlich ihrer Installation. Nach der EU-Richtlinie 1999/92/EG ist ein Ex-Dokument Voraussetzung für die Errichtung und den Betrieb einer explosionsgefährdeten Anlage. Ein solches Dokument schafft erst die Möglichkeit, Schutzsysteme, Ex-Geräte und Komponenten nach dem Gesichtspunkt des Explosionsschutzes auszuwählen, normengerecht zu installieren, zu betreiben, zu warten und schließlich auch zu reparieren. Entsprechende Technische Regeln und Regelwerke werden auf nationaler Ebene erarbeitet und verabschiedet.

Die Richtlinie 2014/34/EU formuliert somit EU-weit einheitliche Bauanforderungen an Geräte zum Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen, während die Richtlinie 1999/92/EG Mindestanforderungen an den Arbeitsschutz enthält, die national erhöht werden können. Durch die beiden genannten Richtlinien entsteht ein geschlossenes System, mit dem Explosionen wirksam vorgebeugt wird, um Menschen, Umwelt und Sachwerte wirkungsvoll zu schützen.

Explosionsschutz

Explosion

Als Explosion bezeichnet man eine plötzliche, d. h. mit großer Reaktionsgeschwindigkeit ablaufende, Oxidations- oder Zerfallsreaktion, die eine Temperatur- oder Druckerhöhung oder beides gleichzeitig erzeugt. Am bekanntesten sind Reaktionen brennbarer Gase, Dämpfe oder Stäube mit dem Sauerstoff der Luft.

Bedingungen für eine Explosion

Damit Explosionen in atmosphärischer Luft stattfinden, müssen in der Regel drei Faktoren zusammenkommen (s. Abbildung 2):

- **brennbarer Stoff**
- **Sauerstoff (Luft)**
- **Zündquelle**

In Produktions- und Arbeitsstätten können sich Gefahrenbereiche für Explosionen ausbilden, wenn die ersten zwei Voraussetzungen für eine Explosion erfüllt sind. Typische Gefahrenbereiche entstehen in chemischen Fabriken, Raffinerien, Lackfabriken, Lackierereien, Reinigungsanlagen, Mühlen und Lagern für Mahlprodukte und andere brennbare Stäube, in Tank- und Verladeanlagen für brennbare Gase, Flüssigkeiten und Feststoffe.

Die ersten beiden Faktoren - brennbarer Stoff und Luft - müssen in einem entsprechenden Mengenverhältnis vorhanden sein, damit sie eine explosionsfähige Atmosphäre bilden können. Die verbindlichen Festlegungen des Explosionsschutzes - abgeleitet aus dem Arbeitsschutzrecht - betreffen die Arbeitsstätte. Beschreibungen zum Explosionsschutz beschränken sich deshalb im Allgemeinen auf Darstellungen von Reaktionen mit Luftsauerstoff. Oxidationsreaktionen, die meist mit Erwärmung und Druckanstieg verbunden sind, erfüllen somit die Kriterien einer Explosion.

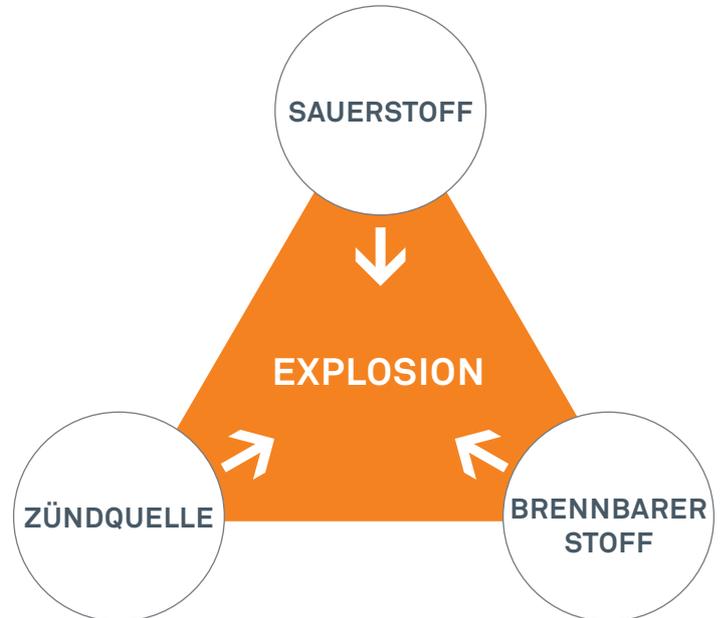


Abbildung 2

Die drei Faktoren

Brennbare Stoffe

Brennbare Stoffe können gasförmig, flüssig oder fest sein. Unter der allgemeinen Betrachtung hinsichtlich der Arbeitsstätten wird ihre Reaktionsfähigkeit mit dem Sauerstoff der Luft beurteilt.

Brennbare Gase

Ein brennbares Gas kann ein elementares Gas wie z. B. Wasserstoff sein, der bereits mit sehr geringer Energie zur Reaktion mit Sauerstoff angeregt wird. Vielfach sind brennbare Gase Verbindungen, die Kohlenstoff und Wasserstoff enthalten. Durch Zuführung meist geringer Energien können die brennbaren Gase und Dämpfe mit dem Luftsauerstoff reagieren.

Als Dämpfe bezeichnet man die Anteile von Flüssigkeiten (in Bezug auf den Explosionsschutz von brennbaren Flüssigkeiten), die in Folge des Dampfdruckes über einer Flüssigkeitsoberfläche, um einen Flüssigkeitsstrahl oder um Tröpfchen in die umgebende Luft übergetreten sind. Eine Sonderform sind Nebel, die man hinsichtlich des Explosionsverhaltens den Dämpfen zurechnen kann, womit dem Sicherheitsaspekt Rechnung getragen wird.

Brennbare Flüssigkeiten (Dämpfe)

Brennbare Flüssigkeiten sind häufig Kohlenwasserstoffverbindungen wie Äther, Aceton oder Benzin. Sie können schon bei Raumtemperatur in solchen Mengen in die Dampfphase übertreten, dass sich an ihrer Oberfläche eine explosionsfähige Atmosphäre bildet. Andere Flüssigkeiten bilden erst bei höheren Temperaturen eine solche Atmosphäre an ihrer Oberfläche. Bei atmosphärischen Bedingungen ist dieser Vorgang stark von der Flüssigkeitstemperatur abhängig.

Eine wichtige Kenngröße für brennbare Flüssigkeiten ist deshalb der Flammpunkt, besser die Flammpunkt-Temperatur. Der Flammpunkt ist die niedrigste Temperatur, bei der eine brennbare Flüssigkeit unter speziellen Untersuchungsbedingungen an ihrer Oberfläche eine geeignete Menge von Dampf entstehen lässt, so dass mit einer effektiven Zündquelle eine Entzündung des Dampf-Luft-Gemisches möglich wird.

Der Flammpunkt ist für die Einstufung von explosionsgefährdeten Bereichen wichtig. Brennbare Flüssigkeiten mit hoher Flammpunkt-Temperatur sind weniger kritisch als solche mit einem Flammpunkt bei Raumtemperatur oder darunter.

Beim Versprühen von brennbaren Flüssigkeiten können Nebel entstehen, sehr kleine Tröpfchen mit einer in der Summe sehr großen Oberfläche, wie sie von Spraydosen oder aus der Autolackierung bekannt sind. Solche Nebelwolken sind zu Explosionen fähig. Hier ist der Flammpunkt von untergeordneter Bedeutung. Für feine Gase, Dämpfe, Nebel brennbarer Flüssigkeiten kann man das Verhalten für Sicherheitsbetrachtungen grob aus dem bekannten Verhalten des Flüssigkeitsdampfes herleiten.

Brennbare Feststoffe (Stäube)

Brennbare Feststoffe können in aufgewirbelter Form von Staub oder Flusen mit dem Luftsauerstoff reagieren und verheerende Explosionen zur Folge haben. Im Allgemeinen ist die zur Anregung der Explosion erforderliche Energie der Gemische mit Luft größer als bei den Gasen und Dämpfen. Einmal zur Verbrennung angeregt, erzeugt die durch die Verbrennungsreaktion freiwerdende Energie hohe Temperaturen und Drücke. Neben den chemischen Eigenschaften des Feststoffes spielen Feinheit der Feststoffpartikel und ihre mit der Feinheit zunehmende Gesamtoberfläche eine wesentliche Rolle. Die Eigenschaften werden durch Vorgänge bestimmt, die unmittelbar an der Feststoffoberfläche ablaufen.

An der Entzündung und dem Verlöschen einer Paraffinkerze lässt sich erkennen, dass bei Feststoffen in kurzer Zeit eine Reihe von Vorgängen ablaufen müssen, die nicht so leicht vereinfacht dargestellt werden können.

Ein einfacher Versuch zeigt: Beim Entzünden des Dochtes einer Kerze wird Paraffin abgeschmolzen, es verdampft und dieser Dampf speist die Flamme. Nach dem Auslöschen kann man Paraffindämpfe wahrnehmen, das geschmolzene Paraffin erstarrt wieder, der Paraffindampf ist verfliegen und die Paraffinkerze ist wieder ein harmloses Gebilde. Staub verhält sich sehr unterschiedlich, wenn er in abgelagerter und in aufgewirbelter Form vorliegt. Abgelagerte Staubschichten neigen an heißen Flächen zu Glimmbränden, während aufgewirbelte Staubwolken, die durch lokale Energiezufuhr oder an heißen Flächen gezündet werden, unmittelbar Explosionen erzeugen können. Nicht selten sind Staubexplosionen die Folge aufgewirbelter glimmender Staubschichten, die das Zündinitial in sich tragen. Wenn solche Schichten beispielsweise beim Transport durch mechanisches Reinigen oder durch unsachgemäße Löscharbeiten aufgewirbelt werden, so kann dadurch eine Staubexplosion ausgelöst werden.

Auch ablaufende Gas- oder Dampf-Luft-Explosionen können den Staub aufwirbeln, wobei dann häufig die eine - die Gasexplosion - in die andere - die Staubexplosion - übergeht. In Steinkohlengruben haben Methangas-Schlagwetter-Explosionen häufig Kohlenstaubexplosionen zur Folge gehabt, die in ihrer Wirkung die Schlagwetterexplosion übertreffen haben.

Sauerstoff

Die in der Luft vorhandene Menge Sauerstoff kann nur eine bestimmte Menge brennbaren Stoffs oxidieren, d. h. verbrennen. Theoretisch kann dieses Mischungsverhältnis bestimmt werden, es wird stöchiometrisches Gemisch genannt. Bei diesem Gleichgewicht zwischen der Menge brennbaren Stoffes und vorhandenem Luftsauerstoff sind die Wirkungen der Explosion, die Temperatur- und Druckerhöhung, am heftigsten. Ist der Anteil an brennbarem Stoff zu gering, so kann sich die Verbrennung nur mühsam fortpflanzen oder sie kommt zum Erliegen. Ähnlich sind die Verhältnisse, wenn der Anteil an brennbarem Stoff für den in der Luft verfügbaren Sauerstoff zu hoch ist.

Die brennbaren Stoffe haben einen stoffbezogenen Explosionsbereich, der auch vom Zündinitial abhängig ist. In aller Regel wird er durch Zündung mit elektrischen Funken bestimmt. Der Explosionsbereich wird durch die untere und obere Explosionsgrenze begrenzt. Das bedeutet, dass unterhalb und oberhalb dieser Grenzen Explosionen auszuschließen sind. Dies kann ausgenutzt werden, indem die brennbaren Stoffe mit Luft ausreichend verdünnt werden oder indem der Zutritt von Luft/Sauerstoff in Anlagenteile verhindert wird. Letzteres ist in der Umgebung, in der Menschen regelmäßig arbeiten, nahezu unmöglich und beschränkt sich somit auf technologische Anlagen.

Zündquellen

Im Zusammenhang mit technischen Einrichtungen sind eine Vielzahl von Zündquellen möglich. Die in der nachfolgenden Übersicht angegebenen Ziffern hinter den Zündquellen beziehen sich auf die jeweiligen Abschnitte in der Grundnorm (EN 1127-1:2019 „Explosionsfähige Atmosphäre - Explosionsschutz - Teil 1: Grundlagen und Methodik)

Heiße Oberflächen (5.1)

treten auf als Ergebnis von Verlustleistungen, die beim Betrieb von Systemen, Geräten und Komponenten im Normalbetrieb entstehen. Bei Heizungen sind sie gewollt. Diese Temperaturen sind in der Regel beherrschbar. Im Störfall, bei Überlastungen oder schwergängigen Lagern beispielsweise, steigt die Verlustleistung und damit zwangsläufig die Temperatur. Technische Einrichtungen müssen immer dahingehend beurteilt werden, ob sie stabilisierend sind, d. h. überhaupt nur eine Endtemperatur annehmen können, oder ob unzulässige Temperaturerhöhungen möglich sind, die durch geeignete Maßnahmen ausgeschlossen werden müssen.

Beispiele: Spulen, Widerstände oder Lampen, erwärmte Betriebsmitteloberflächen, Bremsen oder heiß gelaufene Lager

Flammen, heiße Gase und Partikel (5.2)

Innerhalb von Verbrennungskraftmaschinen oder in Analysengeräten sowie an deren Gasaustrittsstellen können Flammen, heiße Gase und Partikel im Normalbetrieb oder im Störfall auftreten. Hier sind Schutzmaßnahmen erforderlich, die eine Übertragung aus dem Gehäuse heraus dauerhaft ausschließen.

Beispiele: Auspuffanlagen von Verbrennungskraftmaschinen oder Partikel, die durch Schaltfunken von Leistungsschaltern von den Schaltkontakten abgelöst werden

Mechanisch erzeugte Funken (5.3)

treten beispielsweise bei Schleif- und Trenngeräten auf, die betriebsmäßig solche Funken erzeugen und sich im explosionsgefährdeten Bereich verbieten. So können Brüche an rotierenden Teilen oder schleifend hin- und her bewegte Teile mit ungenügender Schmierung bspw. im Störfall auch derartige Funken verursachen. Besondere Forderungen an Gehäusewerkstoffe dienen dazu, das Risiko derartiger Zündquellen zu verringern.

Beispiele: Werkzeuge wie rostige Hammer und Meißel in Verbindung mit Leichtmetallen oder Metallgabeln von Gabelstaplern

Sichtbare elektrische Funken (5.4)

sind in der Regel als zündfähig anzusehen. Nur sehr energiearme Funken im Bereich von Mikrowattsekunden können als nicht zündfähig gelten. Deshalb sind durch geeignete Maßnahmen diese Zündquellen auszuschließen.

Beispiele: Schaltfunken, Funken an Kollektoren oder Schleifringen

Elektrische Ausgleichsströme (5.5)

Elektrische Bahnen und andere geerdete Spannungsquellen z. B. für den kathodischen Schutz von Anlagenteilen, können elektrische Ausgleichsströme in der Erde hervorrufen, die zwischen verschiedenen Erdungspunkten Spannungsdifferenzen zur Folge haben können. Deshalb sind gute leitfähige Verbindungen aller im Ex-Bereich vorhandenen leitfähigen Anlagenteile herzustellen, die Spannungsdifferenzen zwischen Anlagenteilen auf ungefährliche Werte reduzieren. Dabei ist es ohne Bedeutung, ob die leitfähigen Anlagenteile elektrische oder nicht-elektrische Teile der Anlage sind, da die Ursache für diese Ströme außerhalb der Anlage liegen kann. Der Potenzialausgleich ist immer herzustellen, unabhängig davon, ob mit diesen Strömen gerechnet werden muss, ob die Quellen bekannt sind oder nicht.

