

Grundlagen Explosionsschutz



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

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

BARTEC Broschüre
Grundlagen Explosionsschutz
16. überarbeitete Auflage - Ausgabe 2024

Verfasser:

Dr.-Ing. Hans-Jürgen Linström

Dipl.-Ing. Johannes Buhn

Dipl.-Ing. Karel Neleman

Dipl.-Ing. Dietmar Rook

Inhalt

Technische Entwicklung des Explosionsschutzes

4 - 6

Harmonisierung des Explosionsschutzes	6
---------------------------------------	---

Explosionsschutz

7 - 12

Explosion	7
Bedingungen für eine Explosion	7
Die drei Faktoren	8
Explosionsbereich (Grenzen)	11
Vermeidung von Explosionen	11
Primärer Explosionsschutz	12
Sekundärer Explosionsschutz	12
Tertiärer Explosionsschutz	12

Sekundärer

Explosionsschutz

13 - 24

Bedeutung und Nutzen der Zoneneinteilung in Arbeitsstätten	13
Explosionstechnische Kennzahlen	15
Zündtemperatur	15
Explosionsuntergruppen für Gase und Dämpfe	17
Schutzprinzipien/Zündschutzarten	19
Baubestimmungen und Verhinderung von wirksamen Zündquellen bei explosionsgeschützten Geräten	20
Normen zum Explosionsschutz	21

Zündschutzarten

25-35

Allgemeine Bestimmungen	25
Zündschutzarten elektrischer Geräte	26
Zündschutzarten nicht-elektrischer Geräte	27
Erhöhte Sicherheit	28
Konstruktive Sicherheit	28
Eigensicherheit	29
Überwachung von Zündquellen	29

Vergusskapselung	30
Nichtzündfähiges Teil	30
Gekapselte Einrichtung	30
Abgedichtete Einrichtung	30
Öl-/Flüssigkeitskapselung	31
Überdruckkapselung	32
Schwadensicherheit	33
Schutz durch Gehäuse	33
Druckfeste Kapselung	34
Sandkapselung	34
Sonderschutzart	35
Optische Strahlung	35
Elektrische Widerstands-Begleitheizung	35

Kennzeichnung

36-40

Inhalt der Kennzeichnungen nach RL 2014/34/EU und EN-Normen	36
Kennzeichnung nach IECEx System auf Basis von ISO- oder IEC-Normen	37
Einsatzbereiche - Gerätekategorien - Geräteschutzniveaus	38
Kennzeichnungsbeispiel - Elektrisches Gerät - Gas/Dampf und Staub	39
Kennzeichnungsbeispiel - Nicht-elektrisches Gerät - Gas/Dampf und Staub	40

Konformität

41 - 43

ATEX-Konformität (CE)	41
IECEx-Konformität	42
ATEX- und IECEx-System im Vergleich	43

Technische Entwicklung des Explosionsschutzes

Ungewollte Zündungen sind älter als der Mensch. Atmosphärische Entladungen – Gewitterblitze – lösten Brände aus, lange bevor der Mensch die Erde betrat. Als 1753 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 ein Gasgemisch aus Luft und Methan – sogenanntes Schlagwetter – konnte durch eine Zündquelle zur Explosion führen. 1815 stellte Sir Humphrey Davy die erste Gruben-Benzinsicherheitslampe, ein nicht-elektrisches Betriebsmittel, für den Bergbau vor. Er erkannte, dass die Zündtemperatur des Methan-Luft-Gemisches 595 °C beträgt und dieses Gas-Luft-Gemisch sich in engen Röhren mit weniger als 3,5 mm Durchmesser nicht mehr entzündet.

Ein Drahtnetz oder Sieb mit ausreichend feiner Maschenweite um die Flamme (Flammensperre) nutzen diesen Effekt aus. Die gute Wärmeleitung des Metalls senkt die Temperatur der inneren

Benzinlampe bis unterhalb der Zündtemperatur des Methan-Luftgemisches ab, was eine Entzündung einer explosionsfähigen Atmosphäre außerhalb der Lampe verhindert, jedoch den Austausch von Luftsauerstoff und Abgasen erlaubt. Als Nebeneffekt konnte der Bergmann anhand der Flammenfärbung der inneren Benzinlampe den Methangehalt des Schlagwetters abschätzen und wurde vor dem brennbaren Gas außen gewarnt.

Im 19. Jahrhundert hielt die Elektrotechnik ihren Einzug in Industrie und Haushalte. Unmittelbar danach entwickelten sich 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 - minimiert und somit Explosionen vermieden werden konnten.

Nach anfangs bitteren Erfahrungen im Bergbau konnten die Schlagwetterexplosionen sehr stark reduziert 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, weshalb die häufig gestellte Frage „ob der Aufwand gerechtfertigt sei“ mit einem klaren JA beantwortet werden muss.

Jedoch gibt es noch genügend Beispiele, die uns die verheerenden Auswirkungen von Explosionen für Menschen, Umwelt und Sachwerte vor Augen führen, wenn die bekannten Zusammenhänge vernachlässigt werden. Es gilt, die Explosion wirksam zu vermeiden.

