

 II 2011G Ex Ib IIC/ IIB T4
 PTB 11 (1) D IEX Ia DaI IIC
 Ex Ib IIC/ IIB T4
 IEX Ia DaI IIC
 IEX Ia DaI IIC

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.

INHALT

TECHNISCHE ENTWICKLUNG DES EXPLOSIONSSCHUTZES	2 - 3	ZÜNDSCHUTZARTEN	20 - 31
		Allgemeine Bestimmungen	20
		Zündschutzarten elektrischer Geräte	21
		Zündschutzarten nicht-elektrischer Geräte	22
EXPLOSIONSSCHUTZ	3 - 7	Erhöhte Sicherheit Ex eb	23
Explosion	3	Nichtfunkende Geräte Ex ec	23
Bedingungen für eine Explosion	3	Konstruktive Sicherheit c/Ex h	23
Die drei Faktoren	4 - 6	Eigensicherheit Ex ia, ib, ic	24
Brennbare Stoffe, Sauerstoff, Zündquellen		Zündquellenüberwachung b/Ex h	24
Explosionsbereich	6	Vergusskapselung Ex ma, mb, mc	25
Vermeidung von Explosionen	6	Nichtzündfähiges Teil Ex nC	25
Primärer Explosionsschutz	7	Gekapselte Einrichtung Ex nC	26
Sekundärer Explosionsschutz	7	Abgedichtete Einrichtung Ex nC	26
Tertiärer Explosionsschutz	7	Hermetisch dichte Geräte Ex nC	26
		Öl-,/Flüssigkeitskapselung Ex o, k/Ex h	27
SEKUNDÄRER EXPLOSIONSSCHUTZ	8 - 19	Überdruckkapselung Ex px, Ex py	28
Bedeutung und Nutzen der Zoneneinteilung in Arbeitsstätten	8 - 9	Vereinfachte Überdruckkapselung Ex pz	28
Explosionstechnische Kennzahlen	10	Schwadensicherheit Ex nR, fr	28
Zündtemperatur	10 - 11	Schutz durch Gehäuse Ex ta, tb, tc	29
Temperaturklassen der Gase und Dämpfe		Druckfeste Kapselung Ex da, db, dc	30
Zündtemperatur von Stäuben (Schicht und Wolke)		Umschlossene Schalteinrichtung Ex nC	30
Explosionsuntergruppen	12 - 13	Sandkapselung Ex q	31
Grenzspaltweite (MESG)		Sonderschutz Ex s	31
Mindestzündstromverhältnis (MIC)			
Leitfähigkeit der Stäube			
Schutzprinzipien	14		
Baubestimmungen und Verhinderung von wirksamen Zündquellen bei Geräten	15	KENNZEICHNUNG	32 - 35
Normen zum Explosionsschutz	16 - 19	Inhalt der Kennzeichnungen nach RL 2014/34/EU, IEC- und EN-Normen	32
		Einsatzbereiche - Gerätekategorien - Geräteschutzniveaus	33
		Kennzeichnungsbeispiele für elektrische und nicht-elektrische Geräte	34 - 35
		KONFORMITÄT	36 - 37
		ATEX-Konformität (CE)	36
		IECEx-Konformität	37
		ATEX- und IECEx-System im Vergleich	38

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 – konnten 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 können.



Abbildung 1

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 Leichtsinns. 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.

Brennbare Stoffe, z.B. Methan oder Steinkohlenstaub in Gruben sowie Benzin oder vielleicht zukünftig Wasserstoff beim Kraftfahrzeug können nicht immer ausgeschlossen werden. Schutz gewährleisten in diesem Fall Betriebsmittel, die zuverlässig explosionsgeschützt sind.

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 ist 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 ist ein weites Einsatzfeld 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 und versuchsweise praktiziert.

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 Welt, EN Europa und DIN EN Deutschland inhaltlich und in der Registriernummer (IEC 60079 ff) übereinstimmen. Gegenwärtig wird an der Vereinheitlichung intensiv gearbeitet. Die Umstellung bringt laufende Veränderungen, vereinfacht aber auch die zukünftige internationale Arbeit. Im Rahmen von ISO/IEC-Arbeitskreisen werden die Normen aus dem Explosionsschutz elektrischer Betriebsmittel auch für die nicht-elektrischen Geräte sinngemäß angepasst (ISO 80079-36, 37).

Mit dem IECEx-System werden elektrische Geräte und zukünftig auch 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 Ex-Richtlinie 2014/34/EU (früher 94/9/EG) 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 Ex-Richtlinie 2014/34/EU entsprechende, explosionsgeschützte Systeme, Geräte und Komponenten entwickelt, die dann bei einer notifizierten Stelle der EU nach einheitlichen, verbindlichen Verfahren der 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.

Eine einheitliche Einstufung explosionsgefährdeter Bereiche (Anlagen) ist Basis für die Auswahl und Zuordnung der Systeme und 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, Systeme, 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 Bauforderungen an Geräte zum Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen, während die Richtlinie 1999/92/EG Mindestforderungen 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.

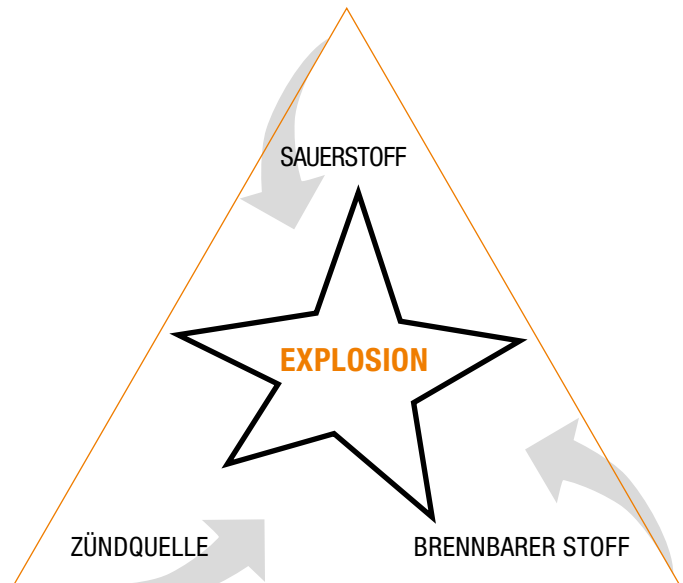


Abbildung 2

Bedingungen für eine Explosion

Damit Explosionen in atmosphärischer Luft stattfinden, müssen in der Regel drei Faktoren zusammenkommen:

- 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 Druckerhöhung verbunden sind, erfüllen somit Kriterien einer Explosion.

Es wird davon ausgegangen, dass allein ein Volumen von 10 l eines explosionsfähigen Gemisches innerhalb eines geschlossenen Arbeitsraumes bei der Zündung schädigende Wirkungen - insbesondere auf den Menschen - haben kann. Deshalb bezeichnet man einen Bereich, in dem sich ein solches Volumen eines explosionsfähigen Gemisches ansammeln kann, als gefährdeten Bereich.

Andere Komponenten, wie zum Beispiel Chlor in der Reaktion mit Wasserstoff, sind auch zu einer Bildung explosionsfähiger Gemische fähig und haben schon zu Explosionsereignissen geführt. Da diese Reaktionen aber in aller Regel in Gefäßen oder Reaktoren ablaufen, betreffen sie die Sicherheit dieser Anlagen und ihre Wirkungen auf das Umfeld und sind Gegenstand der Maschinen-Richtlinie der EG und der anzufertigenden Störfallanalyse.

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 übertroffen 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. Im Bereich dieses Gleichgewichtes, 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 „Explosionsfähige Atmosphäre - Explosionsschutz - Teil 1: Grundlagen und Methodik)

■ Heiße Oberflächen (5.3.2)

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

■ Innerhalb von Verbrennungskraftmaschinen oder in Analysengeräten sowie an deren Gasaustrittsstellen können **Flammen, heiße Gase und Partikel (5.3.3)** 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 (5.3.4)** 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 (5.3.5)** 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 Bahnen und andere geerdete Spannungsquellen z. B. für den kathodischen Schutz von Anlagenteilen, können **elektrische Ausgleichsströme (5.3.6)** in der Erde hervorrufen, die zwischen verschiedenen Erdungspunkten Spannungsdifferenzen zur Folge haben können. Deshalb sind gute leitfähige Verbindungen aller im 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.