Beispiele: Elektrische Bahnen und andere geerdete Spannungsversorgungen z. B. für den elektrischen Korrosionsschutz von Geräten

Statische Elektrizität (5.6)

Ganz unabhängig vom Vorhandensein einer elektrischen Spannungsquelle können elektrische Funken durch statische Elektrizität auftreten. Die gespeicherte Energie kann sich in Form von Funken entladen und so ebenso als Zündquelle wirken. Da die Entstehung dieser Zündquelle ganz unabhängig von elektrischen Spannungsquellen auftreten kann, ist sie auch bei allen nicht-elektrischen Geräten und Komponenten zu beachten. Sie ist nur an Trennvorgängen gebunden. Es müssen somit die Fälle beurteilt werden, in denen mit dieser Zündquelle gerechnet werden muss.

Reibvorgänge im Normalbetrieb können als Ursache für elektrostatische Aufladungen angesehen werden. Beispielsweise können tragbare Geräte - funktionsbedingt - nicht geerdet oder in einen Potenzialausgleich einbezogen werden. In Verbindung mit der nicht genauer definierten Kleidung des Trägers kann es zu Aufladungen im Normalbetrieb kommen. Durch geeignete Maßnahmen ist die statische Elektrizität als Zündquelle auszuschließen.

Beispiele: Transmissionsriemen aus Kunststoff, Gehäuse tragbarer Geräte, synthetische Kleidung, Trennvorgänge beim Abrollen von Papier oder Kunststofffolien, Kunststoff-Rohrsysteme

Blitzschlag (5.7)

und die Folgen eines Blitzschlags können zu der Entzündung einer explosionsfähigen Atmosphäre führen. Bei einem Blitzschlag wird eine explosionsfähige Atmosphäre stets gezündet. Eine Zündmöglichkeit besteht aber auch durch starke Erwärmung der Ableitwege eines Blitzes. Starke Ströme, die von Blitzeinschlagstellen aus fließen, können in der Umgebung der Einschlagstelle Funken hervorrufen.

Hochfrequente (HF)

elektromagnetische Wellen von 104 kHz bis 300 GHz sind nicht die einzigen Zündquellen, bei denen Strahlungsenergie in das explosive Gemisch gelangt:

Elektromagnetische Strahlung - Radiostrahlung (5.8)

Elektromagnetische Strahlung - IR, sichtbares und UV-Licht (5.9)

Ionisierende Strahlung - Röntgen und Gamma (5.10)

Ultraschall (5.11).

Systeme, Geräte und Komponenten, die Strahlung nutzen, dürfen im Ex-Bereich errichtet und betrieben werden, wenn ihre Parameter dauerhaft und sicher begrenzt und diese Einrichtungen geprüft sind.

Beispiele: Funksprechgeräte, Handys, Lichtschranken und Scanner

Adiabatische Kompression und Stoßwellen (5.12)

Schließlich können auch adiabatische Kompression und Stoßwellen zur Zündquelle werden, welche in röhrenförmigen Gebilden auftreten, die mit Unterdruck betrieben werden.

Beispiele: Transportröhren mit engem Durchgang, zerbrechende lange Leuchtstofflampen in einer Wasserstoff-Luft-Atmosphäre

Exotherme Reaktionen (5.13)

sind zusammen mit der Selbstentzündung von Stäuben die abschließend definierte mögliche Art von Zündquellen.

Explosionsbereich (Grenzen)

In den Verbrennungsmotoren wirken die drei Faktoren sinnvoll zusammen: Benzin, Luft/Sauerstoff und Zündfunke, sie führen im geschlossenen Zylinder zu einer Explosion. Dabei muss das Mengenverhältnis zwischen Benzin und Luft stimmen. Ist der Benzintank leer, der Luftfilter verstopft oder die Zündung fällt aus, so fehlt jeweils eine Voraussetzung für die Auslösung dieser gesteuerten, nutzbringenden Explosion und der Motor läuft nicht.

Die brennbaren Stoffe haben in Mischung mit Luft eine untere (UEG) und eine obere (OEG) Explosionsgrenze, zwischen diesen Grenzen befindet sich der Explosionsbereich. Vom Sicherheitsaspekt der Arbeitsstätte ist die untere Explosionsgrenze (UEG) der bedeutendere Wert, eine mögliche Konzentration von nachweisbar ständig oder dauerhaft $\leq 10\text{-}20\%$ dieses Wertes wird vielfach als sicher angesehen.

Vermeidung von Explosionen

Explosionsgeschützte Betriebsmittel können eine Voraussetzung für das Entstehen einer Explosion - die Zündquelle - ausschalten und sind so ein wichtiger Beitrag zum Explosionsschutz. Im Wohnbereich wird durch bauliche Maßnahmen erreicht, dass sich im Normalfall keine explosionsfähige Atmosphäre bilden kann. Das bewusste Unterbinden dieser Maßnahmen, z. B. der gezielte ungehinderte

Austritt brennbarer Gase oder die Einschränkung der Belüftung, kann in Verbindung mit Zündquellen zu Explosionen führen.

Am einfachsten und sichersten lässt sich eine kleine ungefährliche Explosion an einem Gasfeuerzeug nachvollziehen. Die Düse des Feuerzeuges lässt beim Öffnen nur eine geringe Menge brennbaren Gases ausströmen. Dieses Gas mischt sich in der Umgebung der Düse mit Luft, der Reibfunken des Zündsteines bringt das Gemisch zur Entzündung, ein schwaches Geräusch ist zu hören - es brennt. In einiger Entfernung von der Düse ist der Mengenannteil des Brenngases bereits so gering, dass sich die Explosion und die Flamme auf den unmittelbaren Bereich um die Düse beschränken. Das heißt, die konstruktiven Bedingungen des Gasfeuerzeuges gewährleisten, dass es handhabungssicher ist. Die Explosionswirkung ist in abgeschlossenen Räumen und unter nicht-atmosphärischen Bedingungen - z. B. erhöhtem Druck - häufig stärker. Denkt man nur an die nutzbare Anwendung der Explosionen in den Kraftfahrzeugmotoren.

Wirksamer vorbeugender Explosionsschutz für nicht gesteuerte, nicht gewollte und deshalb oft mit verheerenden Folgen verbundenen Explosionen, kann das sichere Ausschließen einer der drei Faktoren sein. Elektrische explosionsgeschützte Geräte verhindern das Zusammentreffen von Zündquellen oder das Entstehen von solchen beim Einsatz von Elektrizität mit explosionsgefährlicher Atmosphäre. Sie verhindern Explosionen wirksam, da die beiden anderen Faktoren - in Arbeitsstätten der Sauerstoff der Luft und vielfach auch der brennbare Stoff - häufig nicht mit Sicherheit und dauernd auszuschließen sind.



Abbildung 3

Primärer Explosionsschutz

Maßnahmen des primären Explosionsschutzes zielen darauf ab, die brennbaren Stoffe oder den Luftsauerstoff zu ersetzen oder ihre Mengen so zu verringern, dass die Bildung eines explosionsfähigen Gemisches ausgeschlossen wird.

Eine erhöhte Luftzufuhr - Spülung - durch Belüftung kann durch bauliche Maßnahmen erreicht werden; z. B. durch einen offenen Aufbau bei Tankstellen, in denen es nur einen sehr eingeschränkten explosionsgefährdeten Bereich gibt.

Der Ersatz des Luftsauerstoffs ist in Arbeitsstätten, in denen sich Menschen aufhalten, unmöglich, deshalb beschränken sich die Maßnahmen dort auf:

- die Vermeidung oder Einschränkung des Einsatzes von brennbaren Stoffen, die eine explosionsfähige Atmosphäre bilden können
- die Verhinderung oder Einschränkung des Austritts von brennbaren Stoffen und damit der Bildung explosionsfähiger Gemische, sowohl im Inneren als auch in der Umgebung von Armaturen,

z. B. durch:

- Konzentrationsbegrenzung
- Inertisierung in einem Umgehäuse
- natürliche oder technische Belüftung
- Konzentrationsüberwachung durch Gaswarnanlagen, mit Warnung und/oder Abschaltung

Sekundärer Explosionsschutz

Ist die Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre in einer Menge, die Maßnahmen zum Schutz der Arbeitnehmer vor Explosionsgefahren erforderlich macht, trotz Maßnahmen des primären Explosionsschutzes möglich, muss die Zündung dieser gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre wirksam verhindert werden. Alle möglichen Zündquellen werden beurteilt und entsprechende Schutzmaßnahmen angewendet.

Wirksame Zündquellen an Geräten und Anlagen werden z.B. mit Hilfe von Zündschutzarten entsprechend des Schutzniveaus vermieden. Grundlage

für die Definition des Schutzniveaus bei Geräten ist die Unterteilung explosionsgefährdeter Bereiche in Zonen (Häufigkeit und Dauer des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre, sowie die örtlichen Umgebungsbedingungen). Weiterhin notwendig ist die Kenntnis der explosionstechnischen Kennzahlen brennbarer Stoffe (Temperaturklassen, Zündtemperaturen der Stäube, Explosionsuntergruppen etc.) sowie die örtlichen Umgebungsbedingungen.

Die explosionstechnischen Kennzahlen dienen dem Betreiber zur genauen Benennung der Gefahr im Ex-Bereich, dem Betriebsmittelhersteller zur Auswahl einer geeigneten Lösung für die Betriebsmittel und schließlich dem Errichter für die Auswahl und Zuordnung der geeigneten Geräte. Schließlich finden sich die Angaben in der Gerätekenzeichnung wieder.

Tertiärer Explosionsschutz

Reichen die primären und sekundären Explosionsschutzmaßnahmen nicht aus, müssen zusätzliche Schutzmaßnahmen getroffen werden. Diese dienen dazu, die Auswirkungen einer Explosion zu begrenzen bzw. auf ein unbedenkliches Maß zu reduzieren. Zu den gängigsten Maßnahmen zur Begrenzung gefährlicher Auswirkungen von Explosionen gehören:

- Explosionsfeste Bauweise: Behälter, Apparate, Rohrleitungen werden druckstoßfest gebaut, um einer Explosion im Inneren standzuhalten.
- Explosionsdruckentlastung: Berstscheiben oder Explosionsklappen werden eingesetzt, um beim Entstehen einer Explosion in eine ungefährliche Richtung zu öffnen und zu bewirken, dass die Anlage nicht über ihre Explosionsfestigkeit hinaus beansprucht wird.
- Explosionsunterdrückung und Verhindern der Explosionsübertragung: Explosionsunterdrückungseinrichtungen verhindern durch schnelles Einblasen von Löschmitteln in Behälter und Anlagen das Erreichen des maximalen Explosionsdruckes. Durch explosionstechnische Entkopplung werden mögliche Explosionen auf einzelne Anlagenteile beschränkt.

Sekundärer Explosionsschutz

Hierunter werden Prinzipien verstanden, die Geräte und Komponenten als Zündquelle ausschließen.

Bedeutung und Nutzen der Zoneneinteilung in Arbeitsstätten

Es hat sich bewährt, explosionsgefährdete Bereiche in Zonen einzuteilen. Diese Einteilung berücksichtigt die unterschiedlichen Gefahren durch explosionsfähige Atmosphären und ermöglicht einen Explosionsschutz, der den Verhältnissen sowohl aus sicherheitstechnischer Sicht als auch der Wirtschaftlichkeit entspricht. Für die Europäische Union ist die Zonendefinition in der Richtlinie 1999/92/EG einheitlich geregelt. Sie muss mit Sachverstand auf die konkreten Verhältnisse übertragen werden.

Explosionsgefährdete Bereiche werden nach Häufigkeit und Dauer des Auftretens von explosionsfähiger Atmosphäre in Zonen unterteilt.

Die Darstellungen in Abb. 4 und 5 sind als Anregung zu sehen. Im konkreten Fall sind für die Zoneneinteilung viele Details und Einflussfaktoren zu berücksichtigen.

Bildlegende

- Zone 0, Zone 20
- Zone 1, Zone 21
- Zone 2, Zone 22

Pumpenhaus (Gase und Dämpfe)

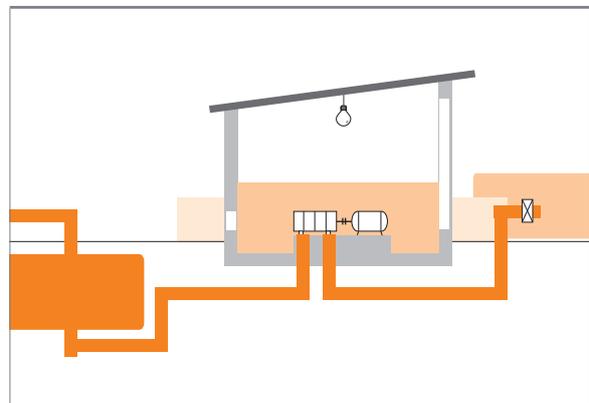


Abbildung 4

Silo (Staub)

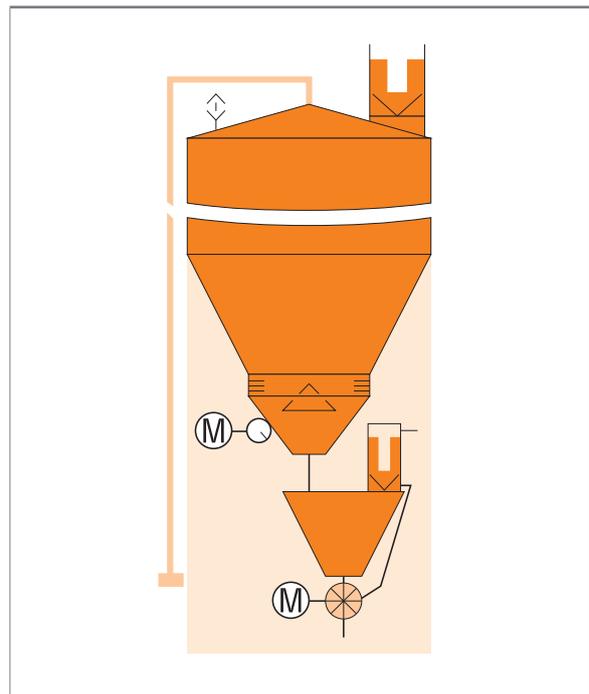


Abbildung 5 (Quelle: Fa. AZO, Osterburken)

Explosionsgefährdete Bereiche

Gase, Dämpfe

Zone 0

Bereich, in dem explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.

Zone 1

Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann.

Zone 2

Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

Staub

Zone 20

Bereich, in dem explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.

Zone 21

Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub bilden kann.

Zone 22

Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

IEC 60079-10-1 geht für Gase und Dämpfe von einer annähernd gleichen Einteilung aus, die auch für zukünftige Anlagen nach USA-Norm NEC 505 Gültigkeit hat. IEC 60079-10-2 gibt Unterstützung für die Zoneneinteilung bei Stäuben und gilt auch für Anlagen, die nach der US-Norm NEC 506 errichtet wurden.

Aus dieser Einteilung ergibt sich der Umfang der zu ergreifenden Maßnahmen nach Anhang II, Abschnitt A der Richtlinie 1999/92/EG in Verbindung mit Anhang I der Richtlinie 2014/34/EU.

In Arbeitsstätten weisen die explosionsgefährdeten Bereiche allgemein höchstens Zone 1 oder 2 und 21 oder 22 auf. Die Zonen 0 und 20 beschränken sich auf sehr kleine unzugängliche Abschnitte von Arbeitsstätten oder sind in der Regel dem Innenbereich technologischer Einrichtungen vorbehalten.