Eine Möglichkeit ist der primäre Explosionsschutz, d. h. man bemüht sich, die Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre im Vorhinein durch geeignete Maßnahmen (z. B. durch Verwendung von nicht-brennbaren Stoffen, Maßnahmen zur ausreichenden Lüftung) zu vermeiden. Wenn brennbare Stoffe (z. B. Methan oder Steinkohlensstaub in Gruben sowie Benzin oder Wasserstoff



Abbildung 1

beim Kraftfahrzeug) nicht ausgeschlossen werden können, hilft der sekundäre Explosionsschutz, der die Vermeidung wirksamer Zündquellen in den Vordergrund stellt.

Schutz und Sicherheit gewährleisten in diesem Fall Betriebsmittel, die zuverlässig gemäß bekannter Zündschutzarten explosionsgeschützt sind. Heute geht die Ausführung explosionsgeschützter Geräte und Maschinen über das Gebiet der Elektrotechnik hinaus. Die nicht-elektrischen Betriebsmittel sind prüf- oder wenigstens beurteilungspflichtig. Jahrzehntelange Erfahrungen und das angesammelte Wissen der Hersteller elektrischer Betriebsmittel auf dem Gebiet des Explosionsschutzes sind nun für Hersteller nicht-elektrischer Betriebsmittel nützlich.

Es gibt vielfältige Anwendungsfälle, die explosionsgeschützte Betriebsmittel erfordern. In den über 100 Jahren elektrischer Explosionsschutz sind Prinzipien und Techniken entwickelt worden, die es ermöglichen, elektrische Sensoren und Messtechniken sogar dann einzusetzen, wenn die explosionsfähige Atmosphäre permanent vorhanden ist.

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



Harmonisierung des Explosionsschutzes

International werden die Standards 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 formuliert. Dies erfolgte weitgehend in Zusammenarbeit mit der Organisation CENELEC. CENELEC ist das Europäische Komitee für elektrotechnische Normung (französisch: Comité Européen de Normalisation Électrotechnique) mit Sitz in Brüssel.

Sichtbares Zeichen für die Harmonisierung ist, dass die relevanten Normen IEC/ISO (Global), EN (Europa) und DIN EN (Deutschland) inhaltlich in der 60079 Serie übereinstimmen. Im Rahmen von ISO/IEC-Arbeitskreisen wurden die Normen des Explosionsschutzes elektrischer Betriebsmittel auch für die nicht-elektrischen Geräte in der 80079 Serie angepasst.

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

Die Akzeptanz von Zertifikaten basiert 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 sowie versicherungsrechtlicher Regelungen. Oft sind Anpassungen (z. B. Neu-Bescheinigungen) an nationale Anforderungen notwendig. Im Rahmen von internationalen Projekten gilt es daher, die Spezifikation hinsichtlich der Explosionsschutzanforderungen mit den Anwendern detailliert abzuklären.

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

Mit diesen Standards kann der Hersteller bei der Konstruktion und Beurteilung des Explosionsschutzes davon ausgehen, dass er sichere, der ATEX-Richtlinie 2014/34/EU entsprechende,

explosionssgeschützte Systeme, Geräte und Komponenten entwickelt, die dann bei einer notifizierten Stelle der EU nach einheitlichen, verbindlichen Verfahren 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 explosionssgeschützten Betriebsmittel mit höchstem oder erhöhtem Sicherheitsniveau gewährleisten. Diese EU-Baumusterprüfbescheinigungen, oder auch vom Hersteller durchzuführende Beurteilungen für nicht-elektrische Betriebsmittel erhöhten Sicherheitsniveaus, sind Voraussetzung für eine Fertigung und das Inverkehrbringen von Systemen, Geräten und Komponenten mit höchstem und erhöhtem Sicherheitsniveau gekennzeichnet durch ATEX-Kategorie 1 und 2.

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

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

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

Explosionsschutz

Explosion

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

Bedingungen für eine Explosion

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

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

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

Die ersten beiden Faktoren - brennbarer Stoff und Luft - müssen in einem entsprechenden Mengenverhältnis vorhanden sein, damit diese eine explosionsfähige Atmosphäre bilden können.

Die verbindlichen Mindestanforderungen des Explosionsschutzes sind aus der Richtlinie 1999/92/EG an den Arbeitsschutz abgeleitet und betreffen die Arbeitsstätte. Beschreibungen zum Explosionsschutz beschränken sich deshalb auf Darstellungen von Reaktionen mit dem Sauerstoff der Luft. Oxidationsreaktionen, die meist mit Erwärmung und Druckanstieg verbunden sind, erfüllen somit die Kriterien einer Explosion.