■ Ganz unabhängig vom Vorhandensein einer elektrischen Spannungsquelle können elektrische Funken durch **statische Elektrizität (5.3.7)** 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 nichtelektrischen Geräten und Komponenten zu beachten. Sie ist nur an Trennvorgänge 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 (5.3.8)** 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.

■ Zu den Zündquellen, bei denen die Energie durch Wellen in die explosionsfähigen Gemische eingetragen wird, gehören:

Elektromagnetische Strahlung - Radiostrahlung (5.3.9),

Elektromagnetische Strahlung - IR-Strahlung, sichtbares Licht (5.3.10)

Ionisierende Strahlung - UV-Strahlung (5.3.11)

Ultraschall (5.3.12).

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

■ Schließlich können auch **adiabatische Kompression und Stoßwellen (5.3.13)** zur Zündquelle werden, welche in röhrenförmigen Gebilden auftreten, die mit Unterdruck betrieben werden.

Beispiele: zerbrechende lange Leuchtstofflampen in einer Wasserstoff-Luft-Atmosphäre

Explosionsbereich

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 Komponente 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 $\leq 20\%$ 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, können 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 Reibfunke des Zündsteines bringt das Gemisch zur Entzündung, ein schwaches Geräusch ist zu hören - es brennt. In einiger Entfernung von der Düse ist der Mengenanteil des Brenngases bereits so gering, dass sich die Explosion und die Flamme auf den unmittelbaren Bereich um die Düse beschränkt. 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 eine 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 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 Gerätezeichnung wieder.

Die Vorgehensweise bei der Anwendung der Schutzmaßnahmen des sekundären Explosionsschutzes werden im nächsten Kapitel detaillierter behandelt.

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, 5, 6 und 7 sind als Anregung zu sehen. Im konkreten Fall sind für die Zoneneinteilung viele Details und Einflussfaktoren zu berücksichtigen.

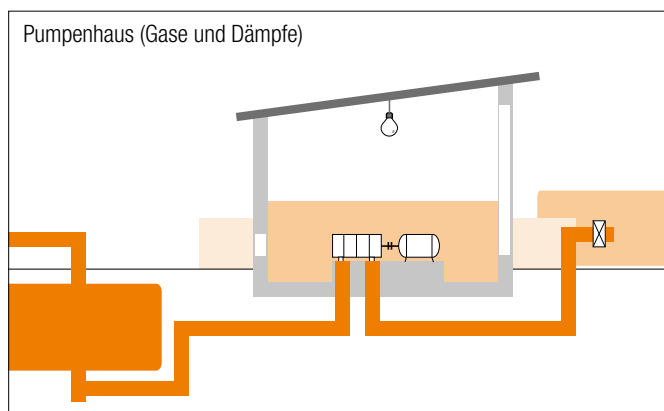


Abbildung 4

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.

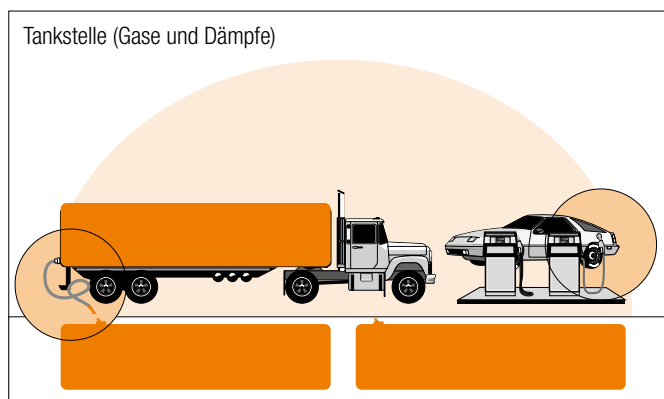


Abbildung 5

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.

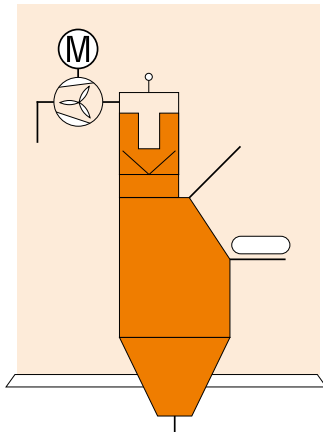
Zone 21

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.

Sackfüllstelle (Staub)



Quelle: Fa. AZO, Osterburken

Abbildung 6

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.

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 und 2 und/oder 21 und 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 EG-Richtlinien und EN-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:

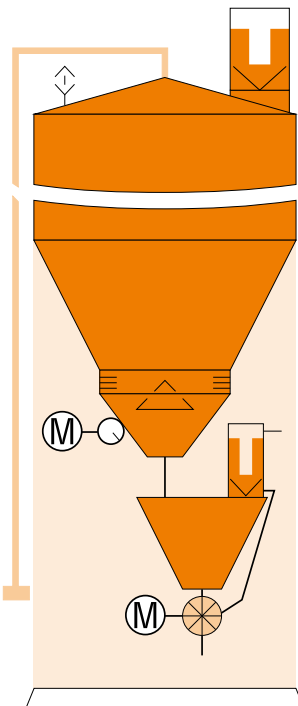
Explosionsfähige Atmosphäre, die bei Explosion zu Schaden führt und Maßnahmen zum Schutz der Arbeitnehmer vor Explosionsgefahren erforderlich machen.

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 sollten die Mitarbeiter in regelmäßigen Zeitabständen geschult und mit schriftlichen Betriebsanweisungen, die regelmäßig aktualisiert werden müssen, informiert werden.

Silo (Staub)



Quelle: Fa. AZO, Osterburken

Abbildung 7

Bildlegende

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

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. IEC, CENELEC und andere Normengremien haben sich für Gase und Dämpfe auf ein EN IEC 60079-20-1 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 3

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. 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 ($T_{zul, S} = T_{min, S} - 75 \text{ K}$) abgezogen wird und von der Zündtemperatur der Staubwolke $2/3$ ($T_{zul, W} = 2/3 T_{min, W}$) errechnet wird.

Der kleinere der beiden so ermittelten Werte stellt die zulässige Oberflächentemperatur der Betriebsmittel dar ($T_{zul, S} \geq T_{zul, W}$). Oberfläche ist die Fläche, die für den Staub zugänglich ist, Temperaturklassen sind bei Stäuben nicht definiert, so dass immer vom konkreten Staub ausgegangen werden muss. In umfangreichen Tabellenwerken stehen Kennzahlen zur Verfügung, Labors bestimmen die Werte auf Anfrage und eine kleine nichtoffizielle Übersicht enthält die Tabelle 1.

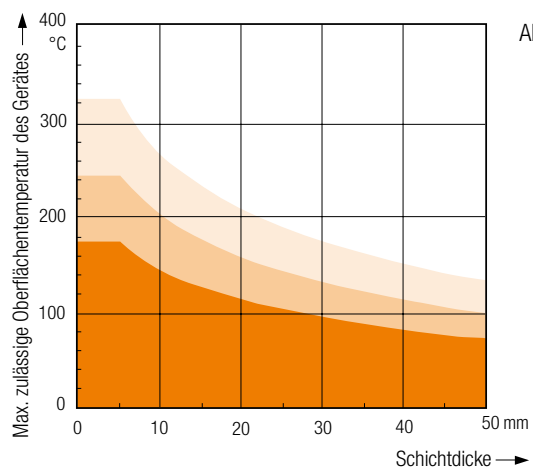


Abbildung 8

Glimmtemperatur bei 5 mm Schichtdicke

- 400 °C ≤ $T_{5 \text{ mm}}$
- 320 °C ≤ $T_{5 \text{ mm}} < 400$ °C
- 250 °C ≤ $T_{5 \text{ mm}} < 320$ °C

Staubschichten über 5 mm

Der sicherste Betriebszustand ist in einer Anlage generell ohne Staubschicht. Ist damit zu rechnen, dass auf Geräten Staubablagerungen von mehr als 5 mm Staubschichtdicke auftreten, muss die maximal zulässige Oberflächentemperatur entsprechend reduziert werden. Hilfestellung liefert das Diagramm aus der Installationsnorm (EN IEC 60079-14) (Abb. 8).