Anmerkungen:

1. Schichten, Ablagerungen und Aufhäufungen von brennbarem Staub sind wie jede andere Ursache, die zur Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre führen kann, zu berücksichtigen.
2. Als Normalbetrieb gilt der Zustand, in dem Anlagen innerhalb ihrer Auslegungsparameter benutzt werden.
3. Die Definitionen für explosionsfähige Atmosphären entsprechen den europäischen Richtlinien und EN-IEC Normen:
 - Explosionsfähige Atmosphäre: Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben unter atmosphärischen Bedingungen, indem sich der Verbrennungsvorgang nach erfolgter Entzündung auf das gesamte unverbrannte Gemisch überträgt.
 - Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre: Explosionsfähige Atmosphäre, die bei Explosion zu Schaden führt und Maßnahmen zum Schutz der Arbeitnehmer vor Explosionsgefahren erforderlich macht.

Organisatorische Maßnahmen

Hersteller explosionsgeschützter Systeme, Geräte und Komponenten, Errichter und Betreiber von Anlagen schaffen gemeinsam die Voraussetzungen für den sicheren Betrieb von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen. Beim Betreiber ist das Wissen der Mitarbeiter um die Zusammenhänge des Explosionsschutzes und um die getroffenen Maßnahmen, die zu ihrer Vermeidung angewendet werden, eine wichtige Voraussetzung dafür.

Über den Inhalt des Explosionsschutzdokumentes nach Richtlinie 1999/92/EG in Europa und die betrieblich geltenden Regelungen müssen die Mitarbeiter in regelmäßigen Zeitabständen geschult und mit schriftlichen Betriebsanweisungen, die regelmäßig aktualisiert werden müssen, informiert werden.

Explosionstechnische Kennzahlen

Damit eine optimierte Zuordnung der Maßnahmen zum Explosionsschutz zu den chemisch-physikalischen Eigenschaften der brennbaren Gase, Dämpfe und Stäube erfolgen kann und damit eine Standardisierung der Zündschutzarten für die Hersteller möglich ist, wurde ein System explosionstechnischer Kennzahlen geschaffen. Diese werden nach anwendungsorientierten vereinbarten Prüfverfahren bestimmt.

Damit brennbare Stoffe durch die Reaktion mit dem Sauerstoff in der Luft einen explosionsartigen Ablauf hervorrufen können, ist die Zufuhr von Energie erforderlich.

Diese Energie wird beispielsweise an Flächen ausgetauscht. Eine erwärmte Fläche erhöht den Energieinhalt des kontaktierenden explosionsfähigen Gemisches. Bei ausreichender Oberflächentemperatur führt dann der erhöhte Energieinhalt im Gemisch zum Ablauf der Explosionsreaktion. Die Energie kann aber auch durch einen Funken oder einen aus einem Spalt austretenden heißen Gasstrahl in das explosionsfähige Gemisch eingebracht werden. Beide Arten führen zur Festlegung unterschiedlicher explosionstechnischer Kennwerte.

Zündtemperatur

Temperaturklassen der Gase und Dämpfe

Vielfältige Faktoren wie Größe, Gestalt, Art und Beschaffenheit der Oberfläche beeinflussen die Zündtemperatur. ISO, IEC und CENELEC haben sich für Gase und Dämpfe auf ein EN-ISO/IEC 80079-20-1 festgelegtes „Verfahren zur Ermittlung der Zündtemperatur“ verständigt. Dieses Verfahren wurde so definiert, dass mit ihm der niedrigste, praktisch mögliche Wert sehr nahe bestimmt wird.

Nach diesem Verfahren teilt man die Gase und Dämpfe in Temperaturklassen ein. Gemäß diesen Temperaturklassen werden explosionsgeschützte Betriebsmittel und andere technologische Einrichtungen in ihren Oberflächentemperaturen so ausgelegt, dass eine Oberflächentemperaturzündung ausgeschlossen wird. In den Normen sind zulässige Überschreitungen und zwingende Unterschreitungen dieser Regelwerte differenziert festgelegt.

Temperaturklassen	Zündtemperaturbereich der Gemische	zulässige Oberflächentemperatur der Geräte
T1	> 450 °C	450 °C
T2	> 300 °C ... ≤ 450 °C	300 °C
T3	> 200 °C ... ≤ 300 °C	200 °C
T4	> 135 °C ... ≤ 200 °C	135 °C
T5	> 100 °C ... ≤ 135 °C	100 °C
T6	> 85 °C ... ≤ 100 °C	85 °C

Tabelle 1

Zündtemperatur von Stäuben (Schicht und Wolke)

Für Stäube ist das Bestimmungsverfahren der Zündtemperatur ebenfalls vereinheitlicht und in dem Dokument EN-ISO/IEC 80079-20-2 festgeschrieben. Zu beachten ist, dass der Staub in abgelagerter Form - als Schicht - und in aufgewirbelter Form - als Wolke - unterschiedliche Zündtemperaturen aufweist (lese: schwelend).

Die zulässige Oberflächentemperatur (für den Staub zugängliche Teile der Systeme, Geräte und Komponenten) ergibt sich, indem von der Zündtemperatur der Staubschicht der Wert 75 K ($T_{max} = T_5 \text{ mm} - 75 \text{ K}$) abgezogen wird und von der Zündtemperatur der Staubwolke $2/3$ ($T_{max} = 2/3 T_{Wolke}$) errechnet wird.

Die zulässige Oberflächentemperatur des Betriebsmittels muss immer kleiner sein als das niedrigste Ergebnis der mit den oben genannten Formeln ermittelten T_{max} -Werte. Für Stäube sind keine Temperaturklassen definiert, es muss also immer eine konkrete Staubart betrachtet werden. Die Parameter werden in umfangreichen Tabellen zur Verfügung gestellt, Laboratorien ermitteln die Werte auf Anfrage, eine kleine, nicht amtliche Übersicht enthält die folgende Tabelle 2.

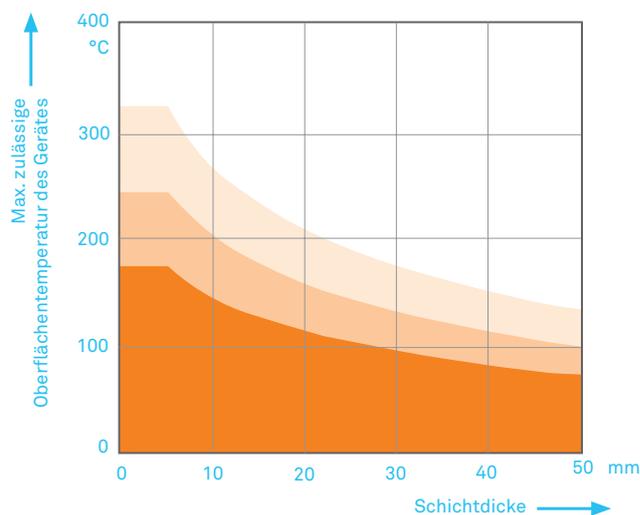


Abbildung 6

Beispiele für Zündtemperaturen von Stäuben

Bezeichnung des Feststoffes	Zündtemperatur EN ISO/IEC 80079-20-2 $T_{5\text{ mm Schicht}} (^{\circ}\text{C})$	Zündtemperatur EN ISO/IEC 80079-20-2 $T_{\text{Wolke}} (^{\circ}\text{C})$	Zulässige Grenztemperatur des Gerätes								
			Kleinster Wert der Rechnung ($T_{5\text{ mm Schicht}} - 75\text{ K}$) und $2/3 * T_{\text{Wolke}}$								
			> 300 ...450	> 280 ...300	> 260 ...280	> 230 ...260	> 215 ...230	> 200 ...215	> 180 ...200	> 165 ...180	> 160 ...165

Stäube von Naturprodukten (Beispiele)

Baumwolle	350	560			275						
Braunkohle	225	380									150
Cellulose	370	500		295							
Getreide	290	420						215			
Holzmehl	300	400					225				
Kakao	460	580	385								
Kork	300	470					225				
Kraftfutter	295	525					220				
Milchpulver	340	440			265						
Papier	300	540					225				
Soja	245	500								170	
Stärke	290	440						215			
Steinkohle	245	590								170	
Tabak	300	450					225				
Tee	300	510					225				
Weizenmehl	450	480	320								

Stäube von chemisch-technischen Produkten (Beispiele)

Celluloseether	275	330						200			
Isosorbiddinitrat	240	220									146
Kautschuk	220	460									145
Petrolkoks	280	690						205			
Polyvinylacetat	340	500			265						
Polyvinylchlorid	380	530	305								
Ruß	385	620	310								
Schichtpressstoff	330	510				255					
Schwefel	280	280						186			

Metallstäube (Beispiele)

Aluminium	280	530						205			
Bronze	260	390						185			
Eisen	300	310						206			
Magnesium	410	610	335								
Mangan	285	330						210			

Tabelle 2

Explosionsuntergruppen für Gase/Dämpfe

Mindestzündstromverhältnis (MIC) Grenzspaltweite (MESG)

Die Zündung an heißen Flächen läuft in einem verhältnismäßig großen „makroskopischen“ Teil der Gemische ab. Dagegen breitet sich die durch einen Funken verursachte Zündung von einem vergleichsweise kleinen „mikroskopischen“ Teil des Volumens aus. Die Entladung eines Kondensators (Staub) oder die Unterbrechung eines vereinbarten ohmschen/induktiven Stromkreises (Gas und Dämpfe) wird zur Einteilung der brennbaren Stoffe nach ihrer Entzündbarkeit im mikroskopischen Teil des Gemischvolumens genutzt.

Für die Graduierung der Zündung der Gase und Dämpfe im Stromkreis mit einer in EN-IEC 60079-11 festgelegten Apparatur wird eine Vergleichszahl zu Methan mit einem Normstromkreis verwendet. Diese Vergleichszahl ist das Mindestzündstromverhältnis MIC. Danach lassen sich die Gase und Dämpfe innerhalb der Explosionsgruppe II in die Untergruppen IIA, IIB und IIC einteilen, wobei Methan zum Verhältnis 1 wird.

Eine analoge Einteilung ergibt sich, wenn die Zündfähigkeit eines aus einem Spalt austretenden heißen Gasstrahls zur Klassifizierung genutzt wird. Das ist das ursprüngliche Verfahren. Später wurden die Grenzen der MIC-Werte an die MESG-Werte angeglichen. In EN-ISO/IEC 80079-20-1 „Prüfverfahren zur Feststellung der experimentell ermittelten Grenzspaltweite“ ist eine Apparatur vereinbart, bei der ein kugelförmiges Gasvolumen von 20 cm^3 von zwei Halbkugelschalen gebildet wird. Diese weisen einen Flansch von 25 mm Breite auf. Dieses Kugelgebilde wird in einem größeren Gefäß angeordnet und beide Räume werden mit dem Gemisch gefüllt, für welches die Bestimmung der Grenzspaltweite vorgenommen werden soll. Der Abstand des 25 mm breiten Flansches, bei dem bei zehn Zündungen im Kugelvolumen gerade keine Zündung des Gemisches im äußeren Gefäß hervorgerufen wird, ist eine gemischspezifische Größe und wird als maximal experimentell ermittelte sichere Spaltweite - MESG - bezeichnet.

Die Vorgänge der Verhinderung oder des Stattfindens der Explosionsübertragung im Spalt sind sehr komplex. Die Einteilung der Gase und Dämpfe nach der Grenzspaltweite ergibt angenähert - mit geringen Überschneidungen - die gleiche Zuordnung, wie sie nach dem Mindestzündstromverhältnis erfolgt. EN-ISO/IEC 80079-20-1 liefert eine Übersicht über die Zuordnung zu den beiden Bestimmungsverfahren MESG und MIC.

Der Wert der Grenzspaltweite ist von erheblicher Bedeutung für Konstruktionen der Zündschutzart „Druckfeste Kapselung“; der Wert des Mindestzündstromverhältnisses für solche der Zündschutzart „Eigensicherheit“. Für diese beiden Zündschutzarten sind die Untergruppen IIA, IIB und IIC der Gase und Dämpfe von Bedeutung. Die Aussagen für Gase und Dämpfe lassen sich annähernd auch auf Nebel übertragen.

Für die Beurteilung von Bedingungen, die die Eigensicherheit betreffen, werden die MIC-Verhältniswerte üblicherweise nicht verwendet. Da es auch um Spannungen geht, ist es vorzuziehen, die Mindestzündenergie (MZE) [in Joule] von Gasen und Dämpfen zu verwenden, wobei eine allgemein akzeptierte, aber indikative Tabelle für die Gruppen IIA, IIB oder IIC wie folgt zur Verfügung steht:

- IIA MZE = 180 μJ
- IIB MZE = 60 μJ
- IIC MZE = 20 μJ

Explosionsuntergruppen für brennbare Stäube

Aus der Sicht der Elektrotechnik können die Stäube nicht so feingliedrig zugeordnet werden, wie die chemisch definierten Gase und Dämpfe. Deshalb begnügt man sich mit Art und Leitfähigkeit des Staubes zur Unterteilung. Die EN-ISO/IEC 80079-20-2 beinhaltet das Prüfverfahren zur Bestimmung des spezifischen elektrischen Widerstandes von Stäuben. Entsprechend dieses Widerstandes werden Stäube in 3 Untergruppen aufgeteilt:

- IIIA brennbare Flusen
- IIIB nicht leitfähiger brennbarer Staub, spezifischer elektrischer Widerstand $> 10^3 \Omega \cdot \text{m}$
- IIIC leitfähiger brennbarer Staub, spezifischer elektrischer Widerstand $\leq 10^3 \Omega \cdot \text{m}$

Die Mindestzündenergie, eine dem Mindestzündstrom ähnliche Größe, wird nach EN-ISO/IEC 80079-20-2 für brennbare Stäube oder Flugstoffe ermittelt und liegt im mJ-Bereich (um den Faktor 1000 höher als die MZE für Gase und Dämpfe).

Beispiele für die Zuordnung von Gasen und Dämpfen zu den jeweiligen Temperaturklassen und Explosionsuntergruppen

Untergruppen (Kennzeichnung)			Zuordnung der Gase und Dämpfe nach der Zündtemperatur	Temperaturklasse
IIA	IIB	IIC		
Aceton Ammoniak Benzol - rein Essigsäure Ethan Ethylacetat Ethylchlorid Methan Methylenchlorid Naphthalin Phenol Propan Toluol	Stadt-(Leucht-) gas	Wasserstoff	> 450 °C	T1
n-Amylacetat n-Butan Essigsäureanhydrid	Butanol (Butylalkohol) Ethanol (Ethylalkohol) Ethylen Ethylenoxid	Acetylen (Ethin)	> 300 °C bis ≤ 450 °C	T2
Cyclohexan Petroleum Dieselkraftstoff Düsenkraftstoff (Kerosin) n-Hexan	Schwefelwasserstoff		> 200 °C bis ≤ 300 °C	T3
Acetaldehyd	Ethylether		> 135 °C bis ≤ 200 °C	T4
			> 100 °C bis ≤ 135 °C	T5
Ethylnitrit		Schwefelkohlenstoff	> 85 °C bis ≤ 100 °C	T6

Zuordnung der Gase und Dämpfe nach:

1. Grenzspaltweite (MESG)		
> 0.9 mm	0.5 mm < MESG < 0.9 mm	< 0.5 mm
2. Mindestzündstromverhältnis (MIC-Verhältnis) (bezogen auf Methan = 1)		
> 0.8	0.45 < MIC < 0.8	< 0.45
Explosionsuntergruppe		
IIA	IIB	IIC

Tabelle 3

Schutzprinzipien

Um zu verhindern, dass Geräte und Komponenten zu Zündquellen werden, sind vier Schutzprinzipien definiert.