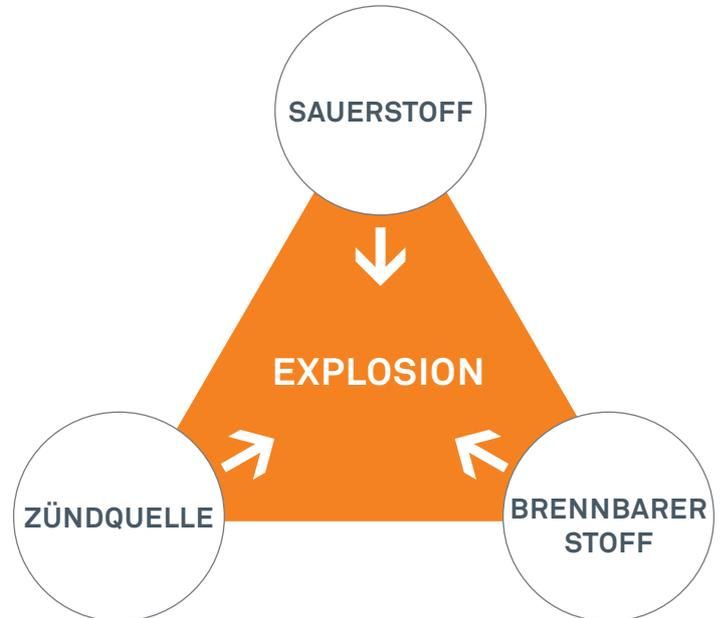


Abbildung 2

Die drei Faktoren

Brennbare Stoffe

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

Brennbare Gase

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

Brennbare Flüssigkeiten

Es wird von brennbaren Flüssigkeiten gesprochen, jedoch sind die Flüssigkeiten als solches nicht brennbar. Es sind häufig Kohlenwasserstoffverbindungen wie Ether bzw. Äther, Aceton oder Benzin. Sie können schon bei Raumtemperatur in solchen Mengen in die Dampfphase übertreten, dass sich an ihrer Flüssigkeitsoberfläche eine explosionsfähige Atmosphäre bildet. Andere Flüssigkeiten bilden erst bei höheren Temperaturen eine explosionsfähige Atmosphäre an ihrer Oberfläche. Bei atmosphärischen Bedingungen ist dieser Vorgang stark von der Flüssigkeitstemperatur abhängig.

Eine wichtige Kenngröße für brennbare Flüssigkeiten ist daher die Flammpunkt-Temperatur, d. h. der spezifische Flammpunkt einer brennbaren Flüssigkeit. 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. In der Sicherheitsbetrachtung werden Gase, Dämpfe und Nebel brennbarer Flüssigkeiten zusammengefasst.

Brennbare Feststoffe (Stäube)

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

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 z. B. Abwischen, Bürsten oder durch unsachgemäße Löscharbeiten aufgewirbelt werden, so kann eine Staubexplosion ausgelöst werden.

Auch ablaufende Gas- oder Dampf-Luft-Explosionen können den Staub aufwirbeln, wobei dann häufig die Gasexplosion in die Staubexplosion übergeht. In Steinkohlengruben haben Methangas-Schlagwetter-Explosionen häufig Kohlenstaubexplosionen zur Folge gehabt, die in ihrer Wirkung die Schlagwetterexplosion übertroffen haben. Die Vermeidung von zündfähigen Gemischen aus Gas sowie Staub und Luft ist damit umso wichtiger.

Sauerstoff

Die in der Luft vorhandene Menge Sauerstoff kann nur eine bestimmte Menge brennbaren Stoffs oxidieren, d. h. verbrennen. Theoretisch kann das Verhältnis des Brennstoff-Luft-Gemisches bestimmt werden, eine Kennzahl, die das Massenverhältnis von Luft zu Brennstoff für einen theoretisch vollständigen Verbrennungsprozess angibt.

Aus dieser Kennzahl lassen sich Rückschlüsse auf den Verbrennungsverlauf, Temperaturen, Schadstoffentstehung und den Wirkungsgrad ziehen. Bei einem Gleichgewicht zwischen der Menge des Brennstoffes und des vorhandenen Luftsauerstoffes sind die Wirkungen der Explosion, die Temperatur- und Druckerhöhung am heftigsten. Ist der Anteil an Brennstoff zu gering, so kann sich die Verbrennung nur mühsam fortpflanzen oder sie kommt zum Erliegen. Ähnlich sind die Verhältnisse, wenn der Anteil an Brennstoff für den in der Luft verfügbaren Sauerstoff zu hoch ist.

Die brennbaren Stoffe haben einen stoffspezifischen Explosionsbereich und auch Zündinitial, die Zündenergie. 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 ist eine Vielzahl von Zündquellen möglich.

Die Grundnorm DIN EN 1127-1:2019-10 „Explosionsfähige Atmosphäre - Explosionsschutz - Teil 1: Grundlagen und Methodik gibt einen Überblick, in Deutschland TRGS 723 Kap. 4 und 5:

Heiße Oberflächen

Heiße Oberflächen 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, z. B. bei Überlastungen oder schwergängigen Lagern, steigt die Verlustleistung und damit zwangsläufig die Temperatur. Technische Einrichtungen müssen immer dahingehend beurteilt werden, ob sie stabilisierend sind, d. h. überhaupt nur eine Endtemperatur annehmen können oder ob

unzulässige Temperaturerhöhungen möglich sind, die durch geeignete Maßnahmen ausgeschlossen werden müssen.

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

Flammen, heiße Gase und Partikel

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

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

Mechanisch erzeugte Funken

Mechanisch erzeugte Funken treten beispielsweise bei Schleif- und Trenngeräten auf, die betriebsmäßig Funken erzeugen und sich im explosionsgefährdeten Bereich verbieten.