Demnach muss bei Stäuben, die eine Entzündungstemperatur (Glimmtemperatur bei 5 mm Schichtdicke) von mehr als 250 °C haben, die max. Oberflächentemperatur entsprechend der Kennlinien angepasst werden. Bei Stäuben, die eine Entzündungstemperatur (Glimmtemperatur bei 5 mm Schichtdicke) unterhalb von 250 °C haben oder wenn Zweifel an der Kennlinie bestehen, muss die Abhängigkeit durch Laborversuche ermittelt werden.

Beispiele für Zündtemperaturen von Stäuben

Bezeichnung des Feststoffes	Staubschicht Zündtemperatur EN ISO/IEC 80079-20-2 Schicht (°C)	Staubwolke Zündtemperatur EN ISO/IEC 80079-20-2 Wolke (°C)	Zulässige Grenztemperatur Kleinster Wert der Rechnung (A-75 K) und 2/3*B									
			450... > 300	300... > 280	280... > 260	260... > 230	230... > 215	215... > 200	200... > 180	180... > 165	165... > 160	160... > 135

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							
Kraffutter	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 1

Explosionsuntergruppen

Mindestzündstromverhältnis (MIC), Grenzspaltweite (MESG) - GASE/DÄMPFE

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 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.

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 IEC 60079-20-1 „Prüfverfahren zur Feststellung der experimentell ermittelten Grenzspaltweite“ ist eine Apparatur vereinbart, bei der ein kugelförmiges Gasvolumen von 20 cm³ 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 IEC 60079-20-1 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 Verhältnissen hinsichtlich elektrostatischer Entladungen kann auf die Mindestzündenergie von Gasen und Dämpfen aus der Zuordnung zu Untergruppe IIA, IIB oder IIC geschlossen werden:

- IIA** ca. 300 µWs
- IIB** ca. 150 µWs
- IIC** < 50 µWs

Leitfähigkeit der 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
- IIB** nicht leitfähiger brennbarer Staub,
spezifischer elektrischer Widerstand $> 10^3 \Omega$
- IIC** leitfähiger brennbarer Staub,
spezifischer elektrischer Widerstand $\leq 10^3 \Omega$

Die **Mindestzündenergie**, eine dem Mindestzündstrom vergleichbare Kennzahl, wird bei brennbaren Stäuben nach IEC 61241-2-3 bestimmt.

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

Gase und Dämpfe			Zuordnung der Gase und Dämpfe nach der Zündtemperatur	Temperaturklasse
Aceton Ammoniak Benzol - rein Essigsäure Ethan Ethylacetat Ethylchlorid Kohlenmonoxid Methan Methanol Methylenchlorid Naphthalin Phenol Propan Toluol	Stadt-(Leucht-) gas	Wasserstoff	> 450 °C	T1
Ethylalkohol i-Amylacetat n-Butan n-Butylalkohol Cyclohexan Essigsäureanhydrit	Ethylen, Ethylenoxid	Ethin (Acetylen)	> 300 °C bis ≤ 450 °C	T2
Benzin - allgemein Dieselkraftstoff Düsenkraftstoff Heizöl DIN 51603 n-Hexan	Ethylenglykol Schwefelwasserstoff		> 200 °C bis ≤ 300 °C	T3
Acetaldehyd	Ethylether		> 135 °C bis ≤ 200 °C	T4
			> 100 °C bis ≤ 135 °C	T5
		Schwefelkohlenstoff	> 85 °C bis ≤ 100 °C	T6

Zuordnung der Gase und Dämpfe nach:

Grenzspaltweite (MESG)

> 0,9 mm	0,5 mm < MESG < 0,9 mm	< 0,5 mm
----------	------------------------	----------

Mindestzündstromverhältnis (MIC)

> 0,8 mm	0,45 mm < MIC < 0,8 mm	< 0,45 mm
----------	------------------------	-----------

Explosionsuntergruppe

IIA	IIB	IIC
-----	-----	-----

Tabelle 2

Schutzprinzipien

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

Schutzprinzipien können gleichermaßen für elektrische und nichtelektrische Geräte sowie für Gase und Stäube angewendet werden. Die Prinzipien gestatten die Ausführung in verschiedenen Sicherheitskategorien nach Ex-Richtlinie 2014/34/EU oder Geräteschutzniveaus (EPL) nach EN IEC 60079-0 ff.

Geräteklasse 1	sehr hoher Schutzgrad und damit sehr hohes Maß an Sicherheit
Geräteklasse 2	hoher Schutzgrad und damit hohes Maß an Sicherheit
Geräteklasse 3	normaler Schutzgrad und damit erhöhtes Maß an Sicherheit
Geräteschutzniveau a	sehr hoher Schutzgrad und damit sehr hohes Maß an Sicherheit
Geräteschutzniveau b	hoher Schutzgrad und damit hohes Maß an Sicherheit
Geräteschutzniveau 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. Vier Schutzprinzipien können Betriebsmittel als Zündquelle ausschließen. 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

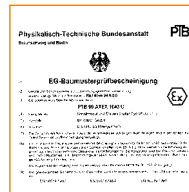
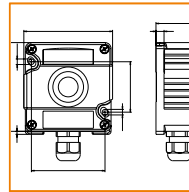
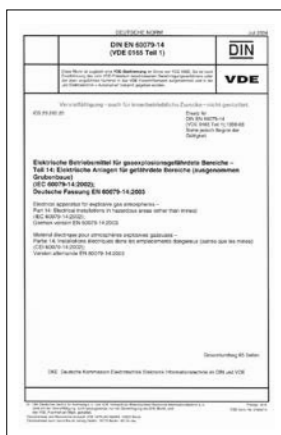
Zündquellenüberwachung (Ex h (alt b)) – nicht-elektrische Geräte

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 9001:2015

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

Abbildung 9

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. IEC	CEN/CENELEC	DIN
Explosionsschutz Grundlagen und Kennzahlen			
Grundlagen			
Explosionsfähige Atmosphären - Explosionsschutz - Teil 1: Grundlagen und Methodik	-	EN 1127-1	DIN EN 1127-1
Explosionsfähige Atmosphären - Explosionsschutz - Teil 2: Grundlagen und Methodik in Bergwerken	-	EN 1127-2	DIN EN 1127-2
Explosionsgefährdete Bereiche - Begriffe für Geräte und Schutzsysteme zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen	-	EN 13237	DIN EN 13237
Explosionsgefährdete Bereiche - Teil 32-2: Elektrostatische Gefährdungen – Prüfverfahren	IEC 60079-32-2	EN 60079-32-2	DIN EN 60079-32-2
Kennzahlen brennbarer Gase, Dämpfe und Stäube			
Verfahren zur Bestimmung des maximalen Explosionsdruckes und des maximalen zeitlichen Druckanstieges für Gase und Dämpfe		EN 13673-1	DIN EN 15967
Explosionsfähige Atmosphären - Teil 20-1: Stoffliche Eigenschaften zur Klassifizierung von Gasen und Dämpfen - Prüfmethode und Daten	IEC 60079-20-1	EN 60079-20-1	DIN EN 60079-20-1
Prüfung von Mineralölkohlenwasserstoffen - Bestimmung der Zündtemperatur	-	-	DIN 51794
Bestimmung der Zündtemperatur von Gasen und Dämpfen	-	EN 14522	DIN 14522
Explosionsfähige Atmosphären - Werkstoffeigenschaften - Prüfverfahren für brennbare Stäube	ISO/IEC 80079-20-2	EN ISO 80079-20-2	DIN EN ISO 80079-20-2
Elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in Bereichen mit brennbarem Staub - Teil 2: Untersuchungsverfahren; Hauptabschnitt 1: Verfahren zur Bestimmung der Mindestzündtemperatur von Staub	IEC 61241-2-1	-	-
Elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in Bereichen mit brennbarem Staub - Teil 2-1: Untersuchungsverfahren; Verfahren zur Bestimmung der Mindestzündtemperatur von Staub	-	EN 50281-2-1	DIN EN 50281-2-1
Elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in Bereichen mit brennbarem Staub - Teil 2: Untersuchungsverfahren; Hauptabschnitt 2: Verfahren zur Bestimmung des elektrischen Widerstandes von Staubschüttungen	IEC/TR 61241-2-2	EN 61241-2-2	DIN EN 61241-2-2
Elektrisches Betriebsmittel zur Verwendung in Bereichen mit brennbarem Staub - Teil 2: Untersuchungsverfahren; Hauptabschnitt 3: Verfahren zur Bestimmung der Mindestzündenergie von Staub/Luft-Gemischen	IEC 61241-2-3	-	-