Die Schutzprinzipien können für elektrische und nicht-elektrische Betriebsmittel und für Gase oder Stäube angewendet werden. Die Prinzipien ermöglichen eine Auslegung in verschiedenen Sicherheitskategorien gemäß der Richtlinie 2014/34/EU bzw. dem Geräteschutzniveau (EPL) nach der Reihe EN- IEC 60079-0:

Geräte- kategorie 1	sehr hoher Schutzgrad und damit sehr hohes Maß an Sicherheit
Geräte- kategorie 2	hoher Schutzgrad und damit hohes Maß an Sicherheit
Geräte- kategorie 3	normaler Schutzgrad und damit erhöhtes Maß an Sicherheit
Geräte- schutzniveau a	sehr hoher Schutzgrad und damit sehr hohes Maß an Sicherheit
Geräte- schutzniveau b	hoher Schutzgrad und damit hohes Maß an Sicherheit
Geräte- schutzniveau c	normaler Schutzgrad und damit erhöhtes Maß an Sicherheit

Eine wesentliche Grundvoraussetzung für alle Schutzprinzipien ist, dass die Teile, zu denen die explosionsfähige Atmosphäre ungehinderten Zugang hat, hinsichtlich der Zündtemperatur der am Einsatzort vorhandenen Stoffe keine unzulässigen Temperaturen annehmen können. Damit ist die Zündtemperatur für alle Schutzprinzipien von Bedeutung. Die in der Übersicht als Beispiel genannten Zündschutzarten werden in einem weiteren Abschnitt behandelt.

Zündquellen, die aus Reib- und Schlagfunken sowie elektrostatischen Aufladungen herrühren, sind an explosionsgeschützten Betriebsmitteln durch Werkstoffauswahl wie auch durch konstruktive Maßnahmen auszuschließen. Dieser Sachverhalt wird durch entsprechende Prüfungen nachgewiesen und bestätigt.

Explosionsfähige Gemische können in das Betriebsmittel, in dem sich eine Zündquelle befinden kann, eindringen und gezündet werden. Die Übertragung der im Inneren ablaufenden Explosion auf den umgebenden Raum wird ausgeschlossen.

Zündschutzarten Beispiele:

- Druckfeste Kapselung (Ex d) - elektrische und nicht-elektrische Geräte
- Sandkapselung (Ex q) - elektrische Geräte

Das Betriebsmittel besitzt eine Kapselung, die das Eindringen des explosionsfähigen Gemisches und/oder den Kontakt mit den funktionsbedingten möglichen inneren Zündquellen verhindert.

Zündschutzarten Beispiele:

- Überdruckkapselung (Ex p) - elektrische und nicht-elektrische Geräte
- Schutz durch Gehäuse (Ex t) - elektrische Geräte
- Ölkapselung (Ex o) - elektrische Geräte
- Flüssigkeitskapselung (Ex h (alt k)) - nicht-elektrische Geräte
- Vergusskapselung (Ex m) - elektrische Geräte

Explosionsfähige Gemische können in das Gehäuse des Betriebsmittels eindringen, dürfen aber nicht gezündet werden.

Funken und zündfähige Temperaturen müssen verhindert sein.

Zündschutzarten Beispiele:

- Erhöhte Sicherheit (Ex e) - elektrische Geräte
- Konstruktive Sicherheit (Ex h (alt c)) - nicht-elektrische Geräte

Explosionsfähige Gemische können in das Gehäuse des Betriebsmittels eindringen, dürfen aber nicht gezündet werden.

Funken und erhöhte Temperaturen dürfen nur begrenzt auftreten.

Zündschutzarten Beispiele:

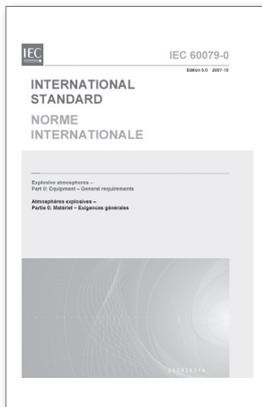
- Eigensicherheit (Ex i) - elektrische Geräte
- Zündquellenüberwachung (Ex h (alt b)) - nicht-elektrische Geräte

Baubestimmungen und Verhinderung von wirksamen Zündquellen bei elektrischen Geräten

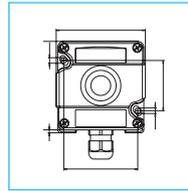
Gefahren, die beim Umgang mit brennbaren Gasen, Dämpfen und Stäuben auftreten, beruhen auf einheitlichen chemischen und physikalischen Abläufen. Deshalb kann auch die Abwehr dieser Gefahren nur einheitlich erfolgen.

In der Internationalen Elektrotechnischen Kommission IEC und der ISO, in den Europäischen Normengremien CENELEC und CEN sowie in DKE und DIN sind inzwischen nahezu durchgängig einheitliche Forderungen formuliert.

Deren Einhaltung wird von den Herstellern und Betreibern gefordert und bei erhöhten Schutzanforderungen von anerkannten Prüfstellen und Behörden überwacht.



Produktidee



Konstruktion nach den Baubestimmungen EN IEC 60079-0 ff (Gase, Dämpfe und Stäube)



Prüfung und Zertifizierung von einer notifizierten Stelle EG-Baumusterprüfbescheinigung oder einer zertifizierten Stelle IECEx Certificate of Conformity



Anerkanntes Qualitätssicherungssystem des Herstellers nach Richtlinie 2014/34/EU oder IECEx System (QAR) und EN-ISO/IEC 80079-34



Herstellen - Stückprüfen



Auswahl und Installation nach den Errichterbestimmungen EN IEC 60079-14



Inbetriebnahme nach der Richtlinie 1999/92/EG (EU) oder EN IEC 60079-14



Wartung und Reparatur nach der Richtlinie 1999/92/EG, nationale Forderungen EN IEC 60079-17 EN IEC 60079-19

Normen zum Explosionsschutz

Eine Übersicht über Normen für die Kennzahlenbestimmung, die Klassifizierung der Bereiche, die Baubestimmungen für Systeme, Geräte und Komponenten sowie Installation und Betrieb im Geltungsbereich der explosionsfähigen Gase, Dämpfe und Stäube zeigt nachfolgende Tabelle:

Titel/Inhalt	Registrier-Nr.	
	ISO/IEC	CEN/CENELEC
Explosionsschutz Grundlagen und Kennzahlen		
Grundlagen		
Explosionsfähige Atmosphären - Explosionsschutz - Teil 1: Grundlagen und Methodik	-	EN 1127-1
Explosionsfähige Atmosphären - Explosionsschutz - Teil 2: Grundlagen und Methodik in Bergwerken	-	EN 1127-2
Explosionsgefährdete Bereiche - Begriffe für Geräte und Schutzsysteme zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen	-	EN 13237
Internationales Elektrotechnisches Vokabular (IEV) Teil 426: Geräte für explosionsgefährdete Bereiche www.electropedia.org	IEC 60500-426	
Explosionsgefährdete Bereiche - Teil 32-1: Elektrostatische Gefährdungen, Leitfaden	IEC TS 60079-32-1	CLC/TR 60079-32-1
Explosionsgefährdete Bereiche - Teil 32-2: Elektrostatische Gefährdungen – Prüfverfahren	IEC 60079-32-2	EN 60079-32-2
Kennzahlen brennbarer Gase, Dämpfe und Stäube		
Explosionsfähige Atmosphären - Teil 20-1: Stoffliche Eigenschaften zur Klassifizierung von Gasen und Dämpfen - Prüfmethoden und Daten	ISO/IEC 80079-20-1	EN-ISO/IEC 80079-20-1
Explosionsfähige Atmosphären - Teil 20-2: Werkstoffeigenschaften - Prüfverfahren für brennbare Stäube	ISO/IEC 80079-20-2	EN-ISO/IEC 80079-20-2

Titel/Inhalt	Registrier-Nr.	
	ISO/IEC	CEN/CENELEC
Explosionsschutz an Geräten /Zündschutzarten		
Zündschutzarten explosionsgeschützter elektrischer und nicht-elektrischer Geräte - brennbare Gase, Dämpfe und Stäube		
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 0: Geräte - Allgemeine Anforderungen	IEC 60079-0	EN IEC 60079-0
Explosionsfähige Atmosphären - Teil 36: Nicht-elektrische Geräte für den Einsatz in explosionsfähigen Atmosphären - Grundlagen und Anforderungen	ISO 80079-36	EN-ISO 80079-36
Zündschutzarten explosionsgeschützter elektrischer Geräte - brennbare Gase, Dämpfe und Stäube		
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 1: Geräteschutz durch druckfeste Kapselung "d"	IEC 60079-1	EN 60079-1
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 2: Geräteschutz durch Überdruckkapselung "p"	IEC 60079-2	EN 60079-2
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 5: Geräteschutz durch Sandkapselung "q"	IEC 60079-5	EN 60079-5
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 6: Geräteschutz durch Ölkapselung "o"	IEC 60079-6	EN 60079-6
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 7: Geräteschutz durch erhöhte Sicherheit "e"	IEC 60079-7	EN 60079-7
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 11: Geräteschutz durch Eigensicherheit "i"	IEC 60079-11	EN 60079-11
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 13: Schutz von Einrichtungen durch einen überdruckgekapselten Raum "p" und künstlich belüfteter Raum "v"	IEC 60079-13	EN 60079-13
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 15: Geräteschutz nach Schutzart "n"	IEC 60079-15	EN 60079-15
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 18: Betriebsmittel mit der Schutzart Vergusskapselung "m"	IEC 60079-18	EN 60079-18
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 25: Eigensichere Systeme	IEC 60079-25	EN 60079-25
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 26: Betriebsmittel mit Geräteschutzniveau (EPL) Ga	IEC 60079-26	EN 60079-26
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 28: Schutz von Einrichtungen und Übertragungssystemen, die mit optischer Strahlung arbeiten	IEC 60079-28	EN 60079-28
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 29-1: Gasmessgeräte - Anforderungen an das Betriebsverhalten von Geräten für die Messung brennbarer Gase	IEC 60079-29-1	EN 60079-29-1

Titel/Inhalt	Registrier-Nr.	
	ISO/IEC	CEN/CENELEC
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 29-4: Gasmessgeräte - Geräte mit offener Messstrecke: Allgemeine Anforderungen und Prüfverfahren	IEC 60079-29-4	EN 60079-29-4
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 30-1: Elektrische Widerstands-Begleitheizungen - Allgemeine Anforderungen und Prüfanforderungen	IEC/IEEE 60079-30-1	EN 60079-30-1
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 31: Geräte - Staubexplosionsschutz durch Gehäuse "t"	IEC 60079-31	EN 60079-31
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 33: Geräteschutz durch Sonderschutz "s"	IEC 60079-33	CLC/TR 60079-33
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 35-1: Kopfleuchten für die Verwendung in schlagwettergefährdeten Grubenbauen - Allgemeine Anforderungen - Konstruktion und Prüfung in Relation zum Explosionsrisiko	IEC 60079-35-1	EN 60079-35-1
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 35-2: Kopfleuchten für die Verwendung in schlagwettergefährdeten Grubenbauen - Gebrauchstauglichkeit und Sicherheit	IEC 60079-35-2	EN 60079-35-2
Zündschutzarten explosionsgeschützter nicht-elektrischer Geräte - brennbare Gase, Dämpfe und Stäube		
Explosionsgefährdete Bereiche - Teil 37: Nicht-elektrische Geräte für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen - Schutz durch konstruktive Sicherheit "c", Zündquellenüberwachung "b", Flüssigkeitskapselung "k"	ISO 80079-37	EN ISO 80079-37
Explosionsfähige Atmosphären - Teil 38: Geräte und Komponenten in explosionsfähigen Atmosphären in untertägigen Bergwerken	ISO/IEC 80079-38	EN ISO/IEC 80079-38
Technische Spezifikationen und Entwicklungen		
Explosionsfähige Atmosphären - Teil 39: Eigensichere Systeme mit elektronisch gesteuerter Funkendauerbegrenzung	IEC TS 60079-39	CLC IEC/TS 60079-39
Explosionsfähige Atmosphären - Teil 40: Anforderungen an die Prozessabdichtung zwischen brennbaren Prozessflüssigkeiten und elektrischem System	IEC TS 60079-40	
Explosionsfähige Atmosphären - Teil 42: Elektrische Sicherheitseinrichtungen zur Beherrschung von potentiellen Zündquellen für Ex-Geräte	IEC TS 60079-42	
Explosionsfähige Atmosphären - Teil 43: Geräte unter ungünstigen Betriebsbedingungen	IEC TS 60079-43	
Explosionsfähige Atmosphären - Teil 44: Spezifikation für persönliche Kompetenz	IEC TS 60079-44	
Explosionsfähige Atmosphären - Teil 45: Elektrische Zündsysteme für Verbrennungsmotoren	IEC TS 60079-45	
Explosionsfähige Atmosphären - Teil 46: Gerätebaugruppen	IEC TS 60079-46	
Explosionsfähige Atmosphären - Teil 47: Geräteschutz durch 2-Wire Intrinsically Safe Ethernet Konzept (2-WISE)	IEC TS 60079-47	

Titel/Inhalt	Registrier-Nr.	
	ISO/IEC	CEN/CENELEC
Herstellung & Qualitätsmanagementsystem		
Explosionsgefährdete Bereiche - Teil 34: Anwendung von Qualitätsmanagementsystemen für die Herstellung von Geräten	ISO/IEC 80079-34	EN-ISO/IEC 80079-34
Explosionsschutz in Anlagen		
Einstufung gefährdeter Bereiche brennbare Gase, Dämpfe und Stäube		
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 10-1: Einteilung der Bereiche - Gasexplosionsgefährdete Bereiche	IEC 60079-10-1	EN 60079-10-1
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 10-2: Einteilung der Bereiche - Staubexplosionsgefährdete Bereiche	IEC 60079-10-2	EN 60079-10-2
Planung, Auswahl, Installation, Inspektion, Wartung und Reparatur elektrischer Anlagen		
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 14: Projektierung, Auswahl und Errichtung elektrischer Anlagen	IEC 60079-14	EN 60079-14
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 17: Prüfung und Instandhaltung elektrischer Anlagen	IEC 60079-17	EN 60079-17
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 19: Gerätereparatur, Überholung und Regenerierung	IEC 60079-19	EN 60079-19
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 29-2: Gaswarngeräte - Auswahl, Installation, Verwendung und Wartung von Detektoren für brennbare Gase und Sauerstoff	IEC 60079-29-2	EN 60079-29-2
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 30-2: Elektrische Widerstands-Begleitheizung - Anwendungsleitfaden für Konstruktion, Installation und Wartung	IEC/IEEE 60079-30-2	EN 60079-30-2

Tabelle 4

Hinweis zum Umgang mit der Tabelle

Die Tabelle soll eine Informationsübersicht über das Normengebäude zum Explosionsschutz geben. Für die konkrete Arbeit mit den Normen und die Beschaffung derselben sollte beim Verlag oder den Normengremien nach dem aktuellen Stand gefragt werden.

Mit Hilfe dieser Tabelle können die genannten Inhalte aus der Spalte Titel/Inhalt den regionalen Entsprechungen (EU) zugeordnet werden. Der EU Titel muss nicht immer mit dem internationalen Titel übereinstimmen.

Einige Zündschutzarten (Ex d, Ex p und Ex t) sind in der Basis für elektrische Betriebsmittel aufgeführt, können aber auch für nicht-elektrische Betriebsmittel angewendet werden (siehe: EN-ISO 80079-36).

Für elektrische Betriebsmittel werden die Baubestimmungen bei BARTEC konsequent umgesetzt. Deren Übereinstimmung wird - nach der Entwicklung bei BARTEC - von notifizierten Prüfstellen in der EU, Prüfstellen des IECEx-Systems oder nationalen Prüfstellen geprüft und bestätigt sowie ihre Einhaltung in der Fertigung wiederum durch ein Qualitätssicherungssystem an jedem hergestellten Betriebsmittel realisiert und überwacht. Durch Stückprüfung werden nach den Festlegungen entsprechend sicherheitsrelevante Forderungen am Produkt überprüft und mit einer Kennzeichnung bestätigt.