Genauso können Brüche an rotierenden Teilen oder aneinander schleifend bewegende Teile mit ungenügender Schmierung im Störfall Funken verursachen. Besondere Forderungen an die eingesetzten Werkstoffe dienen dazu, das Risiko derartiger Zündquellen zu verringern.

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

Elektrische Anlagen

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

Beispiele: Schaltfunken, Funken an Kollektoren oder Schleifringen

Elektrische Ausgleichsströme, kathodischer Korrosionsschutz

Elektrische Bahnen und andere geerdete Spannungsquellen z. B. für den kathodischen Schutz von Anlagenteilen, können elektrische Ausgleichsströme in der Erde hervorrufen, die zwischen verschiedenen Erdungspunkten Spannungsdifferenzen zur Folge haben können. Deshalb sind gute leitfähige Verbindungen aller im Ex-Bereich vorhandenen leitfähigen Anlagenteile herzustellen, die Spannungsdifferenzen zwischen Anlagenteilen auf ungefährliche Werte zu 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 herzustellen, unabhängig davon, ob mit diesen Strömen gerechnet werden muss, ob die Quellen bekannt sind oder nicht.

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

Statische Elektrizität - Entladungen

Ganz unabhängig vom Vorhandensein einer elektrischen Spannungsquelle können elektrische Funken durch statische Elektrizität auftreten. Die gespeicherte Energie kann sich in Form von Funken entladen und so als Zündquelle wirken. Da die Entstehung dieser Zündquelle unabhängig von elektrischen Spannungsquellen auftreten kann, ist sie auch bei allen nicht-elektrischen Geräten und Komponenten zu beachten. Die statische Aufladung ist besonders groß bei Trennvorgängen, wie im Trennschlitz zwischen Keilriemen und Riemenscheibe.

Reibvorgänge im Normalbetrieb können schon als Ursache für elektrostatische Aufladungen angesehen werden. Beispielsweise können tragbare Geräte - funktionsbedingt - nicht geerdet oder in den Potenzialausgleich einbezogen werden. Durch das Tragen nicht ESD (engl. Electrostatic discharge) gerechter Kleidung kann es zu Aufladungen 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

Die Folgen eines Blitzschlags können zu der Entzündung einer explosionsfähigen Atmosphäre führen. Eine Zündmöglichkeit besteht durch starke Erwärmung der Ableitwege (elektrische Bahnen) eines Blitzes. Starke Ströme, die sich von Blitzeinschlagstellen ausbreiten, können in der Umgebung der Einschlagstelle Funken hervorrufen.

Elektromagnetische Strahlung – Frequenzen von $9 \cdot 10^3$ Hz bis $3 \cdot 10^{11}$ Hz

Elektromagnetische Wellen oder auch elektromagnetische Strahlung genannt, sind Wellen aus gekoppelten elektrischen und magnetischen Feldern.

Beispiele: Radiowellen, Mikrowellen

Elektromagnetische Strahlung – Frequenzen von $3 \cdot 10^{11}$ Hz bis $3 \cdot 10^{15}$ Hz

In diesem Wellenlängenbereich auftretende Strahlung.

Beispiele: sichtbares Licht, UV-Licht, Sonnenlicht, IR-Wärmestrahlung

Ionisierende Strahlung

Ionisierende Strahlung ist eine Bezeichnung für jede Teilchen- oder elektromagnetische Strahlung mit der Eigenschaft, Elektronen aus Atomen oder Molekülen zu entfernen. Damit bleiben positiv geladene Ionen oder Molekülreste zurück. Infolge von Energieabsorption kann eine explosionsgefährdete Atmosphäre entzündet werden.

Beispiele: Röntgen- und Gammastrahlen

Ultraschall

Ultraschall in explosionsfähigen Atmosphären von Stäuben und von Dämpfen brennbarer Flüssigkeiten kann zündwirksam werden, Ultraschallfelder können im Bereich hoher Schalldrücke bzw. Intensitäten durch Erwärmung von absorbierenden Festkörpern mittelbar zu zündwirksamen heißen Oberflächen führen. Durch Einhaltung von Grenzwerten sowie Parameter ist Ultraschall in explosionsfähigen Atmosphären nicht zündwirksam. Somit dürfen Systeme, Geräte und Komponenten, die die Strahlung nutzen, im Ex-Bereich nur errichtet und betrieben werden, wenn diese Grenzwerte dauerhaft und sicher begrenzt sind.

Beispiele: Ultraschallreinigung, Füllstands- und Abstandsmessung, Messgeräte (Sonar), Fernbedienungen

Adiabatische Kompression und Stoßwellen

Auch adiabatische Kompression und Stoßwellen können zur Zündquelle werden.

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

Chemische Reaktionen

Exotherme Reaktionen können als Zündquelle wirken. Viele chemische Reaktionen laufen exotherm ab. Während der Reaktion kann eine hohe Temperatur entstehen. Diese hängt vom Volumen/Oberflächen-Verhältnis, von der Umgebungstemperatur und Verweilzeit ab und kann zur Entzündung einer explosionsfähigen Atmosphäre führen.