Titel/Inhalt	Registrier-Nr. IEC	CEN/CENELEC	DIN
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 60079-0	DIN EN 60079-0
Nicht-elektrische Geräte für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen - Teil 1: Grundlagen und Anforderungen	-	EN 13463-1	DIN EN 13463-1
Explosionsfähige Atmosphären - Teil 36: Nicht-elektrische Geräte für den Einsatz in explosionsfähigen Atmosphären - Grundlagen und Anforderungen	EN ISO 80079-36	EN ISO 80079-36	DIN 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	DIN EN 60079-1
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 2: Geräteschutz durch Überdruckkapselung "p"	IEC 60079-2	EN 60079-2	DIN EN 60079-2
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 5: Geräteschutz durch Sandkapselung "q"	IEC 60079-5	EN 60079-5	DIN EN 60079-5
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 6: Geräteschutz durch Ölkapselung "o"	IEC 60079-6	EN 60079-6	DIN EN 60079-6
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 7: Geräteschutz durch erhöhte Sicherheit "e"	IEC 60079-7	EN 60079-7	DIN EN 60079-7
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 11: Geräteschutz durch Eigensicherheit "i"	IEC 60079-11	EN 60079-11	DIN EN 60079-11
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 13: Schutz von Einrichtungen durch einen überdruckgekapselten Raum "p"	IEC 60079-13	EN 60079-13	DIN EN 60079-13
Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche - Teil 15: Konstruktion, Prüfung und Kennzeichnung von elektrischen Betriebsmitteln der Zündschutzart "n"	IEC 60079-15	EN 60079-15	DIN EN 60079-15
Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche - Teil 16: Künstliche Belüftung zum Schutz von Analysegeräteräumen	IEC/TR 60079-16	-	-
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 18: Betriebsmittel mit der Schutzart Vergusskapselung "m"	IEC 60079-18	EN 60079-18	DIN EN 60079-18
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 25: Eigensichere Systeme	IEC 60079-25	EN 60079-25	DIN EN 60079-25
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 26: Betriebsmittel mit Geräteschutzniveau (EPL) Ga	IEC 60079-26	EN 60079-26	DIN EN 60079-26
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 27: Konzept für eigensichere Feldbussysteme (FISCO)	IEC 60079-27	EN 60079-27	DIN EN 60079-27
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 28: Schutz von Einrichtungen und Übertragungssystemen, die mit optischer Strahlung arbeiten	IEC 60079-28	EN 60079-28	DIN 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	DIN EN 60079-29-1
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 29-2: Gasmessgeräte - Auswahl, Installation, Einsatz und Wartung von Geräten für die Messung von brennbaren Gasen und Sauerstoff	IEC 60079-29-2	EN 60079-29-2	DIN EN 60079-29-2



Titel/Inhalt	Registrier-Nr. IEC	CEN/CENELEC	DIN
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 29-4: Gasmessgeräte - Geräte mit offener Messstrecke: Allgemeine Anforderungen und Prüfverfahren	IEC 60079-29-4	EN 60079-29-4	DIN EN 60079-29-4
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 30-1: Elektrische Widerstands-Begleitheizungen - Allgemeine Anforderungen und Prüfanforderungen	IEC 60079-30-1	EN 60079-30-1	DIN EN 60079-30-1
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 30-2: Elektrische Widerstands-Begleitheizungen - Anwendungsleitfaden für Entwurf, Installation und Instandhaltung	IEC 60079-30-2	EN 60079-30-2	DIN EN 60079-30-2
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 31: Geräte - Staubexplosionsschutz durch Gehäuse "t"	IEC 60079-31	EN 60079-31	DIN EN 60079-31
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 33: Geräteschutz durch Sonderschutz "s"	IEC 60079-33	-	-
Kopfleuchten für die Verwendung in schlagwettergefährdeten Grubenbauen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen - Konstruktion und Prüfung in Relation zum Explosionsrisiko	IEC 60079-35-1	EN 60079-35-1	DIN EN 60079-35-1
Kopfleuchten für die Verwendung in schlagwettergefährdeten Grubenbauen - Teil 2: Gebrauchstauglichkeit und Sicherheit	IEC 60079-35-2	DIN EN 60079-35-2	DIN EN 60079-35-2
Zündschutzarten explosionsgeschützter nicht-elektrischer Geräte - brennbare Gase, Dämpfe und Stäube			
Nicht-elektrische Geräte für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen - Teil 2: Schutz durch schwadenhemmende Kapselung 'fr'	-	EN 13463-2	DIN EN 13463-2
Nicht-elektrische Geräte für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen - Teil 3: Schutz durch druckfeste Kapselung 'd'	-	EN 13463-3	DIN EN 13463-3
Nicht-elektrische Geräte für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen - Teil 5: Schutz durch sichere Bauweise 'c'	-	EN 13463-5	DIN EN 13463-5
Nicht-elektrische Geräte für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen - Teil 6: Schutz durch Zündquellenüberwachung 'b'	-	EN 13463-6	DIN EN 13463-6
Nicht-elektrische Geräte für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen - Teil 8: Schutz durch Flüssigkeitskapselung 'k'	-	EN 13463-8	DIN EN 13463-8
Explosionsgefährdete Bereiche - Teil 37: Nicht-elektrische Geräte für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen - Schutz durch konstruktive Sicherheit "c", Zündquellenüberwachung "b", Flüssigkeitskapselung "k"	ISO/IEC 80079-37	EN ISO 80079-37	DIN 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	DIN EN ISO/IEC 80079-38

Titel/Inhalt	Registrier-Nr. IEC	CEN/CENELEC	DIN
Herstellung & Qualitätsmanagementsystem			
Explosionsgefährdete Bereiche - Teil 34: Anwendung von Qualitätsmanagementsystemen für die Herstellung von Geräten	ISO/IEC 80079-34	EN 80079-34	DIN EN 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	DIN EN 60079-10-1
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 10-2: Einteilung der Bereiche - Staubexplosionsgefährdete Bereiche	IEC 60079-10-2	EN 60079-10-2	DIN EN 60079-10-2
Installation, Instandhaltung und Reparatur elektrischer Anlagen			
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 14: Projektierung, Auswahl und Errichtung elektrischer Anlagen	IEC 60079-14	EN 60079-14	DIN EN 60079-14
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 17: Prüfung und Instandhaltung elektrischer Anlagen	IEC 60079-17	EN 60079-17	DIN EN 60079-17
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 19: Gerätereparatur, Überholung und Regenerierung	IEC 60079-19	EN 60079-19	DIN EN 60079-19

Tabelle 3

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 und nationalen Entsprechungen zugeordnet werden. Der Titel muss regional und national nicht immer mit dem „Welt“-Titel übereinstimmen.

Für elektrische Betriebsmittel werden die Baubestimmungen bei BARTEC konsequent umgesetzt. Deren Übereinstimmung wird - nach der Entwicklung bei BARTEC - von benannten 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.

Historisch wurden die Zündschutzarten basierend auf vier Schutzprinzipien mit einem hohen Sicherheitsniveau (heutigen EPL b) 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 2/22) 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.

Allgemeine Bestimmungen

Prinzip

Alle zu verallgemeinernden Forderungen an die Betriebsmittel werden in den Normen

- EN IEC 60079-0 für elektrische Geräte (Gase, Dämpfe und Stäube)
- EN IEC 13463-1ff für nicht-elektrische Geräte
- EN ISO 80079-36, -37 für nicht-elektrische Geräte (Neu)

zusammengefasst.