Auch im Bereich der nicht-elektrischen Betriebsmittel unterstützt BARTEC seine Kunden mit den über Jahrzehnte gesammelten Erfahrungen.

Zündschutzarten

Für alle Zündschutzarten gilt, dass die Teile, zu denen die explosionsfähige Atmosphäre ungehinderten Zugang hat, keine unzulässig hohen Temperaturen annehmen dürfen.

Die Temperaturen dürfen unter Berücksichtigung der Umgebungstemperatur und der Erwärmung maximale Werte annehmen, die der Temperaturklasse oder der für brennbare Stäube bestimmten zulässigen Oberflächentemperatur entsprechen, nach denen die explosionsfähige Atmosphäre eingestuft ist.

Allgemeine Bestimmungen

Prinzip

Alle zu verallgemeinernden Forderungen an die Betriebsmittel werden in diesen Normen zusammengefasst:

- EN IEC 60079-0
für elektrische Geräte
- EN ISO 80079-36
für nicht-elektrische Geräte

Die Zündschutzartnormen können Forderungen ergänzen oder aufheben. Steht eine Anforderung im Widerspruch zu einer allgemeinen Anforderung, so hat die spezifische Anforderung aus der Schutzart Vorrang.

Einheitliche, aber mehrere Zündschutzarten betreffende Schutzanforderungen wie Schutz gegen elektrostatische Aufladungen, Schaffung eines Potenzialausgleiches für metallische Gehäuse oder mechanische Festigkeit gegen Stöße werden in diesen Normen als allgemein technische Forderungen zusammengefasst. Dabei können einzelne nachgeschaltete Normen höhere Forderungen enthalten oder auch geringere.

Diese Forderungen basieren teilweise auf denen für elektrische Betriebsmittel. Abweichungen für nicht-elektrische Betriebsmittel sind in den einzelnen Basisnormen enthalten.

Der allgemeine Temperaturbereich zum Einsatz explosionsgeschützter elektrischer Betriebsmittel wird mit -20 °C bis +40 °C festgelegt. Zulässige abweichende Erweiterungen oder Einschränkungen des Temperaturbereiches sind anzugeben.

Die Parameter wie MESG und MIC-Verhältnis für die Untergruppen IIA, IIB und IIC werden bei ca. +20 °C im Labor ermittelt und gelten für einen Temperaturbereich von ± 40 K - also von -20 °C bis +60 °C.

Diese beiden Temperaturbereiche berücksichtigen einerseits die Verhältnisse in der Arbeitsstätte und eine gewisse Erwärmung der Betriebsmittel im Betrieb. Explosionsdruck, zulässige Spaltweiten und zulässige nichtzündfähige Ströme ändern sich außerhalb des Temperaturbereiches. Dies ist bei dem Einsatz der Betriebsmittel durch den Hersteller oder Betreiber zu beachten und kann abweichende Prüfbedingungen oder Einschränkungen zur Folge haben.

Historisch wurden die Zündschutzarten basierend auf vier Schutzprinzipien mit einem hohen Sicherheitsniveau (heutigen EPL b oder europäische Kategorie 2) entwickelt.

Mit der Graduierung der Ex-Bereiche in Zonen wird versucht, auch die Zündschutzarten zu graduieren und unterschiedlichen Schutzniveaus zuzuordnen. Dies findet in den Normengremien statt. Einerseits werden die bekannten Zündschutzarten Ex n (Zone 2) dem Schutzniveau EPL c zugeordnet. Andererseits werden für EPL a (Zone 0/20) die bisher bekannten Forderungen für EPL b (Zone 1/21) Anforderungen teilweise verschärft.

Zündschutzarten elektrischer Geräte

Schutzprinzipien	Zündschutzarten	Brennbarer Stoff	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3
			EPL a	EPL b	EPL c
			sehr hohes Schutzniveau	hohes Schutzniveau	erweitertes Schutzniveau
Alle	Allgemeine Anforderungen EN IEC 60079-0	Gase/Dämpfe (G) Stäube (D)	+	+	+
Schutzprinzip stellt sicher, dass eine Zündquelle nicht auftreten kann.	Erhöhte Sicherheit Ex e EN IEC 60079-7	Gase/Dämpfe (G)	-	Ex eb	Ex ec
	Optisches System mit Verriegelung EN IEC 60079-28	Gase/Dämpfe (G) Stäube (D)	-	Ex op sh	+
Schutzprinzip verhindert, dass eine Zündquelle wirksam werden kann.	Eigensicherheit Ex i EN IEC 60079-11 EN IEC 60079-25 systems	Gase/Dämpfe (G) Stäube (D)	Ex ia	Ex ib	Ex ic
	Inhärent sichere optische Strahlung EN IEC 60079-28	Gase/Dämpfe (G) Stäube (D)	Ex op is	+	+
Schutzprinzip verhindert, dass die Ex-Atmosphäre die Zündquelle erreicht.	Vergusskapselung Ex m EN IEC 60079-18	Gase/Dämpfe (G) Stäube (D)	Ex ma	Ex mb	Ex mc
	Gekapselt, abgedichtet Ex nC Schwadensicher Ex nR EN IEC 60079-15	Gase/Dämpfe (G)	-	-	Ex nC Ex nR
	Flüssigkeitskapselung Ex o EN IEC 60079-6	Gase/Dämpfe (G)	-	Ex ob	Ex oc
	Überdruckkapselung Ex p EN IEC 60079-2	Gase/Dämpfe (G) Stäube (D)	-	Ex pxb, pyb	Ex pzc
	Schutz durch Gehäuse Ex t EN IEC 60079-31	Stäube (D)	Ex ta	Ex tb	Ex tc
	Geschützte optische Strahlung EN IEC 60079-28	Gase/Dämpfe (G) Stäube (D)	-	Ex op pr	+
Schutzprinzip verhindert die Flammenfortpflanzung durch ein Gehäuse.	Druckfeste Kapselung Ex d EN IEC 60079-1	Gase/Dämpfe (G)	Ex da	Ex db	Ex dc
	Sandkapselung Ex q EN IEC 60079-5	Gase/Dämpfe (G)	-	Ex q	+

Tabelle 5

+ bedeutet: Anwendung möglich
- bedeutet: NICHT möglich anzuwenden.

Einsatz im Ex-Bereich, abhängig von G oder D

Zone 0/20	Zone 1/21	Zone 2/22
Zone 1/21	Zone 2/22	
Zone 2/22		

Zündschutzarten nicht-elektrischer Geräte

Schutzprinzipien	Zündschutzarten	Brennbarer Stoff	Kategorie 1 EPL a	Kategorie 2 EPL b	Kategorie 3 EPL c
			sehr hohes Schutzniveau	hohes Schutzniveau	erweitertes Schutzniveau
Alle	Allgemeine Anforderungen EN ISO 80079-36 ¹⁾ /EN IEC 60079-0 ²⁾	Gase/Dämpfe (G) Stäube (D)	+	+	+
Schutzprinzip stellt sicher, dass eine Zündquelle nicht auftreten kann.	Konstruktive Sicherheit EN ISO 80079-37 ¹⁾	Gase/Dämpfe (G) Stäube (D)	Ex h	Ex h	Ex h
Schutzprinzip verhindert, dass eine Zündquelle wirksam werden kann.	Zündquellenüberwachung EN ISO 80079-37 ¹⁾	Gase/Dämpfe (G) Stäube (D)	Ex h	Ex h	Ex h
Schutzprinzip verhindert, dass die Ex-Atmosphäre die Zündquelle erreicht.	Flüssigkeitskapselung EN ISO 80079-37 ¹⁾	Gase/Dämpfe (G) Stäube (D)	Ex h	Ex h	Ex h
	Überdruckkapselung EN IEC 60079-2 ²⁾	Gase/Dämpfe (G) Stäube (D)	-	Ex pxb, pyb	Ex pzc
	Schutz durch Gehäuse EN IEC 60079-31 ²⁾	Stäube (D)	Ex ta	Ex tb	Ex tc
Schutzprinzip verhindert die Flammenfortpflanzung durch ein Gehäuse.	Druckfeste Kapselung EN IEC 60079-1 ²⁾	Gase/Dämpfe (G)	-	Ex db	Ex dc

Tabelle 6

¹⁾ Die Normen EN ISO 80079-36 und -37 bilden ergänzend mit der Normenreihe EN IEC 60079-0 ein ganzheitliches, technisches Normenwerk für die Entwicklung, Prüfung und Zertifizierung explosionsgeschützter Geräte.

²⁾ Die Norm für elektrische Geräte wird auch für nicht-elektrische Geräte angewandt..

+ bedeutet: Anwendung möglich
- bedeutet: NICHT möglich anzuwenden.



Einsatz im Ex-Bereich, abhängig von G oder D

Zone 0/20	Zone 1/21	Zone 2/22
Zone 1/21	Zone 2/22	
Zone 2/22		



Erhöhte Sicherheit Ex eb nach EN IEC 60079-7

Prinzip

Zusätzliche Maßnahmen sorgen für ein hohes Schutzniveau "b". Damit werden unzulässig hohe Temperaturen und Funken bzw. Lichtbögen sowohl an den inneren als auch an den äußeren Teilen elektrischer Betriebsmittel, bei deren bestimmungsgemäßem Betrieb keine unzulässig hohen Temperaturen auftreten, zuverlässig verhindert.

Anwendungen

- Installationsmaterialien wie Abzweig- und Verbindungskästen, Anschlussräume für Heizungen, Akkumulatoren, Transformatoren, induktive Vorschaltgeräte, Kurzschlussläufermotoren

Wichtige konstruktive Parameter

- für nicht-isolierte, aktive Teile gelten besondere Schutzanforderungen
- Luft- und Kriechstrecken sind größer bemessen als im allgemeinen industriellen Bereich, besondere Anforderungen gelten für die einzuhaltenden IP-Schutzarten
- für Wicklungen, deren Ausführung, mechanische Festigkeit und Isolierfähigkeit gelten höhere Forderungen und die Wicklungen müssen gegen erhöhte Temperaturen geschützt sein
- Mindestquerschnitte für Wickeldrähte, für die Tränkung und Verfestigung von Spulen sowie für thermische Überwachungen sind festgelegt.

Erhöhte Sicherheit Ex ec nach EN IEC 60079-7 (bisher nicht funkenbildend Ex nA nach EN IEC 60079-15)

Prinzip

Es ist ein normales Schutzniveau "c" vorgesehen. Die Konstruktion gewährleistet eine zuverlässige Verhinderung von unzulässig hohen Temperaturen und Funken oder elektrischen Lichtbögen, sowohl an den inneren als auch an den äußeren Teilen elektrischer Betriebsmittel, bei deren normalem Betrieb keine unzulässig hohen Temperaturen, Funken oder Lichtbögen auftreten. Vereinfachte Darstellung der Schutzart eb.

Anwendungen

- Installationsmaterialien wie Abzweig- und Verbindungskästen, Anschlussräume,

drehende elektrische Maschinen spezielle Schmelzsicherungen, Leuchten, Zellen und Batterien, Transformatoren, Betriebsmittel mit geringer Energie.

Wichtige konstruktive Parameter

- für nicht-isolierte, aktive Teile gelten besondere Schutzanforderungen
- Luft- und Kriechstrecken sind besonders festgelegt
- an einzelne Betriebsmittelarten werden besondere Anforderungen gestellt.

Konstruktive Sicherheit c mit Kennzeichnung Ex h nach EN ISO 80079-37

Prinzip

Die Systeme, Geräte und Komponenten sind so konstruiert, dass sie im Normalbetrieb und bei einer Störung (mit der man üblicherweise rechnen muss) nicht zur Zündquelle werden können.

Anwendungen

- Kopplung zwischen Pumpe und Antriebsmotor, Ventilatoren.

Wichtige konstruktive Parameter

- Anforderungen an Gehäusewerkstoffe gelten wie bei den anderen Zündschutzarten auch
- die Bauteile sind so auszuwählen, dass beispielsweise durch Reibung Erwärmungen ausgeschlossen sind
- im Normalbetrieb auftretende Reibung darf auch nicht zu elektrostatischen Aufladungen oder Reibfunken führen
- die konstruktiven Anforderungen sind - abgeleitet aus der EN 1127-1 - hinsichtlich möglicher Zündquellen zu überprüfen



Eigensicherheit Ex ia, ib, ic nach EN IEC 60079-11 (Ex ic = bisher Begrenzte Energie; Ex nL nach EN IEC 60079-15)

Prinzip

Eigensichere Betriebsmittel enthalten nur Stromkreise, die den Anforderungen an eigensichere Stromkreise genügen. Eigensichere Stromkreise sind Stromkreise, in denen kein Funke oder kein thermischer Effekt, der unter den in der Norm festgelegten Prüfbedingungen auftritt, eine Zündung einer explosionsfähigen Atmosphäre der Untergruppen IIA, IIB oder IIC beziehungsweise eines Staub-Luft-Gemisches der Gruppe III verursachen kann. Die Prüfbedingungen umfassen den Normalbetrieb und bestimmte in der Norm festgelegte Fehlerbedingungen.

Anwendungen

- Mess-, Überwachungs- und Informationsanlagen und -geräte
- Sensoren - auf physikalischem, chemischem oder mechanischem Prinzip und mit begrenzter Leistung
- Messumformer und Remote-I/O-Technik, die auf verschiedenen Feldbusanwendungen basieren
- Enterprise Mobility Geräte wie Mobile Computer, Tablets, Kameras und Smartphones.

Wichtige konstruktive Parameter

- Auswahl bestimmter (unfehlbarer) Bauelemente für elektrische und elektronische Schaltungen.
- Reduzierung der zulässigen Belastung der Bauelemente gegenüber üblichen industriellen Anwendungen, in Bezug auf
 - Spannung, wegen der elektrischen Festigkeit
 - Strom, hinsichtlich der Erwärmung
- die Spannungs- und Stromwerte sind, einschließlich eines Sicherheitsfaktors, ständig auf ein so geringes Niveau begrenzt, dass mit Sicherheit unzulässige Temperaturen nicht auftreten und Funken und Lichtbögen bei Unterbrechung oder Kurzschluss eine so geringe Energie aufweisen, dass sie zur Zündung einer explosionsfähigen Atmosphäre nicht ausreichen.
- eine Vorstellung vermittelt die Tatsache, dass explosionsfähige Atmosphären der Untergruppe IIA nur einige 100 μJ und die der Untergruppe IIC nur 10 μJ zur Zündung benötigen.

Überwachung von Zündquellen b mit Kennzeichnung Ex h nach EN ISO 80079-37



Prinzip

Überwachung potenzieller Zündquellen bzw. frühzeitige Feststellung sich anbahnender gefährlicher Bedingungen (beispielsweise erwärmte Teile) bei Normalbetrieb, einer Störung oder einer seltenen Störung und Einleitung von Gegenmaßnahmen.

Anwendungen

- Gleitlager, Pumpe, Rührwerk, Vakuumpumpen, Gasturbinen

Wichtige konstruktive Parameter

- Einsatz von Sensor-/Aktor-Einrichtungen zur Überwachung verschiedener physikalisch-technischer Größen (Temperatur, Druck, Durchfluss, Drehzahl, Schwingungen usw.)
- um das Zündrisiko zu begrenzen, werden an den mechanischen Geräten die Zündquellen und die entsprechenden Sensor-/Aktor-Überwachungseinrichtungen hinsichtlich ihrer Qualität (Funktion) bewertet
- die Funktionssicherheit (Mindestqualität) der Sensor-/Aktor-Überwachungseinrichtungen wird in Form des Zündschutzsystems mit b1 oder b2



Vergusskapselung Ex ma, mb, mc nach EN IEC 60079-18

Prinzip

Teile, die eine explosionsfähige Atmosphäre durch Funken oder durch Erwärmung zünden könnten, sind so in eine Vergussmasse eingebettet, dass die explosionsfähige Atmosphäre nicht entzündet werden kann. Dies geschieht durch allseitige Umhüllung (Gießen) der Bauteile mit einer gegen physikalische - insbesondere elektrische, thermische und mechanische - sowie chemische Einflüsse resistenten Vergussmasse.