Explosionsbereich (Grenzen)

In Verbrennungsmotoren wirken drei Faktoren sinnvoll zusammen: Benzin, Luft/Sauerstoff und Zündfunke. Sie führen im geschlossenen Zylinder zu einer Explosion. Dabei muss das Mengenverhältnis zwischen Benzin und Luft stimmen. Ist der Benzintank leer, der Luftfilter verstopft oder die Zündung fällt aus, so fehlt jeweils eine Voraussetzung für die Auslösung dieser gesteuerten, nutzbringenden Explosion und der Motor läuft nicht. Die brennbaren Stoffe haben in Mischung mit Luft eine untere (UEG) und eine obere (OEG) Explosionsgrenze, zwischen diesen Grenzen befindet sich der Explosionsbereich. Vom Sicherheitsaspekt der Arbeitsstätte betrachtet, ist die untere Explosionsgrenze (UEG) der bedeutendere Wert. Eine mögliche Konzentration von nachweisbar ständig oder dauerhaft $\leq 10\text{-}20\%$ dieses Wertes wird vielfach als sicher angesehen.

Vermeidung von Explosionen

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

brennbarer Gase oder die Einschränkung der Belüftung, kann in Verbindung mit Zündquellen zu Explosionen führen. Am einfachsten und sichersten lässt sich eine kleine ungefährliche Explosion an einem Gasfeuerzeug nachvollziehen. Die Düse des Feuerzeuges lässt beim Öffnen nur eine geringe Menge brennbaren Gases ausströmen. Dieses Gas mischt sich in der Umgebung der Düse mit Luft, der Reibfunken des Zündsteines bringt das Gemisch zur Entzündung, 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 beschränken. Die konstruktiven Bedingungen des Gasfeuerzeuges gewährleisten, dass es handhabungssicher ist. Die Explosionswirkung ist in abgeschlossenen Räumen und unter nicht-atmosphärischen Bedingungen - z. B. bei erhöhtem Druck - häufig stärker. Denkt man nur an die nutzbare Anwendung der Explosionen in den Kraftfahrzeugmotoren.

Wirksamer vorbeugender Explosionsschutz für nicht gesteuerte, nicht gewollte und deshalb oft mit verheerenden Folgen verbundenen Explosionen kann das sichere Ausschließen einer der drei Faktoren sein. Explosionsgeschützte Geräte verhindern das Zusammentreffen von Zündquellen oder das Entstehen von solchen beim Einsatz in explosionsgefährlicher Atmosphäre. Sie verhindern Explosionen wirksam. Die Faktoren Sauerstoff der Luft und vielfach der brennbare Stoff können in Arbeitsstätten häufig nicht mit Sicherheit und dauernd ausgeschlossen werden.



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:

- Vermeidung oder Einschränkung des Einsatzes von brennbaren Stoffen, die eine explosionsfähige Atmosphäre bilden können
- Verhinderung oder Einschränkung des Austritts von brennbaren Stoffen und damit der Bildung explosionsfähiger Gemische

z. B. durch:

- dichte Bauweise
- 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 Arbeitenden und der Umwelt vor Explosionsgefahren erforderlich macht, trotz Maßnahmen des primären Explosionsschutzes möglich, muss die Zündung dieser gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre wirksam verhindert werden. Alle oben aufgeführten 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. Die Zonen werden nach Häufigkeit und Dauer des Auftretens von explosionsfähiger Atmosphäre in gefahrdrohender Menge sowie nach den örtlichen Umgebungsbedingungen unterteilt. Weiterhin notwendig ist die Kenntnis der explosionstechnischen Kennzahlen brennbarer Stoffe, d.h. Temperaturklassen, Zündtemperaturen der Stäube, Explosionsuntergruppen etc. sowie die örtlichen Umgebungsbedingungen.

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

Tertiärer Explosionsschutz

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

- explosionsfeste Bauweise: Behälter, Apparate, Rohrleitungen werden druckstoßfest gebaut, um einer Explosion im Inneren standzuhalten
- Explosionsdruckentlastung: Berstscheiben oder Explosionsklappen werden eingesetzt, um beim Entstehen einer Explosion in eine ungefährliche Richtung zu öffnen und zu bewirken, dass die Anlage nicht über ihre Explosionsfestigkeit hinaus beansprucht wird
- Explosionsunterdrückung und Verhinderung 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 minimieren.

Bedeutung und Nutzen der Zoneneinteilung in Arbeitsstätten

Es hat sich bewährt, explosionsgefährdete Bereiche in Zonen einzuteilen. Die Zonen werden nach Häufigkeit und Dauer des Auftretens von explosionsfähiger Atmosphäre sowie nach den örtlichen Umgebungsbedingungen unterteilt. Diese Zoneneinteilung 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.