Die Zündschutzartnormen können Forderungen ergänzen oder aufheben.

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 für Gase und Dämpfe, Abweichungen für Stäube und nicht-elektrische Betriebsmittel sind in den einzelnen Basisnormen enthalten. Auch die Kategorie 1 bis 3 bzw. das Schutzniveau a bis c, der die Betriebsmittel genügen sollen, kann unterschiedliche allgemeine Forderungen beinhalten.

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

Die bei etwa $+20\text{ °C}$ im Labor ermittelten Kennzahlen für die Untergruppen IIA, IIB und IIC gelten für einen Temperaturbereich von $\pm 40\text{ K}$ - also von -20 °C bis $+60\text{ °C}$.

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.

Zündschutzarten elektrischer Geräte

Schutzprinzipien	Zündschutzarten	Brennbarer Stoff	Kategorie 1 EPL a sehr hohes Schutzniveau	Kategorie 2 EPL b hohes Schutzniveau	Kategorie 3 EPL c 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 Systeme	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 Ex n*
	Ölkapselung Ex o EN IEC 60079-6	Gase/Dämpfe (G)	–	Ex ob	Ex oc
	Überdruckkapselung Ex p EN IEC 60079-2(G) / -4(D)	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 Ex n*
	Sandkapselung Ex q EN IEC 60079-5	Gase/Dämpfe (G)	–	Ex q	–

* Anforderungen an explosionsgeschützte Geräte für die Zone 2/22 werden teilweise nur in der Norm EN IEC 60079-15 als Zündschutzart Ex n behandelt.

Einsatzbereiche

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

Tabelle 4

Zündschutzarten nicht-elektrischer Geräte

Schutzprinzipien	Zündschutzarten	Brennbarer Stoff	Kategorie 1 EPL a sehr hohes Schutzniveau	Kategorie 2 EPL b hohes Schutzniveau	Kategorie 3 EPL c erweitertes Schutzniveau
Alle	Allgemeine Anforderungen EN 13463-1 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 13463-5 EN ISO 80079-37 ¹⁾	Gase/Dämpfe (G) Stäube (D)	c Ex h	c Ex h	c Ex h
Schutzprinzip verhindert, dass eine Zündquelle wirksam werden kann.	Zündquellenüberwachung EN 13463-6 EN ISO 80079-37 ¹⁾	Gase/Dämpfe (G) Stäube (D)	b Ex h	b Ex h	b Ex h
Schutzprinzip verhindert, dass die Ex-Atmosphäre die Zündquelle erreicht.	Flüssigkeitskapselung EN 13463-8 EN ISO 80079-37 ¹⁾	Gase/Dämpfe (G) Stäube (D)	k Ex h	k Ex h	k Ex h
	Überdruckkapselung EN 13463-7 EN IEC 60079-2 ²⁾	Gase/Dämpfe (G) Stäube (D)	– –	p Ex pxb, pyb	– Ex pzc
	Schwadenhemmende Kapselung EN 13463-2	Gase/Dämpfe (G)	–	–	fr
	Schutz durch Gehäuse EN IEC 60079-31 ²⁾	Stäube (D)	Ex ta	Ex tb	Ex tc
Schutzprinzip verhindert die Flammenfortpflanzung durch ein Gehäuse. EN 13463-3 EN IEC 60079-1 ²⁾	Druckfeste Kapselung	Gase/Dämpfe (G)	– Ex da	d Ex db	– Ex dc

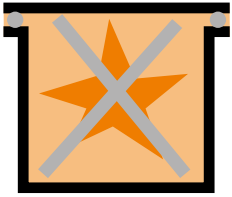
¹⁾ Die Normen EN ISO 80079-36 und -37 bilden ergänzend mit der Normenreihe EN IEC 60079-0 ff ein ganzheitliches, technisches Normenwerk für die Entwicklung, Prüfung und Zertifizierung explosionsgeschützter Geräte. Die EN ISO-Normen werden die Normenreihe EN 13463 -Teile 1, 5, 6 und 8 ersetzen.

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

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

Tabelle 5

Erhöhte Sicherheit Ex eb EN IEC 60079-7



Prinzip

Durch zusätzliche Maßnahmen wird ein höherer Grad an Sicherheit erreicht. Dieser gewährleistet, dass die Möglichkeit unzulässig hoher Temperaturen und das Entstehen von Funken oder Lichtbögen im Innern und an äußeren Teilen von elektrischen Betriebsmitteln, bei denen unzulässig hohe Temperaturen, Funken oder Lichtbögen im normalen Betrieb nicht auftreten, zuverlässig verhindert sind.

Wichtige konstruktive Parameter

- für nichtisolierte, 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

Anwendungen

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

Nichtfunkende Geräte Ex ec EN IEC 60079-7 (früher Ex nA nach EN IEC 60079-15)

Prinzip

Durch die Konstruktion und die Installation bedingt wird gewährleistet, dass die Möglichkeit unzulässig hoher Temperaturen und das Entstehen von Funken oder Lichtbögen im Innern und an äußeren Teilen von elektrischen Betriebsmitteln, bei denen unzulässig hohe Temperaturen, Funken oder Lichtbögen im normalen Betrieb nicht auftreten, zuverlässig verhindert sind.

Wichtige konstruktive Parameter

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

Anwendungen

- Installationsmaterialien wie Abzweig- und Verbindungskästen, Anschlussräume, drehende elektrische Maschinen spezielle Schmelzsicherungen, Leuchten, Zellen und Batterien, Transformatoren, Betriebsmittel mit geringer Energie

Konstruktive Sicherheit c EN 13463-3 / Ex h 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.

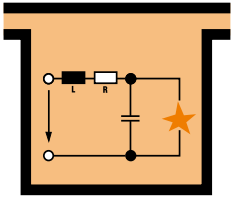
Wichtige konstruktive Parameter

- 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

Anwendungen

- Kupplung, Riementrieb, Rührwerk, Ventilator, Mühle

Eigensicherheit Ex ia, ib, ic EN IEC 60079-11 (Ex ic früher 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 verursachen kann. Die Prüfbedingungen umfassen den Normalbetrieb und bestimmte in der Norm festgelegte Fehlerbedingungen.

Wichtige konstruktive Parameter

- Auswahl bestimmter 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 μ Ws und die der Untergruppe IIC nur 10 μ Ws zur Zündung benötigen

Anwendungen

- Mess-, Überwachungs- und Informationsanlagen und -geräte
- Sensoren - auf physikalischem, chemischem oder mechanischem Prinzip und mit begrenzter Leistung auch
- Aktoren - auf optischem, akustischem und begrenzt auch auf mechanischem Prinzip

Zündquellenüberwachung b EN 13463-6 / Ex h 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.

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 von Zündschutzniveaus (ignition prevention level, IPL) festgelegt

Anwendungen

- Gleitlager, Pumpe, Rührwerk, Vakuumpumpen

Vergusskapselung Ex ma, mb, mc 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 der Bauteile mit einer gegen physikalische - insbesondere elektrische, thermische und mechanische - sowie chemische Einflüsse resistenten Vergussmasse.

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

Anwendungen

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

Nichtzündfähiges Teil Ex nC EN IEC 60079-15

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.

Wichtige konstruktive Parameter

- freies inneres Volumen $\leq 20 \text{ cm}^3$
- Dauergebrauchstemperatur der Vergussmasse $\geq 10 \text{ K}$ zur maximalen Betriebstemperatur
- Dichtheit der Anordnung der Teile
- Kontaktanordnung löscht eine entstehende Flamme
- begrenzt auf AC 254 V und 16 A
- L und C sind Bestandteil der Prüfung
- Explosionsuntergruppen IIA, IIB und IIC unterschiedlich

Anwendungen

- Kontaktsysteme

Gekapselte Einrichtung Ex nC EN IEC 60079-15

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.