Anwendungen

- ruhende Spulen von Vorschaltgeräten, Magnetventilen oder Motoren, Relais und andere Schalteinrichtungen begrenzter Leistung sowie komplette Leiterplatten mit elektronischen Schaltungen.

Wichtige konstruktive Parameter

- Vergussmasse:
 - Durchschlagsfestigkeit
 - geringe Wasseraufnahme
 - Beständigkeit gegen verschiedene Einflüsse
 - Umhüllung muss allseitig vorgegebene Wandstärken erfüllen
 - Hohlräume sind nur begrenzt zulässig
 - nur die Einführungen elektrischer Leitungen durchdringen in der Regel die Vergussmasse
- Belastung der Bauelemente ist begrenzt oder reduziert
- erhöhte Abstände spannungsführender Teile

Nichtzündfähiges Teil Ex nC nach EN IEC 60079-15 (Klausel 7)

Prinzip

Variante der Zündschutzart Ex n mit Kontakten, die einen möglicherweise zündfähigen Stromkreis schließen und öffnen, bei der entweder der Kontaktmechanismus oder das Gehäuse, in dem die Kontakte eingeschlossen sind, so konstruiert sind, dass eine Zündung eines Gemisches der Untergruppe IIA, IIB oder IIC in der Umgebung des Teiles unter festgelegten Betriebsbedingungen verhindert ist.

Anwendungen

- Kontaktsysteme

Wichtige konstruktive Parameter

- Die Kontaktanordnung löscht eine entstehende Flamme
- Begrenzte Maximalbelastbarkeit auf AC 254 V und 16 A AC sowie DC
- L und C sind Bestandteil der Prüfung
- Die Explosionsuntergruppen IIA, IIB und IIC sind unterschiedlich zu behandeln

Gekapselte Einrichtung Ex nC nach EN IEC 60079-15 (Klausel 8)

Prinzip

Die Einrichtung kann Hohlräume enthalten, die analog zur Zündschutzart Vergusskapselung völlig z. B. in eine Dichtmasse eingeschlossen sind, so dass das Eindringen von äußerer Atmosphäre verhindert ist.

Anwendungen

- Funkenerzeugende Geräte oder Komponenten wie Schnittstellenrelais.

Wichtige konstruktive Parameter

- Versiegeln durch Löten, Schweißen oder Verschmelzen von Metall mit Metall oder Glas mit Metall gilt als Erfüllung der Anforderungen an dichte Geräte ohne Prüfung.

Abgedichtete Einrichtung Ex nC nach EN IEC 60079-15 (Klausel 9)

Prinzip

Die Einrichtung kann Hohlräume enthalten, die analog zur Zündschutzart Vergusskapselung völlig eingeschlossen sind, so dass das Eindringen von äußerer Atmosphäre verhindert ist.

Anwendungen

- Kontaktsysteme, ruhende Spulen von Magnetventilen und komplette Leiterplatten mit elektronischen Schaltungen.

Wichtige konstruktive Parameter

- Einrichtungen dürfen im Normalbetrieb nicht geöffnet werden können, inneres freies Volumen $\leq 100 \text{ cm}^3$
- äußere Anschlusssteile, Klemmen oder Leitungen (Zündschutzart Ex ex) müssen vorhanden sein
- elastische Abdichtungen dürfen unter normalen Betriebsbedingungen nicht mechanisch beschädigt werden können, sie müssen ihre Dichteigenschaften während der Lebensdauer der Einrichtung beibehalten.



Öl-/Flüssigkeitskapselung Ex ob, oc nach EN IEC 60079-6 (elektrische Betriebsmittel)

Öl-/Flüssigkeitskapselung k mit Kennzeichnung Ex h nach EN ISO 80079-37 (nicht elektrische Geräte)

Prinzip

Teile, an denen sich explosionsfähige Atmosphäre entzünden könnte, werden so weit in elektrisch isolierendes Öl oder eine andere nicht brennbare Flüssigkeit getaucht, dass oberhalb der Flüssigkeit und außerhalb des Gehäuses befindliche Gase und Dämpfe durch unter dem Flüssigkeitsspiegel entstehende Lichtbögen bzw. Funken, heiße Restgase von Schalthandlungen oder heiße Teile - wie Widerstände - nicht gezündet werden können.

Anwendungen

- große Transformatoren, Hochleistungsschaltgeräte, Anlasswiderstände und komplette Anlaufsteuerungen
- Getriebe.

Wichtige konstruktive Parameter

- festgelegte, isolierende Flüssigkeiten, z. B. Öl
- Sicherung des Zustandes der Flüssigkeit, hinsichtlich Verschmutzung und Feuchtigkeit
- nicht-elektrische Geräte
 - Flüssigkeiten
 - benetzte Oberflächen
- Gewährleistung und Kontrollmöglichkeit des sicheren Ölstandes
 - bei Erwärmung und Abkühlung
 - zum Erkennen von Leckagen
- Beschränkung auf ortsfeste Geräte.





Überdruckkapselung Ex pxb, Ex pyb nach EN IEC 60079-2

Prinzip

Das Eindringen einer umgebenden Atmosphäre in das Gehäuse von elektrischen Betriebsmitteln wird dadurch verhindert, dass ein Zündschutzgas (Luft, inertes oder anderes geeignetes Gas) in seinem Innern unter einem Überdruck gegenüber der umgebenden Atmosphäre gehalten wird. Der Überdruck wird mit oder ohne laufende Zündschutzgasdurchspülung aufrechterhalten.

Anwendungen

- Betriebsmittel, bei denen betriebsmäßig Funken, Lichtbögen oder heiße Teile auftreten und komplexe industriemäßige Ausführungen (Steuerungen), die durch die Zündschutzart im explosionsgefährdeten Bereich betrieben werden können
- Großmaschinen, Schleifring- bzw. Kollektormotoren, Schalt- und Steuerschränke oder Analysengeräte.

Wichtige konstruktive Parameter

- Festigkeit des Gehäuses das umgebende, durchspülte Gehäuse muss die 1,5-fache Festigkeit des Betriebsüberdruckes haben
- freispülen vor Inbetriebnahme des elektrischen Betriebsmittels (nur für EPL Gb, also nicht für EPL Db)
- Obligatorische Abschaltung und Alarm für EPL Gb oder Db bei Ausfall des Spülgasflusses oder Überdrucks.

Vereinfachte Überdruckkapselung Ex pzc nach EN IEC 60079-2

Prinzip

Anwendung eines Zündschutzgases in einem Gehäuse, um die Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre innerhalb des Gehäuses zu verhindern, indem ein Überdruck gegenüber der umgebenden Atmosphäre aufrechterhalten wird.

Anwendungen

- Betriebsmittel, bei denen betriebsmäßig Funken, Lichtbögen oder heiße Teile auftreten und komplexe industriemäßige Ausführungen (Steuerungen), die durch die Zündschutzart im explosionsgefährdeten Bereich betrieben werden können
- Große Maschinen, Schleifring- oder Kollektormotoren, Schalt- und Steuerschränke und Analysegeräte.

Wichtige konstruktive Parameter

- Festigkeit des Gehäuses
- Vorspülung vor Inbetriebnahme des elektrischen Betriebsmittels (nur bei EPL Gc, also nicht bei EPL Dc)
- Wesentlicher Unterschied zu Ex pxb, Ex pyb: zwingender Alarm nur, wenn der Spülgasfluss oder Überdruck ausfällt (keine Abschaltung).

Schwadensicherheit Ex nR nach EN IEC 60079-15 (für elektrische Geräte)

Prinzip

Die Gehäuse sind so konstruiert, dass das Eindringen von Gasen beschränkt wird.

Anwendungen

- Schalteinrichtungen, Mess-, Überwachungs- und Informationsanlagen und -geräte (elektrisch)
- Beleuchtungskörper (elektrisch).

Wichtige konstruktive Parameter

- die Verlustleistung im Inneren der Gehäuse, darf, wenn es funkengebende Teile enthält, nur zu Temperaturerhöhungen gegenüber der Umgebung von ≤ 20 K führen
- Vorrichtungen müssen bei diesen Gehäusen nach Installation und Wartung eine Überprüfung der Schwadensicherheit - Dichtheit - ermöglichen
- elastische Abdichtungen dürfen unter normalen Betriebsbedingungen nicht mechanisch beschädigt werden können, sie müssen ihre Dichteigenschaften während der Lebensdauer der Einrichtung beibehalten
- vergossene Dichtungen und Vergussmassen müssen eine Dauergebrauchstemperatur von ≥ 10 K zur maximalen Betriebstemperatur haben

Schutz durch Gehäuse Ex ta, tb, tc nach EN IEC 60079-31 (auch für nicht-elektrische Geräte anwendbar)

Prinzip

Das Gehäuse ist so dicht, dass kein brennbarer Staub in das Innere eindringen kann. Die Oberflächentemperatur des äußeren Gehäuses ist begrenzt.

Anwendungen

- verschiedene Betriebsmittel, bei denen betriebsmäßig Funken, Lichtbögen oder heiße Teile auftreten und komplexe industriemäßige Ausführungen (Steuerungen), die durch die Zündschutzart im explosionsgefährdeten Bereich (Staub) betrieben werden können.

Wichtige konstruktive Parameter

- Mindestschutzgrade nach IEC/EN 60529 \geq IP 6X, je nach Gruppe und Schutzart
- Ex ta, die zusätzliche IP 6X-Gehäuse für funkenbildende Teile innerhalb des Gesamtgerätegehäuses erfordern
- Berücksichtigung von Staubansammlungen auf der Oberfläche und Reduzierung der zulässigen Oberflächentemperatur bei möglichen Staubschichtdicken ≥ 5 mm nach EN IEC 60079-14
- Die Oberflächentemperatur des Betriebsmittels wird bei Ex tb und Ex tc berücksichtigt, wobei bei Ex ta auch die Oberflächentemperaturen der internen Bauteile berücksichtigt werden.





Druckfeste Kapselung Ex da, db, dc nach EN IEC 60079-1 (für elektrische Geräte)

Prinzip

Zündschutzart, bei der Teile, die eine explosionsfähige Atmosphäre zünden können, in einem Gehäuse angeordnet sind, das bei der Explosion eines explosionsfähigen Gemisches im Innern des Gehäuses dem Explosionsdruck sicher standhält und eine Übertragung der Explosion auf die das Gehäuse umgebende explosionsfähige Atmosphäre verhindert.

Technologisch erforderliche Spalte sind so lang und eng gestaltet, dass austretende heiße Gase außerhalb des Gehäuses ihre Zündfähigkeit verloren haben oder, wenn Spalte nur für den Fertigungsprozess erforderlich sind, können sie verklebt sein.

Anwendungen

- Betriebsmittel, bei denen betriebsmäßig Funken oder Lichtbögen und/oder heiße Teile auftreten, wie Schaltgeräte, Schleifringe, Kollektoren, Stellwiderstände, Schmelzsicherungen bzw. Lampen, Heizpatronen und Reibungsbremsen.

Wichtige konstruktive Parameter

- mechanische Festigkeit entsprechend einem festgelegten Sicherheitsfaktor gegen innere Explosionsdrücke
- als Orientierung kann gelten, dass in einer Kugel etwa 0,8 MPa (8 bar) erzeugt werden und diese Kugel als Ex d-Gehäuse einem Druck von 1,2 MPa (12 bar) standhalten müsste
- Spaltverbindungen zwischen zwei Gehäuseteilen sind so eng und so lang zu gestalten, dass austretendes heißes Gas eine explosionsfähige Atmosphäre, die im explosionsgefährdeten Bereich möglicherweise vorhanden ist, nicht zünden kann
- die Parameter der zünddurchschlagsicheren Spalte (Weite/Länge) sind für die Explosionsuntergruppen IIA, IIB und IIC unterschiedlich, die höchsten Forderungen hinsichtlich der Spaltparameter werden an Gehäuse der Explosionsuntergruppe IIC gestellt
- Ex d ist grundsätzlich für die Schutzstufe 'b' ausgelegt, die zusätzliche Schutzstufe 'a' gilt nur für katalytische Sensoren für Detektoren für brennbare Gase, ebenso wie die Schutzstufe 'c' für gekapselte Abreißvorrichtungen mit einem auf $20 \text{ cm}^3 = 0,02 \text{ Liter}$ begrenzten Innenvolumen gilt.



Sandkapselung Ex q nach EN IEC 60079-5

Prinzip

Durch die Füllung eines Gehäuses mit einem feinkörnigen Füllgut (z. B. Quarzglas) wird erreicht, dass bei bestimmungsgemäßem Gebrauch ein in seinem Gehäuse entstehender Lichtbogen eine das Gehäuse umgebende explosionsfähige Atmosphäre nicht zündet. Es darf weder eine Zündung durch Flammen oder zündfähige Bauteile, noch eine Zündung durch erhöhte Temperatur auf der Gehäuseoberfläche erfolgen.

Anwendungen

- Kondensatoren, Elektronikbaugruppen oder Transformatoren wie HMI-Systeme oder auch mobile Computer, die im explosionsgefährdeten Bereich eingesetzt werden, vielfach Bauteile, die Funken oder heiße Teile aufweisen, deren Funktion aber durch das feinkörnige Füllgut nicht beeinträchtigt wird.

Wichtige konstruktive Parameter

- das Füllgut, wie Sand, Glaskugeln o. ä. unterliegt besonderen Anforderungen, ebenso die Gestaltung des Gehäuses, es darf nicht aus dem Gehäuse austreten, weder im Normalbetrieb, noch durch Lichtbögen oder andere Vorgänge im Inneren der Sandkapselung.

Sonderschutzart Ex sa, sb, sc nach CLC/TR 60079-33 oder IEC 60079-33

Prinzip

Geräte, die einer Zündschutzart nicht vollständig entsprechen, aber eine vergleichbare Sicherheit gewährleisten.

Anwendungen

Neuentwicklungen wie druckfeste Gehäuse mit Explosionsöffnungen und Druckabbaugitterplatten in der Seitenwand.

Wichtige konstruktive Parameter

Je nachdem, welches Schutzniveau erforderlich ist, sind ein oder mehrere unabhängige Prüfer erforderlich, um die Konformität des Geräts zu überprüfen. Weitere Details siehe IEC 60079-33.

Optische Strahlung Ex op is, op pr, op sh nach EN IEC 60079-28

Prinzip

Optische Strahlung kann entweder in der Strahlungsenergie begrenzt werden, durch ein Medium geschützt werden oder durch eine Verriegelung geschützt werden.

Anwendungen

Optische Lasersensoren, Auto-Identifikationssysteme, faseroptische Koppler zur Datenübertragung.

Wichtige konstruktive Parameter

Drei Möglichkeiten:

- Laser mit konvergenten optischen Strahlen müssen bei offener Abstrahlung im explosionsgefährdeten Bereich energetisch sicher sein (Ex op is).
- Wenn der Laser ein Medium wie einen Lichtwellenleiter durchläuft, kann er entweder mit einem mechanischen Schutzsystem (Ex op pr) oder mit einer Verriegelung ausgestattet werden, die eine sichere Absicherung durch ein Handshaking-Verfahren hat.
- Wenn die gesendete Ausgabe nicht vom Empfänger über die Empfangsleitung quittiert wird, stellt er die Übertragung ein (Ex op sh).

Elektrische Widerstands-Begleitheizung Ex 60079-30-1 nach EN IEC/IEEE 60079-30-1

Prinzip

Sicherheitsanforderungen gemäß der oben genannten Norm. Die Kennzeichnung ist abweichend von anderen Zündschutzarten durch die Angabe auf Heizleitungen Ex 60079-30-1 als Hinweis auf die Zündschutzart.