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

Bildlegende

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

Pumpenhaus (Gase und Dämpfe)

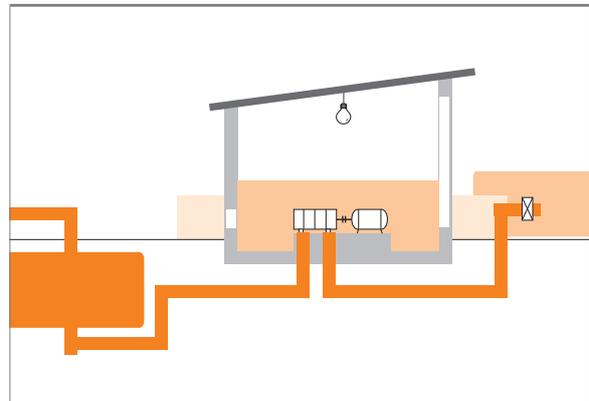


Abbildung 4

Silo (Staub)

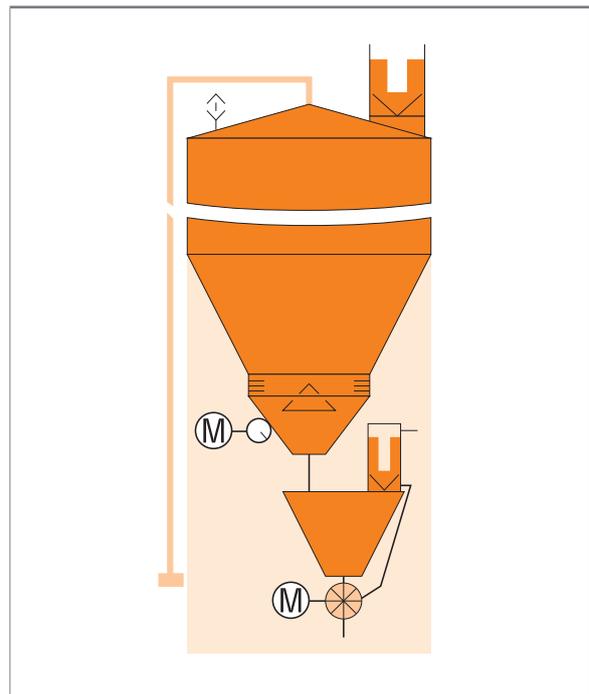


Abbildung 5 (Quelle: Fa. AZO, Osterburken)

Zoneneinteilung der explosionsgefährdete Bereiche

Gase, Dämpfe oder Nebel

Zone 0

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

Zone 1

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

Zone 2

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

Staub

Zone 20

Bereich, in dem explosionsfähige Atmosphäre aus Luft und brennbarem Staub ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.

Zone 21

Bereich, in dem sich bei Normalbetrieb gelegentlich eine explosionsfähige Atmosphäre aus Luft und brennbarem Staub bilden kann.

Zone 22

Bereich, in dem bei Normalbetrieb eine explosionsfähige Atmosphäre aus Luft und brennbarem Staub normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt.

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

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

Hinweis:

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

Anmerkungen:

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

Organisatorische Maßnahmen

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

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

Explosionstechnische Kennzahlen

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

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

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

Zündtemperatur

Temperaturklassen der Gase und Dämpfe

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

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

Tabelle 1

Zündtemperatur von Stäuben (Schicht und Wolke)

Für Stäube ist das Bestimmungsverfahren der Zündtemperatur vereinheitlicht und in dem Dokument EN ISO/IEC 80079-20-2 festgeschrieben. Zu beachten ist, dass der Staub in abgelagerter Form - als Staubschicht - und in aufgewirbelter Form - als Staubwolke - unterschiedliche Zündtemperaturen aufweist (lese: schwelend). Die zulässige Oberflächentemperatur der für den Staub zugänglichen Teile der Systeme, Geräte und Komponenten ergibt sich wie folgt:

Temperaturbegrenzung bei Staubschichten:

$T_{5\text{ mm}}$: Mindestzündtemperatur der Staubschicht von 5 mm Dicke

$$T_{\text{max}} \leq T_{5\text{ mm}} - 75\text{ K}$$

Temperaturbegrenzung bei Staubwolken:

T_{CL} : Mindestzündtemperatur der Staubwolke

$$T_{\text{max}} \leq 2/3 * T_{\text{CL}}$$

Die Angabe und Berechnung erfolgen weltweit in Grad Celsius [°C]. Die maximale zulässige Oberflächentemperatur des Gerätes ergibt sich aus dem niedrigsten Wert der beiden T_{max} Werte.

Für Stäube sind keine Temperaturklassen definiert, es muss also immer eine konkrete Staubart betrachtet werden. Die Parameter werden in umfangreichen Tabellen zur Verfügung gestellt, Laboratorien ermitteln die Werte auf Anfrage, eine kleine, nicht amtliche Übersicht enthält die folgende Tabelle 2. Die thermisch isolierende Wirkung der Staubschicht ist entsprechend Abb. 6 zu berücksichtigen. 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.