Wichtige konstruktive Parameter

- Einrichtungen dürfen im Normalbetrieb nicht geöffnet werden können, inneres freies Volumen $\leq 100 \text{ cm}^3$
- äußere Anschlusssteile, Klemmen oder Leitungen müssen vorhanden sein
- gegossene Abdichtung - Dauergebrauchstemperatur der Vergussmasse $\geq 10 \text{ K}$ zur maximalen Betriebstemperatur
- elastische Abdichtungen dürfen unter normalen Betriebsbedingungen nicht mechanisch beschädigt werden können, sie müssen ihre Dichteigenschaften während der Lebensdauer der Einrichtung beibehalten

Anwendungen

- Kontaktssysteme, ruhende Spulen von Vorschaltgeräten, Magnetventilen oder Motoren sowie komplette Leiterplatten mit elektronischen Schaltungen

Abgedichtete Einrichtung Ex nC EN IEC 60079-15

Prinzip

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

Wichtige konstruktive Parameter

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

Anwendungen

- Kontaktssysteme, ruhende Spulen von Vorschaltgeräten, Magnetventilen oder Motoren sowie komplette Leiterplatten mit elektronischen Schaltungen

Hermetisch dichte Geräte Ex nC EN IEC 60079-15

Prinzip

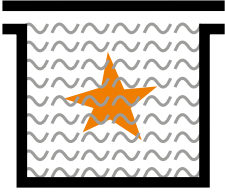
Die Einrichtung kann Hohlräume enthalten. Sie ist so konstruiert, dass eine äußere Atmosphäre nicht in das Innere eindringen kann.

Wichtige konstruktive Parameter

- Abdichtung erfolgt durch einen Schmelzprozess, z. B.:
 - Weichlöten
 - Hartlöten
 - Schweißen
 - Verschmelzen von Glas und Metall

Anwendungen

- funkengebende Betriebsmittel



Prinzip

Teile, an denen sich explosionsfähige Atmosphäre entzünden könnte, werden soweit 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.

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

Anwendungen

- große Transformatoren, Schaltgeräte, Anlasswiderstände und komplette Anlaufsteuerungen
- Getriebe

Überdruckkapselung Ex px, Ex py EN IEC 60079-2 (auch für nicht-elektrische Geräte anwendbar) / p EN 13463-7


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.

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
- Abschaltung oder Warnung bei Ausfall des Spülgasstromes oder Schutzgasüberdruckes

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.

Vereinfachte Überdruckkapselung Ex pz 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.

Wichtige konstruktive Parameter

- bedeutender Unterschied zur Überdruckkapselung ist die Einschränkung auf Gehäuse, in denen keine inneren Quellen vorhanden sind und keine Freisetzung von brennbaren Gasen oder Dämpfen erfolgt
- Festigkeit des Gehäuses
- Vorspülung vor Inbetriebnahme des elektrischen Betriebsmittels
- Abschaltung oder Warnung bei Ausfall des Spülgasstromes oder Schutzgasüberdruckes

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
- Analysengeräte ohne innere Quellen

Schwadensicherheit Ex nR EN IEC 60079-15 (auch für nicht-elektrische Geräte anwendbar) / fr EN 13463-2

Prinzip

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

Wichtige konstruktive Parameter

- die Verlustleistung im Inneren der Gehäuse, darf, wenn es funkengebende Teile enthält, nur zu Temperaturerhöhungen gegenüber der Umgebung von ≤ 10 K führen
- Vorrichtungen müssen bei diesen Gehäusen nach Installation und Wartung eine Überprüfung der Schwadensicherheit - Dichtheit - ermöglichen
- für alle Gehäuse mit und ohne funkengebende Teile gilt die äußere Oberflächentemperatur für die Zuordnung zur Temperaturklasse
- 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

Anwendungen

- Schalteinrichtungen, Mess-, Überwachungs- und Informationsanlagen und -geräte
- komplexe Maschinen, Großmaschinen

Schutz durch Gehäuse Ex ta, tb, tc 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.

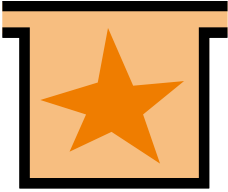
Wichtige konstruktive Parameter

- Mindestschutzgrade nach IEC/EN 60529 \geq IP 6X
- Berücksichtigung von Staubansammlungen auf der Oberfläche und Reduzierung der zulässigen Oberflächentemperatur bei möglichen Staubschichtdicken \geq 5 mm

Anwendungen

- verschiedene 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

Druckfeste Kapselung Ex da, db, dc EN IEC 60079-1 (auch für nicht-elektrische Geräte anwendbar) / d EN 13463-3



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.

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

Anwendungen

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

Umschlossene Schalteinrichtung Ex nC EN IEC 60079-15

Prinzip

Schalteinrichtung als Variante der Zündschutzart Ex n, mit Kontakten, die einen möglicherweise zündfähigen Stromkreis schließen und öffnen, bei der das Gehäuse einer inneren Explosion eines eventuell eingedrungenen Gemisches der Untergruppe IIA, IIB oder IIC standhält, ohne Schaden zu nehmen und ohne eine innere Explosion auf das entsprechende äußere umgebende Gemisch zu übertragen. Nachweis durch vorgegebene Prüfbedingungen.

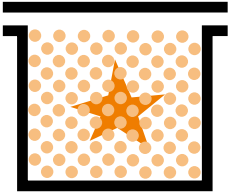
Wichtige konstruktive Parameter

- freies inneres Volumen $\leq 20 \text{ cm}^3$
- Dauergebrauchstemperatur der Vergussmasse $\geq 10 \text{ K}$ zur maximalen Betriebstemperatur
- begrenzt auf AC 690 V und 16 A

Anwendungen

- Kontaktssysteme

Sandkapselung Ex q EN IEC 60079-5

**Prinzip**

Durch die Füllung eines Gehäuses mit einem feinkörnigen Füllgut 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.

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

Anwendungen

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

Sonderschutz Ex s EN IEC 60079-33

Geräte, die nicht in vollem Umfang einer Zündschutzart entsprechen, aber vergleichbare Sicherheit gewährleisten

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 ff. elektrische Geräte oder EN 13463-1 ff., EN ISO 80079-36, -37 nicht-elektrische Geräte) festgelegt.

Die Gesamtkennzeichnung eines ATEX-Gerätes 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
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, die aussagen, ob das Gerät in bestimmten Zonen einsetzbar ist
6. die Zündschutzart/-arten, die das Betriebsmittel erfüllt
7. die Explosionsgruppe und Explosionsuntergruppe, für die das Betriebsmittel geeignet ist
8. die Temperaturklasse, der das Betriebsmittel genügt
9. das Geräteschutzniveau (EPL nach EN 60079-0 ff und EN ISO 80079-36) und der Einsatzbereich Gase, Dämpfe (G), oder Stäube (D), die aussagen, ob das Gerät in bestimmten Zonen einsetzbar ist
10. die besonderen Bedingungen, falls notwendig, die zu beachten sind (X)
11. die Prüfbescheinigung mit der Prüfstelle, dem Jahr der Ausstellung und die Registriernummer der Bescheinigung bei der Prüfstelle

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

CE 0044 **II 2G** - Gas/Dampf

CE 0044 **II 2D** - Staub

CE Konformitätszeichen

0044 Kennnummer, benannte Stelle, die - wo erforderlich - das QS-System zertifiziert oder die Produkte überprüft hat

Inhalt der Kennzeichnung nach IEC-Normen

International wird die Kennzeichnung der Ex-Geräte und Komponenten in IEC-Normen definiert. In den Normen für die allgemein technischen Forderung sowie die Zündschutzarten (IEC 60079-0 ff) sind die wesentlichen Kennzeichnungspunkte und Hinweise 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, der das Betriebsmittel genügt
6. das Geräteschutzniveau (EPL nach IEC 60079-0 ff) und der Einsatzbereich Gase, Dämpfe (G), oder Stäube (D), die aussagen, ob das Gerät in bestimmten Zonen einsetzbar ist
7. die besonderen Bedingungen, falls notwendig, die zu beachten sind (X)
8. die Prüfbescheinigung mit der Prüfstelle, dem Jahr der Ausstellung und die Registriernummer der Bescheinigung bei der Prüfstelle

Einsatzbereiche – Gerätekategorien – Geräteschutzniveaus

Die nachfolgende Tabelle beschreibt die Einsatzbereiche von Geräten und Komponenten nach ihrer Gerätegruppe und Gerätekategorie bzw. dem Geräteschutzniveau.