Anwendungen

Überwinterung oder Prozessbeheizung durch den Einsatz von Begleitheizkabeln an Rohrleitungen oder Behältern.

Wichtige konstruktive Parameter

- Ex-Begleitheizung Heizleitung muss mit einem geerdeten Geflecht ausgestattet sein.
- Die Temperaturbegrenzung erfolgt entweder in stabilisierter oder in geregelter Ausführung.

Kennzeichnung

Für alle Geräte, die zum Einsatz in explosionsfähigen Atmosphären bestimmt sind, soll die Kennzeichnung alle wesentlichen Informationen für den sicheren Betrieb liefern. Außerdem sollen alle Angaben vorhanden sein, die üblicherweise für ein gleiches Gerät in industrieller Ausfertigung erforderlich sind.

Inhalt der Kennzeichnung nach RL 2014/34/EU und EN-Normen

In der RL 2014/34/EU sind die Forderungen und Bewertungen (inkl. der Kennzeichnung) für elektrische und nicht-elektrische „Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen“ einheitlich definiert. Die Kennzeichnung der Geräte und Komponenten wird zusätzlich in den Normen für die allgemein technischen Forderungen (EN 60079-0 für elektrische Geräte oder EN ISO 80079-36 für nicht-elektrische Geräte) festgelegt.

Die Gesamtkennzeichnung eines ATEX-Gerätes oder -Komponente setzt sich demnach aus den Forderungen der RL 2014/34/EU und den Forderungen der EN-Normen zusammen. Beide Quellen definieren zum Teil gleiche Anforderungen. Dadurch ergeben sich redundante Informationen auf dem Kennzeichnungsschild. Ob und wann diese doppelten Informationen abgeglichen werden, ist nicht abschätzbar.

Aus der Kennzeichnung soll erkennbar sein:

1. der Hersteller, der das Gerät in Verkehr gebracht hat mit Name und Adresse
2. die Typ-Bezeichnung, nach der das Gerät identifizierbar ist
3. der Einsatzbereich, unter Tage I oder übrige Bereiche II
4. der Einsatzbereich, Gase und Dämpfe (G), Stäube (D) oder Gruben (M)
5. die Kategorien (1, 2 oder 3), die angeben, welche Sicherheitsstufe gilt und ob das Gerät in bestimmten Zonen eingesetzt werden darf
6. die Zündschutzart/-arten, die das Betriebsmittel erfüllt
7. die Explosionsgruppe und Explosionsuntergruppe, für die das Betriebsmittel geeignet ist
8. die Temperaturklasse (G) oder max. Oberflächentemperatur (D), der das Betriebsmittel genügt
9. das Geräteschutzniveau (EPL nach EN 60079-0 und EN ISO 80079-36) und der Einsatzbereich Gase und Dämpfe (G), Stäube (D) oder Bergbau (M) die aussagen, ob das Gerät in bestimmten Zonen eingesetzt werden darf
10. Die ggf. einzuhaltenden besonderen Verwendungsbedingungen, erkennbar an einem X hinter der Bescheinigungsnummer (Kategorie 1 und 2) oder der Zündschutzart (Kategorie 3, wenn keine freiwillige Baumusterprüfbescheinigung vorliegt)
11. die Prüfbescheinigung mit der Prüfstelle, dem Jahr der Ausstellung und die Registriernummer der Bescheinigung bei der Prüfstelle, z. B. PTB 20 ATEX 9999 X

Die Kennzeichnung nach EU-Richtlinie 2014/34/EU sieht für alle Geräte beispielsweise wie folgt aus:

CE 0044  II 2 G - Gas/Dampf
 CE 0044  II 2 D - Staub

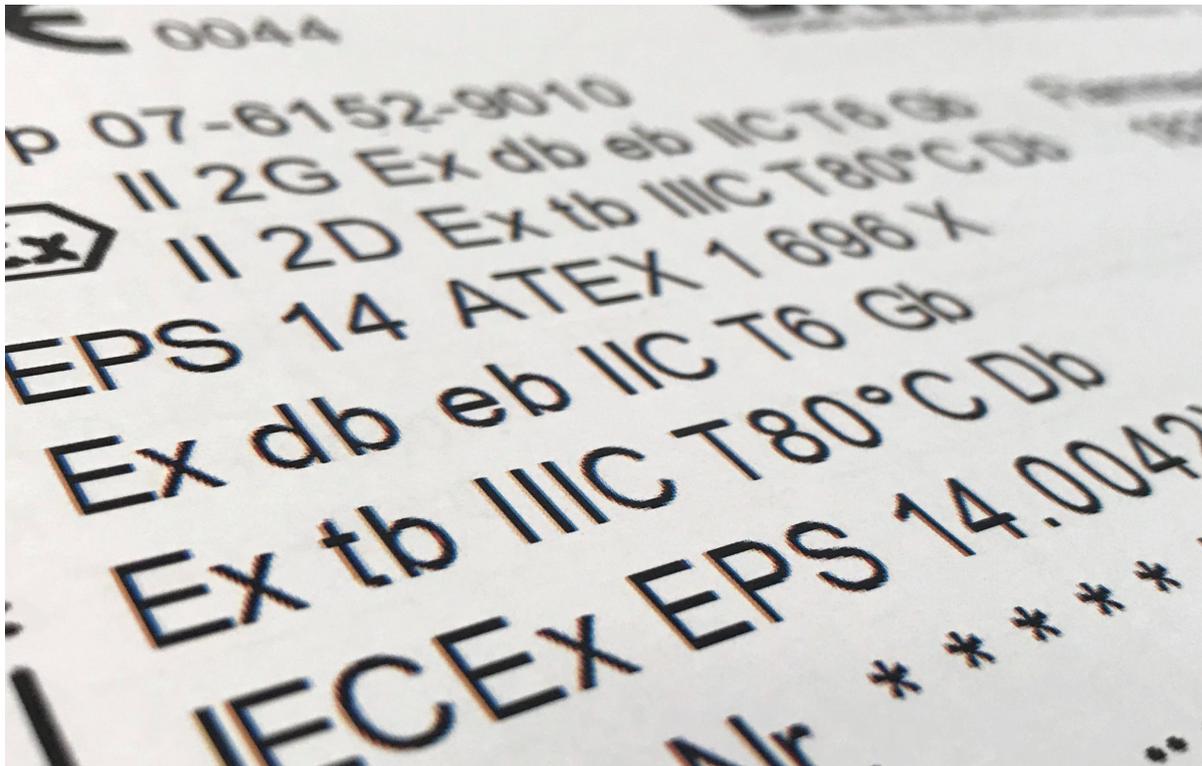
CE Konformitätszeichen
 0044 Kennnummer, benannte Stelle, die - wo erforderlich - das QS-System (bei Serienfertigung) zertifiziert oder die Produkte (bei Einzelfertigung) überprüft hat

Kennzeichnung nach IECEx System auf Basis von ISO- oder IEC-Normen

International wird die Kennzeichnung der Ex-Geräte und Komponenten in IEC-Normen definiert. Die wesentlichen Punkte zur Kennzeichnung und Information sind in den Normen für die allgemeine technische Anforderung (IEC 60079-0 bzw. ISO 80079-36) und die Zündschutzarten (IEC 60079-Reihe bzw. ISO 80079-37) festgelegt.

Aus der Kennzeichnung soll erkennbar sein:

1. der Hersteller des Gerätes
2. die Typ-Bezeichnung, nach der das Gerät identifizierbar ist
3. die Zündschutzart/-arten, die das Betriebsmittel erfüllt
4. die Explosionsgruppe und Explosionsuntergruppe, für die das Betriebsmittel geeignet ist
5. die Temperaturklasse (G) oder die max. Oberflächentemperatur (D), der das Betriebsmittel genügt
6. das Geräteschutzniveau (EPL nach IEC 60079-0 Reihe) und der Anwendungsbereich Gase und Dämpfe (G), Stäube (D) oder Bergbau (M) gefolgt von einer Schutzstufe a, b oder c, die angibt, ob das Gerät in bestimmten Zonen eingesetzt werden darf
7. Die ggf. einzuhaltenden spezifischen Einsatzbedingungen, erkennbar an einem X hinter der Konformitätsbescheinigung
8. Die Konformitätsbescheinigung mit der IECEx-Zertifizierungsstelle, dem Ausstellungsjahr und der Registriernummer des Zertifikats bei der IECEx ExCB z. B. IECEx PTB 20.9999 X



Einsatzbereiche – Gerätegruppen – Geräteschutz-niveaus

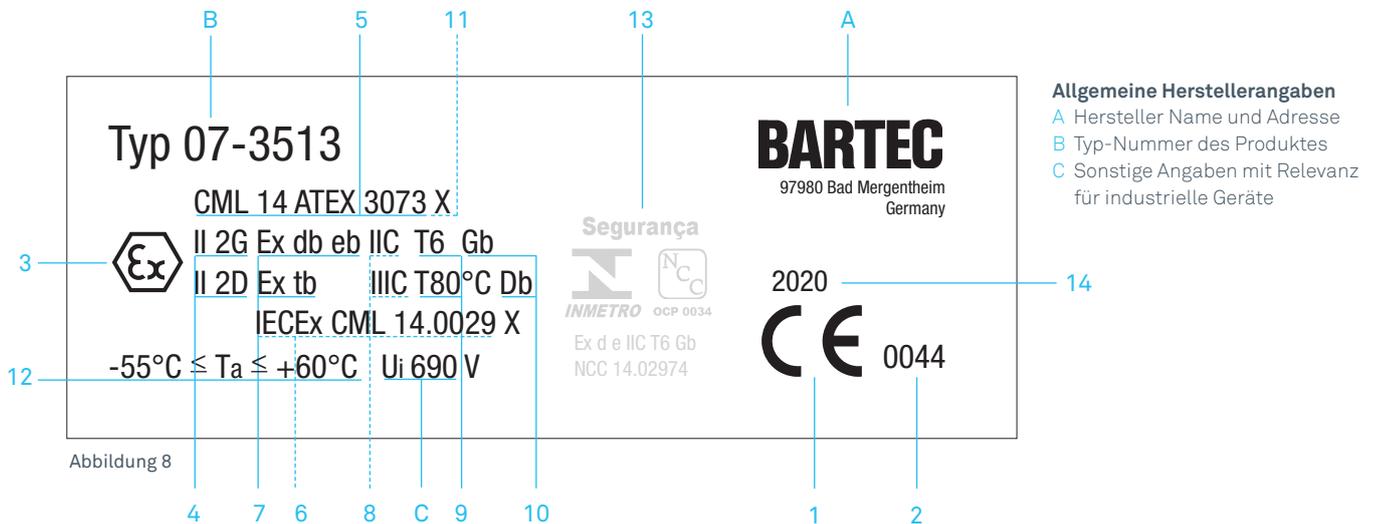
Die nachfolgende Tabelle beschreibt die Einsatzbereiche von Geräten und Komponenten nach ihrer Gerätegruppe und Gerätegruppe bzw. dem Geräteschutz-niveau.

Explosionsgefährdeter Bereich			Geräte			
Bedingungen und Einteilung			Erforderliche Kennzeichnung des Betriebsmittels			
Brennbare Stoffe	Temporäres Verhalten der explosionsfähigen Atmosphäre	Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche	Gerätegruppe im Sinne der RL 2014/34/EU	Gerätegruppe im Sinne der RL 2014/34/EU	Gerätegruppe im Sinne der EN IEC 60079-0 EN ISO 80079-36	Geräteschutz-niveau (EPL) im Sinne der EN IEC 60079-0 EN ISO 80079-36
Gase Dämpfe	ist ständig, langfristig oder häufig vorhanden	Zone 0	II	1G	II	Ga
	tritt im Normalbetrieb gelegentlich auf	Zone 1	II	2G oder 1G	II	Gb oder Ga
	tritt im Normalbetrieb normalerweise nicht auf oder aber nur kurzzeitig	Zone 2	II	3G oder 2G oder 1G	II	Gc oder Gb oder Ga
Stäube	ist in Form einer Wolke ständig, langfristig oder häufig vorhanden	Zone 20	II	1D	III	Da
	tritt im Normalbetrieb in Form einer Wolke auf	Zone 21	II	2D oder 1D	III	Db oder Da
	tritt im Normalbetrieb in Form einer Wolke normalerweise nicht auf oder aber nur kurzzeitig	Zone 22	II	3D oder 2D oder 1D	III	Dc oder Db oder Da
Methan Kohlestaub	Betrieb bei Explosionsgefahr	-	I	M1	I	Ma
	Abschaltung bei Explosionsgefahr	-	I	M2 oder M1	I	Mb oder Ma

Tabelle 7

Elektrisches Gerät – Gas/Dampf und Staub

Kennzeichnungsbeispiel gemäß Richtlinie 2014/34/EU nach Reihe EN 60079 und IECEx System nach Reihe IEC 60079



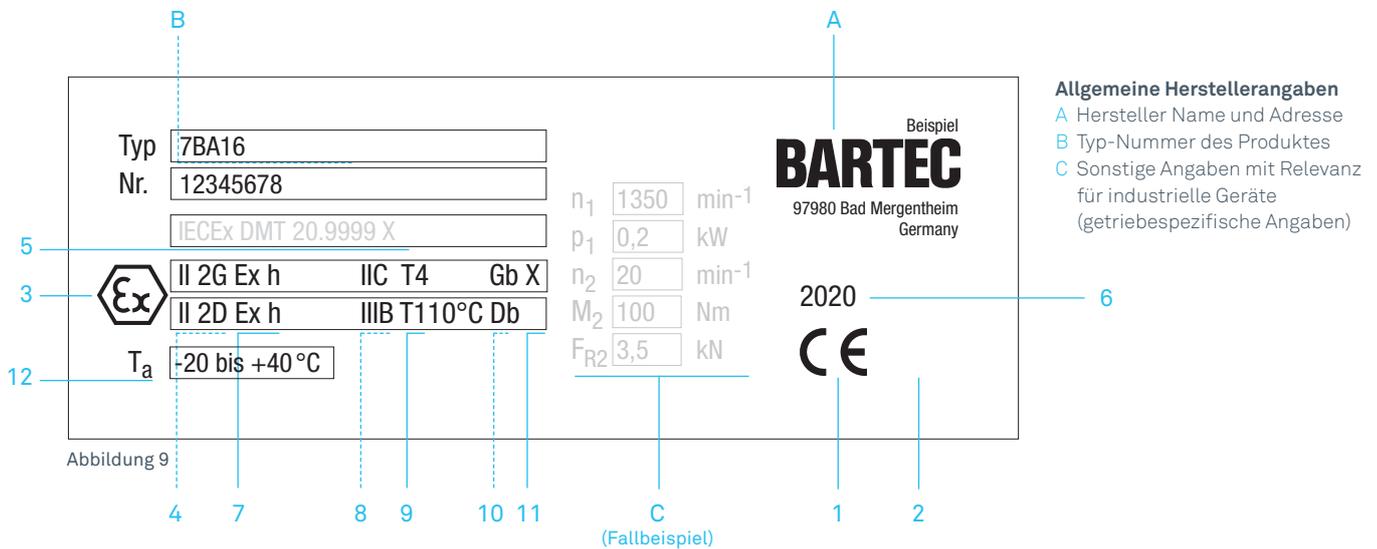
Allgemeine Herstellerangaben
 A Hersteller Name und Adresse
 B Typ-Nummer des Produktes
 C Sonstige Angaben mit Relevanz für industrielle Geräte

Ex spezifische Angaben (Kennzeichnung)