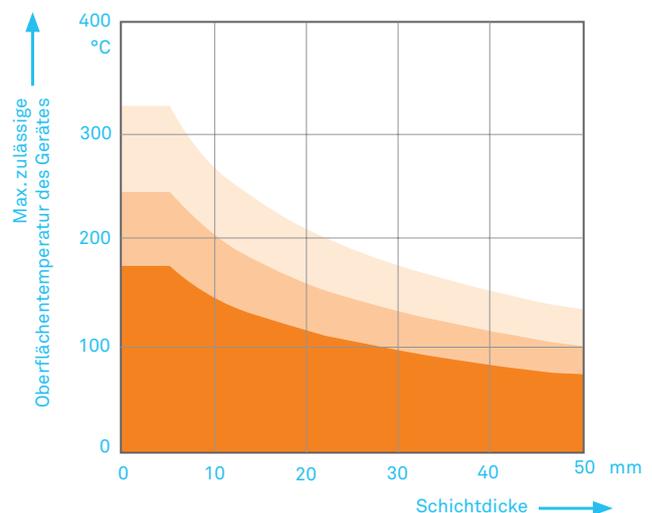


Abbildung 6

Beispiele für Zündtemperaturen von Stäuben

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

Stäube von Naturprodukten (Beispiele)

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

Stäube von chemisch-technischen Produkten (Beispiele)

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

Metallstäube (Beispiele)

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

Tabelle 2

Explosionsuntergruppen für Gase/Dämpfe

Mindestzündstromverhältnis MIC, Grenzspaltweite MESG, Mindestzündenergie MZE

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 kleinen „mikroskopischen“ Teil des Volumens aus. Die Entladung eines Kondensators (Staub) oder die Unterbrechung eines vereinbarten ohmschen/induktiven Stromkreises (Gas und Dämpfe) wird zur Einteilung der brennbaren Stoffe nach ihrer Entzündbarkeit im mikroskopischen Teil des Gemischvolumens genutzt.

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

Eine vergleichbare Einteilung ergibt sich, wenn die Zündfähigkeit eines aus einem Spalt austretenden heißen Gasstrahls zur Klassifizierung genutzt wird. Das ist das verbindliche Verfahren zur Einteilung der Untergruppen IIA, IIB und IIC. In EN ISO/IEC 80079-20-1 „Prüfverfahren zur Feststellung der experimentell ermittelten Grenzspaltweite“ MESG (engl. Maximum Experimental Safe Gap) 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, der Spalt, 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 Einteilung der Gase und Dämpfe nach der Grenzspaltweite in IIA, IIB und IIC ist verbindlich und ergibt angenähert - mit geringen Überschneidungen - die gleiche Zuordnung, wie sie nach dem Mindestzündstrom erfolgt.

EN ISO/IEC 80079-20-1 liefert eine Übersicht über die Zuordnung zu den beiden Bestimmungsverfahren MIC und MESG.

Der Wert der Grenzspaltweite ist von erheblicher Bedeutung für Konstruktionen der Zündschutzart „Druckfeste Kapselung“; der Wert des Mindestzündstrom-Verhältnisses für solche der Zündschutzart „Eigensicherheit“. Die Aussagen für Gase und Dämpfe lassen sich annähernd auch auf Nebel übertragen.

Für die Beurteilung der Bedingungen für die Eigensicherheit werden nicht nur die Werte des Mindestzündstrom-Verhältnisses verwendet. Da es auch um Spannungen geht, wird auch die Mindestzündenergie MZE [in Joule] von Gasen und Dämpfen verwendet, wobei eine allgemein akzeptierte, aber indikative Tabelle für die Gruppen IIA, IIB oder IIC zur Verfügung steht:

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

Explosionsuntergruppen für brennbare Stäube

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

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

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

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

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

Zuordnung der Gase und Dämpfe nach:

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

Tabelle 3

Schutzprinzipien/ Zündschutzarten

Um zu verhindern, dass Geräte und Komponenten zu Zündquellen werden, sind vier Schutzprinzipien definiert. Aus diesen Schutzprinzipien lassen sich die Zündschutzarten ableiten bzw. zuordnen.

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

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

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

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

Schutzprinzip verhindert die Flammenfortpflanzung durch ein Gehäuse

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

Schutzprinzip verhindert, dass die Ex-Atmosphäre die Zündquelle erreicht

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 und nicht-elektrische Geräte
- Flüssigkeitskapselung (Ex o) - elektrische Geräte
- Flüssigkeitskapselung (Ex h Zündschutzart k) - nicht-elektrische Geräte
- Vergusskapselung (Ex m) - elektrische Geräte

Schutzprinzip stellt sicher, dass eine Zündquelle nicht auftreten kann

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 Zündschutzart c) - nicht-elektrische Geräte

Schutzprinzip verhindert, dass eine Zündquelle wirksam werden kann

Explosionsfähige Gemische können in das Gehäuse des Betriebsmittels eindringen, dürfen aber nicht gezündet werden. Funken und erhöhte Temperaturen dürfen nur begrenzt auftreten.

Zündschutzarten Beispiele:

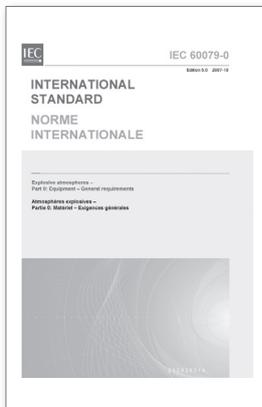
- Eigensicherheit (Ex i) - elektrische Geräte
- Zündquellenüberwachung (Ex h Zündschutzart b) - nicht-elektrische Geräte

Baubestimmungen und Verhinderung von wirksamen Zündquellen bei explosionsgeschützten Geräten

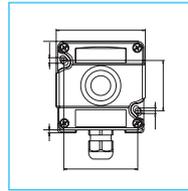
Gefahren, die beim Umgang mit brennbaren Gasen, Dämpfen und Stäuben auftreten, beruhen auf einheitlichen chemischen und physikalischen Abläufen. Deshalb kann die Abwehr dieser Gefahren ebenso einheitlich erfolgen.