Explosionsgefährdeter Bereich

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	Gerätekategorie im Sinne der RL 2014/34/EU	Gerätegruppe im Sinne der EN IEC 60079-0 EN ISO 80079-36	Geräteschutzniveau (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	-	II	M1	I	Ma
	Abschaltung bei Explosionsgefahr	-	I	M2 oder M1	I	Mb oder Ma

Tabelle 6

Elektrisches Gerät – Gas/Dampf und Staub

Kennzeichnungsbeispiel nach RL 2014/34/EU, EN IEC 60079-0 ff

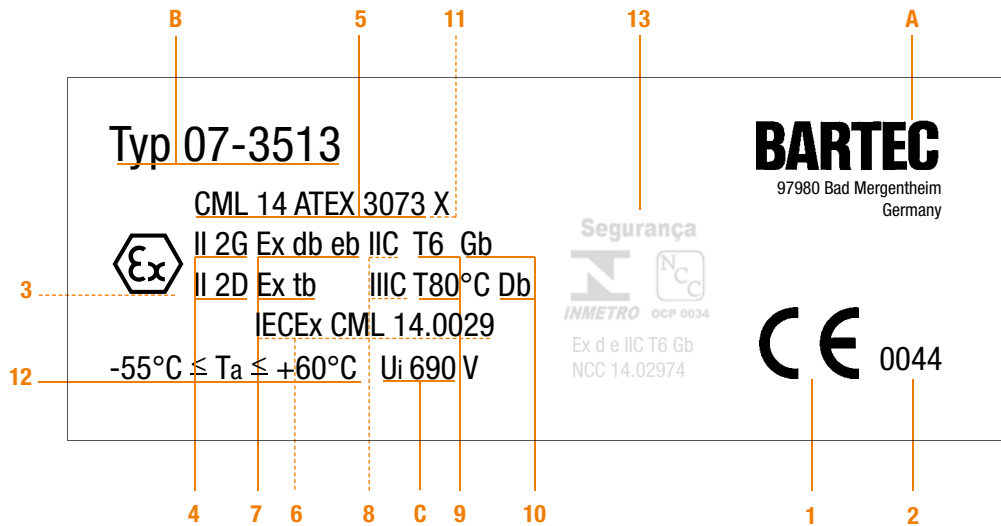


Abbildung 10

Ex spezifische Angaben (Kennzeichnung)

ATEX-Richtlinie und EN-Normen	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 - Gase/Dämpfe G, geeignet für Zone 1 und 2 - Stäube D, geeignet für Zone 21 und 22 (siehe Tabelle 6)	
5 EU-Baumusterprüfbescheinigung Symbol der Prüfstelle, Jahr, Registrierungsnummer der Prüfstelle	6 CoC Certificate of Conformity Symbol der Prüfstelle, Jahr, Registrierungsnummer der Prüfstelle
7 Explosionsschutz nach EN IEC 60079-0 ff Zündschutzart "druckfeste Kapselung" und "erhöhte Sicherheit" - Kennzeichnung Ex d und Ex e, "Schutz durch Gehäuse" - Kennzeichnung Ex t	7 Explosionsschutz nach IEC 60079-0 ff Zündschutzart "druckfeste Kapselung" und "erhöhte Sicherheit" - Kennzeichnung Ex d und Ex e, "Schutz durch Gehäuse" - Kennzeichnung Ex t
8 Explosionsgruppe IIC (über Tage, Untergruppe C), 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 6)	
11 1. "X" besondere Bedingungen beachten: z. B. Das Leuchtmodul ist so zu errichten, dass es vor einer Stoßenergie gemäß EN 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)	

Allgemeine Herstellerangaben

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

Nicht-elektrisches Gerät – Gas/Dampf und Staub

Kennzeichnungsbeispiel nach
RL 2014/34/EU, EN 13463-1ff/EN ISO 80079-36, -37

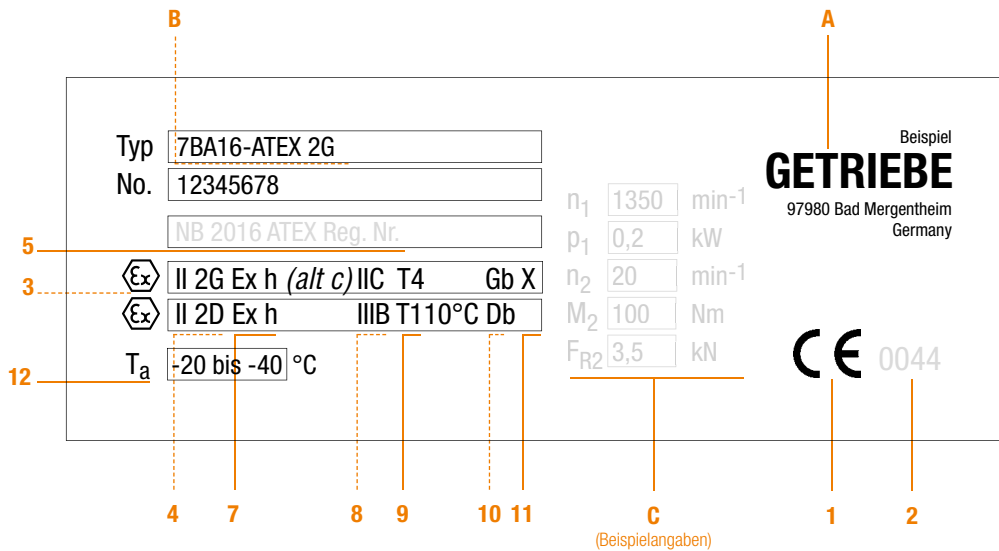


Abbildung 11

Ex spezifische Angaben (Kennzeichnung)

ATEX-Richtlinie und EN-Normen	ISO-Normen
<p>1 Konformitätszeichen (CE)</p> <p>2 Kennnummer der notifizierten Stelle, die - wo erforderlich - das QS System zertifiziert oder die Produkte überprüft hat (nur bei Kategorie 1)</p>	
<p>3 Ex-Zeichen</p>	
<p>4 Gerätegruppe II - übrige Bereiche (über Tage) Gerätekategorie 2 - Gase/Dämpfe G, geeignet für Zone 1 und 2 - Stäube D, geeignet für Zone 21 und 22 (siehe Tabelle 6)</p>	
<p>5 EU-Baumusterprüfbescheinigung Symbol der Prüfstelle, Jahr, Registrierungsnummer der Prüfstelle (nur bei Kategorie 1)</p>	
<p>7 Explosionsschutz nach EN ISO 80079-36, -37 Alle Zündschutzarten - Kennzeichnung Ex h <i>Explosionsschutz nach EN 13463-1 ff Zündschutzart "konstruktive Sicherheit" - Kennzeichnung c</i></p>	<p>7 Explosionsschutz nach ISO 80079-36, -37 Alle Zündschutzarten - Kennzeichnung Ex h</p>
<p>8 Explosionsgruppe IIC (über Tage, Untergruppe C), Explosionsgruppe IIIC (leitfähige Stäube)</p>	
<p>9 Temperaturklasse T6 (Gas), max. Oberflächentemperatur +80 °C (Staub)(siehe Tabelle 6)</p>	
<p>10 Geräteschutzniveau Gb (hohes Schutzniveau) (Gas), Geräteschutzniveau Db (hohes Schutzniveau) (Staub) (siehe Tabelle 6)</p>	
<p>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.</p>	
<p>12 Umgebungstemperaturbereich</p>	