ATEX-Richtlinie und EN-Normen	IECEx-System und IEC-Normen
1 Konformitätszeichen (CE)	
2 Kennnummer der notifizierten Stelle, die - wo erforderlich - das QS System zertifiziert oder die Produkte überprüft hat (Kategorie 1 und 2)	
3 Ex-Zeichen	
4 Gerätegruppe II - übrige Bereiche (über Tage) Gerätekategorie 2 entweder Gase/Dämpfe G, geeignet für Zone 1 und 2 oder Stäube D, geeignet für Zone 21 und 22 (siehe Tabelle 7)	
5 EU-Baumusterprüfbescheinigung Name oder Symbol der Prüfstelle, Jahr und Registrierungsnummer der Prüfstelle	6 IECEx Certificate of Conformity (CoC) Name oder Symbol der Prüfstelle, Jahr und Registrierungsnummer der Prüfstelle
7 Explosionsschutz nach der Reihe EN 60079-0, Zündschutzart "druckfeste Kapselung" und "erhöhte Sicherheit" (Gas) - Kennzeichnung Ex d und Ex e, "Schutz durch Gehäuse" (Staub) - Kennzeichnung Ex t alle Zündschutzarten mit hohem Schutzniveau b	7 Explosionsschutz nach der Reihe EN 60079-0, Zündschutzart "druckfeste Kapselung" und "erhöhte Sicherheit" (Gas) - Kennzeichnung Ex d und Ex e, "Schutz durch Gehäuse" (Staub) - Kennzeichnung Ex t alle Zündschutzarten mit hohem Schutzniveau b
8 Explosionsgruppe IIC (am leichtesten entzündbare Gase), Explosionsgruppe IIIC (leitfähige Stäube)	
9 Temperaturklasse T6 (Gas), max. Oberflächentemperatur +80 °C (Staub)	
10 Geräteschutzniveau Gb (hohes Schutzniveau) (Gas), Geräteschutzniveau Db (hohes Schutzniveau) (Staub) (siehe Tabelle 7)	
11 1. "X" besondere Bedingungen beachten: z. B. Das Leuchtmodul ist so zu errichten, dass es vor einer Stoßenergie gemäß EN IEC 60079-0 mechanisch geschützt ist. 2. "U" Ex-Bauteil mit Teilbescheinigung alleine nicht einsatzfähig. CE-Konformität wird mit dem Einbau in ein komplettes Betriebsmittel bescheinigt. Komponenten haben keine Temperaturklasse.	
12 Umgebungstemperaturbereich	
13 Kennzeichnung nach INMETRO (Beispiel)	
14 Jahr der Herstellung	

Nicht-elektrisches Gerät – Gas/Dampf und Staub

Kennzeichnungsbeispiel gemäß Richtlinie 2014/34/EU nach EN ISO 80079-36 und IECEx System nach ISO 80079-36



Allgemeine Herstellerangaben
 A Hersteller Name und Adresse
 B Typ-Nummer des Produktes
 C Sonstige Angaben mit Relevanz für industrielle Geräte (getriebespezifische Angaben)

Ex spezifische Angaben (Kennzeichnung)

ATEX-Richtlinie und EN-Normen	IECEx-System und ISO-Normen
1 Konformitätszeichen (CE)	
2 Kennnummer der notifizierten Stelle, die - wo erforderlich - das QS System zertifiziert oder die Produkte überprüft hat (nur bei Kategorie 1)	
3 Ex-Zeichen	
4 Gerätegruppe II - übrige Bereiche (über Tage) Gerätekategorie 2 entweder Gase/Dämpfe G, geeignet für Zone 1 und 2 oder Stäube D, geeignet für Zone 21 und 22 (siehe Tabelle 7)	
5 EU-Baumusterprüfbescheinigung Name oder Symbol der Prüfstelle, Jahr und Registrierungsnummer der Prüfstelle (nur bei Kategorie 1 oder auf freiwilliger Basis für Kategorie 2)	5 IECEx Certificate of Conformity (CoC) Name oder Symbol der Prüfstelle, Jahr und Registrierungsnummer der Prüfstelle (in IECEx-Geschäftsordnung zwingend erforderlich für jede EPL)
6 Jahr der Herstellung	
7 Explosionsschutz nach EN ISO 80079-36, -37 Alle Zündschutzarten - Kennzeichnung Ex h	7 Explosionsschutz nach ISO 80079-36, -37 Alle Zündschutzarten - Kennzeichnung Ex h
8 Explosionsgruppe IIC (die meisten leicht entzündlichen Gase), Explosionsgruppe IIIB (nicht leitfähige Stäube)	
9 Temperaturklasse T4 (Gas), max. Oberflächentemperatur T110 °C (Staub)	
10 Geräteschutzniveau Gb (hohes Schutzniveau) (Gas), Geräteschutzniveau Db (hohes Schutzniveau) (Staub) (siehe Tabelle 7)	
11 1. "X" besondere Bedingungen beachten: z. B. das Getriebe ist nur in bestimmter Einbaulage einzubauen. 2. "U" Ex-Bauteil mit Teilbescheinigung alleine nicht einsatzfähig. CE-Konformität wird mit dem Einbau in ein komplettes Betriebsmittel bescheinigt. Komponenten haben keine Temperaturklasse.	
12 Umgebungstemperaturbereich	

Konformität

Wege zur Konformität und zur CE - Kennzeichnung nach RL 2014/34/EU

In der RL 2014/34/EU sind die Konformitätsbewertungsverfahren für "Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen" festgelegt.

Abhängig von der Gerätekategorien schreibt die Richtlinie vor, welchen Weg der Hersteller bis zur Anfertigung der EU-Konformitätserklärung einzuhalten hat. Nachfolgende Übersicht zeigt diese Wege für die unterschiedlichen Gerätekategorien.

Verfahren zur Konformitätsbewertung

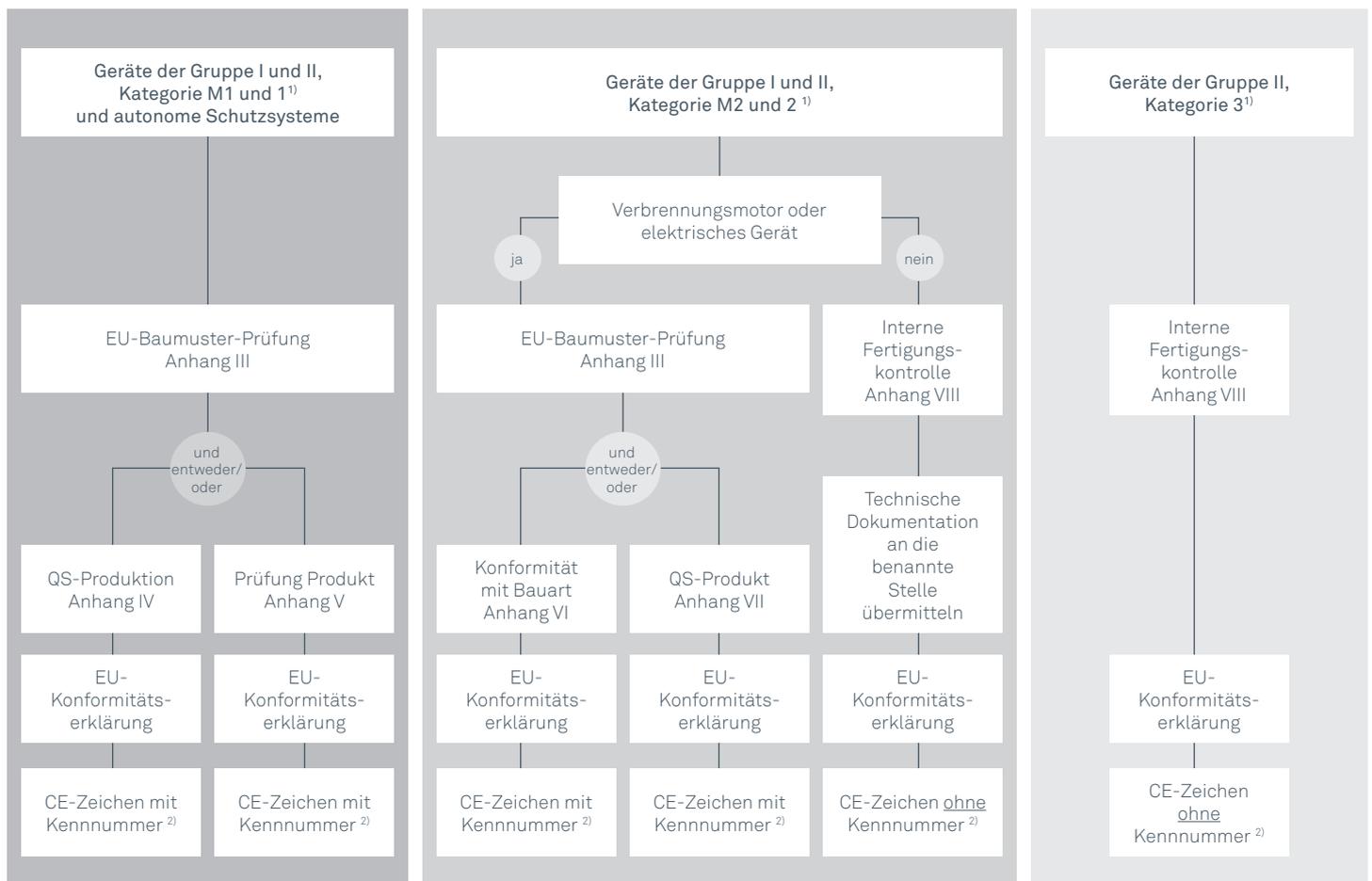


Abbildung 10

¹⁾ und deren Geräte und Komponenten, wenn gesondert bescheinigt.

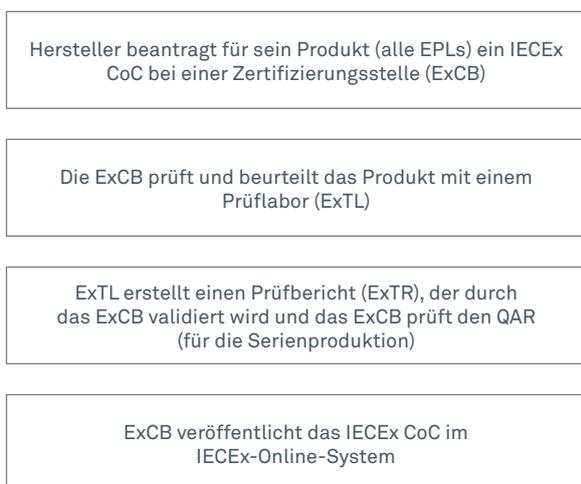
²⁾ Kennnummer der notifizierten Stelle, die das QS-System zertifiziert oder die Produkte überprüft hat.

Konformität nach dem IECEx-System

Das IECEx-System legt die Verfahren für die Prüfung und Zertifizierung von Geräten zum Einsatz in Ex-Bereichen fest. Es müssen alle Geräte von einem IECEx ExTL (Ex-Prüflabor) geprüft und von einer IECEx ExCB (Zertifizierungsstelle) zertifiziert

werden, unabhängig vom Geräteschutzniveau. Das Ergebnis der Prüfung ist ein IECEx-Konformitätsbescheinigung. Gleichzeitig muss der Hersteller sein Qualitätsmanagementsystem (bei Serienfertigung) durch eine IECEx-Zertifizierungsstelle prüfen und auditieren lassen. Alternativ besteht auch die Möglichkeit einer sogenannten Unit Verification.

IECEx-Konformitätszertifikat (IECEx CoC)



Anerkanntes Qualitätsmanagementsystem (QAR)

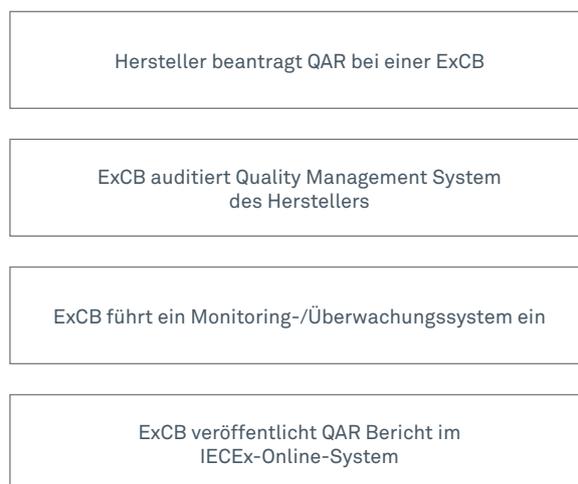


Abbildung 11

- ExCB** (Ex Certification Body)
unterliegt Auditierung, Anerkennung; stellt ExTR, QAR und CoC aus
- ExTL** (Ex Testing Laboratory)
unterliegt Auditierung, Anerkennung; prüft auf Übereinstimmung mit den IEC oder ISO-Normen
- ExTR** (IECEx Test Report)
Von ExTL auf Basis einheitlicher Formblätter erstellt, von ExCB freigegeben
- QAR** (IECEx Quality Assessment Report)
Nach Audit des QMS (Quality Management System) eines Herstellers von ExCB ausgestellt
- CoC** (IECEx Certificate of Conformity)
Bauart entspricht IEC-Normen (ExTR); Fertigung unter anerkanntem QMS (QAR) für Serienproduktion oder Einzelprüfbescheinigung für Einzelfertigung

ATEX- und IECEx-System im Vergleich

Zertifizierung	ATEX  Gesetzlich erforderlich in der EU		IECEx Freiwillig in der EU Unterschiedliche Akzeptanz weltweit
Prüfung und Konformität elektrischer Geräte	Geräteklasse 1 und 2 <ul style="list-style-type: none"> - anerkanntes QS-System - EU-Baumusterprüfbescheinigung - EU-Konformitätserklärung - CE-Kennzeichnung 	Geräteklasse 3 <ul style="list-style-type: none"> - Freiwillige Baumusterprüfbescheinigung - Interne Fertigungskontrolle - EU-Konformitätserklärung - CE-Kennzeichnung 	Geräteschutzniveau (EPL a, b, c) <ul style="list-style-type: none"> - Quality Assessment Report (QAR) - Test Report (ExTR) - Certificate of Conformity (CoC) - Kennzeichnung
Prüfung und Konformität nicht-elektrischer Geräte	Geräteklasse 1 <ul style="list-style-type: none"> - anerkanntes QS-System - EU-Baumusterprüfbescheinigung - EU-Konformitätserklärung - CE-Kennzeichnung 	Geräteklasse 2 ¹⁾ und 3 <ul style="list-style-type: none"> - Freiwillige Baumusterprüfbescheinigung - Interne Fertigungskontrolle - EU-Konformitätserklärung - CE-Kennzeichnung ¹⁾ Hinterlegung der technischen Dokumentation bei einer notifizierten Stelle 	Geräteschutzniveau (EPL a, b, c) <ul style="list-style-type: none"> - Quality Assessment Report (QAR) - Test Report (ExTR) - Certificate of Conformity (CoC) - Kennzeichnung
Zertifikate	Hersteller (oft online)		IECEx Online Datenbank
Reparaturwerkstätten	keine EU-zertifizierten Werkstätten (national geregelt)		Certified Service Facilities
Servicepersonal	keine EU-zertifizierten Personen (national geregelt)		Certified Competent Persons
Zoneneinteilung	keine EU-zertifizierten Stellen (national geregelt)		Certified Service Facilities (im Aufbau)
Anbieter von Schulungen	keine EU-angelernten Schulungsanbieter		Anerkannte Schulungsanbieter

Tabelle 8

Weitere Informationen zum Explosionsschutz

Rubrik Ex-Schutz-Informationen auf der Seite www.bartec.de/seminare

BARTEC

Max-Eyth-Str. 16
97980 Bad Mergentheim
Deutschland

Tel.: +49 7931 597 0
Fax: +49 7931 597 119
Mail: info@bartec.com

bartec.com