Allgemeine Herstellerangaben

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

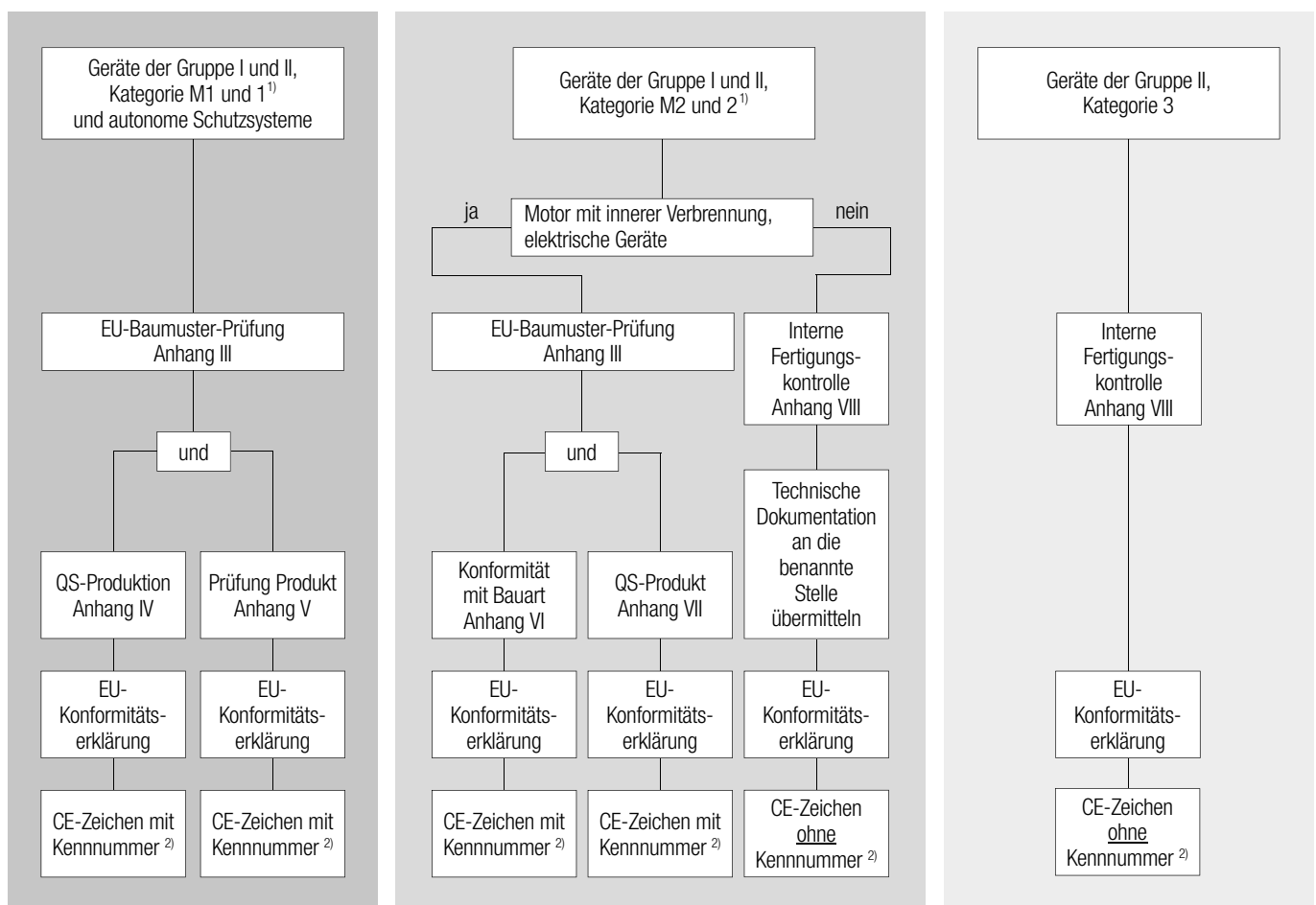
KONFORMITÄT

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 Gerätekategorie 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.

Konformitätsbewertungsverfahren



¹⁾ und deren Komponenten, wenn gesondert bescheinigt.

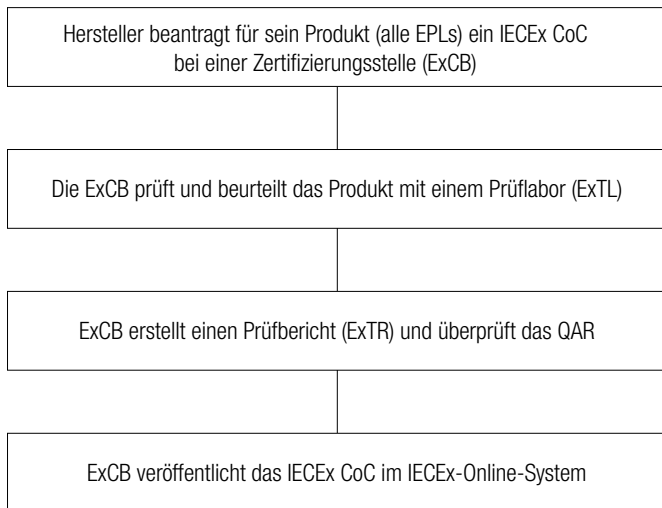
²⁾ Kennnummer der notifizierten Stelle, die das QS-System zertifiziert oder die Produkte überprüft hat.

Abbildung 12

IECEX-Konformität

Das IECEx-System legt die Verfahren für die Prüfung und Zertifizierung von elektrischen Geräten zum Einsatz in Ex-Bereichen fest. Es müssen alle Geräte von einer Zertifizierungsstelle geprüft werden, unabhängig vom Geräteschutzniveau. Das Ergebnis der Prüfung ist ein IECEx Certificate of Conformity. Gleichzeitig muss der Hersteller sein Qualitätsmanagementsystem durch eine Zertifizierungsstelle prüfen und auditieren lassen.

IECEX-Konformitätszertifikat (IECEX CoC)



Anerkanntes Qualitätsmanagementsystem (QAR)

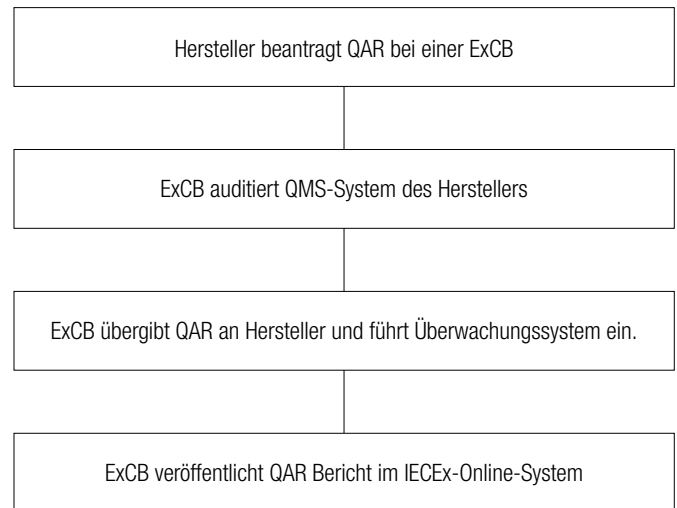


Abbildung 13

ExCB (Ex Certification Body)

unterliegt Auditierung, Anerkennung; stellt QAR und CoC aus

ExTL (Ex Testing Laboratory)

unterliegt Auditierung, Anerkennung; prüft auf Übereinstimmung mit den IEC-Normen

ExTR (IECEX Test Report)

Von ExTL auf Basis einheitlicher Formblätter erstellt, von ExCB freigegeben

QAR (IECEX Quality Assessment Report)

Nach Audit des QMS eines Herstellers von ExCB ausgestellt

CoC (IECEX Certificate of Conformity)

Bauart entspricht IEC-Normen (ExTR); Fertigung unter anerkanntem QMS (QAR)

ATEX- und IECEx-System im Vergleich

Zertifizierung	ATEX		IECEx
	Gesetzlich erforderlich in der EU		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"> ■ 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 2¹⁾ und 3 <ul style="list-style-type: none"> ■ Interne Fertigungskontrolle ■ EU-Konformitätserklärung ■ CE-Kennzeichnung <p>¹⁾ Hinterlegung der technischen Dokumentation bei einer notifizierten Stelle</p>	Geräteschutzniveau (EPL a, b, c) noch nicht endgültig geklärt, voraussichtlich wie bei elektrischen Geräten Basisnormen: ISO 80079-36 und -37
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)

Abbildung 14

Weitere Informationen zum Explosionsschutz

Rubrik **Ex-Schutz-Informationen** auf der Seite <http://www.bartec.de/safet-academy>

BARTEC

Ihr Partner für
Sicherheitstechnik.
Fordern Sie uns!