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

Deren Einhaltung wird von den Herstellern und Betreibern gefordert und je nach Schutzanforderungen auch von anerkannten Prüfstellen und Behörden überwacht.



Produktidee



Konstruktion nach den Baubestimmungen DIN 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 DIN EN ISO/IEC 90079-34



Herstellen - Stückprüfen



Auswahl und Installation nach den Errichterbestimmungen DIN EN IEC 60079-14



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



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

Normen zum Explosionsschutz

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

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

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

Titel/Inhalt	Registrier-Nr.	
	ISO/IEC	CEN/CENELEC
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 29-4: Gasmessgeräte - Geräte mit offener Messstrecke: Allgemeine Anforderungen und Prüfverfahren	IEC 60079-29-4	EN 60079-29-4
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 30-1: Elektrische Widerstands-Begleitheizungen - Allgemeine Anforderungen und Prüfanforderungen	IEC/IEEE 60079-30-1	EN 60079-30-1
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 31: Geräte - Staubexplosionsschutz durch Gehäuse "t"	IEC 60079-31	EN 60079-31
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 33: Geräteschutz durch Sonderschutz "s"	IEC 60079-33	CLC/TR 60079-33
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 35-1: Kopfleuchten für die Verwendung in schlagwettergefährdeten Grubenbauen - Allgemeine Anforderungen - Konstruktion und Prüfung in Relation zum Explosionsrisiko	IEC 60079-35-1	EN 60079-35-1
Explosionsfähige Atmosphäre - Teil 35-2: Kopfleuchten für die Verwendung in schlagwettergefährdeten Grubenbauen - Gebrauchstauglichkeit und Sicherheit	IEC 60079-35-2	EN 60079-35-2
Zündschutzarten explosionsgeschützter nicht-elektrischer Geräte - brennbare Gase, Dämpfe und Stäube		
Explosionsgefährdete Bereiche - Teil 37: Nicht-elektrische Geräte für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen - Schutz durch konstruktive Sicherheit "c", Zündquellenüberwachung "b", Flüssigkeitskapselung "k"	ISO 80079-37	EN ISO 80079-37
Explosionsfähige Atmosphären - Teil 38: Geräte und Komponenten in explosionsfähigen Atmosphären in untertägigen Bergwerken	ISO/IEC 80079-38	EN ISO/IEC 80079-38
Technische Spezifikationen und Entwicklungen		
Explosionsfähige Atmosphären - Teil 39: Eigensichere Systeme mit elektronisch gesteuerter Funkendauerbegrenzung	IEC TS 60079-39	CLC IEC/TS 60079-39
Explosionsfähige Atmosphären - Teil 40: Anforderungen an die Prozessabdichtung zwischen brennbaren Prozessflüssigkeiten und elektrischem System	IEC TS 60079-40	
Explosionsfähige Atmosphären - Teil 42: Elektrische Sicherheitseinrichtungen zur Beherrschung von potenziellen Zündquellen für Ex-Geräte	IEC TS 60079-42	
Explosionsfähige Atmosphären - Teil 43: Geräte unter ungünstigen Betriebsbedingungen	IEC TS 60079-43	
Explosionsfähige Atmosphären - Teil 44: Spezifikation für persönliche Kompetenz	IEC TS 60079-44	
Explosionsfähige Atmosphären - Teil 45: Elektrische Zündsysteme für Verbrennungsmotoren	IEC TS 60079-45	
Explosionsfähige Atmosphären - Teil 46: Gerätebaugruppen	IEC TS 60079-46	
Explosionsfähige Atmosphären - Teil 47: Geräteschutz durch 2-Wire Intrinsically Safe Ethernet Konzept (2-WISE)	IEC TS 60079-47	
Herstellung & Qualitätsmanagementsystem		
Explosionsgefährdete Bereiche - Teil 34: Anwendung von Qualitätsmanagementsystemen für die Herstellung von Geräten	ISO/IEC 80079-34	EN ISO/IEC 80079-34

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

Tabelle 4

Hinweis zum Umgang mit der Tabelle

Die Tabelle soll eine Informationsübersicht zu den Normen des Explosionsschutzes geben. Für die konkrete Arbeit mit den Normen und die Beschaffung derselben beim Verlag für Normengremien nach dem aktuellen Stand fragen.

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

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

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

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

Zündschutzarten

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

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

Allgemeine Bestimmungen

Prinzip

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

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

Alle spezifischen Anforderungen der jeweiligen Zündschutzart sind in der Norm der jeweiligen Zündschutzart zu finden.

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

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

nachgeschaltete Normen höhere Forderungen enthalten oder auch geringere.

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

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

Die sicherheitstechnischen Kennziffern wie MESH und MIC-Verhältnis für die Untergruppen IIA, IIB und IIC werden bei ca. +20 °C im Labor ermittelt und gelten für einen Temperaturbereich von ± 40 K - also von -20 °C bis +60 °C, der in der Richtlinie 2014/34/EU als atmosphärischer Temperaturbereich definiert ist.

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

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

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

Zündschutzarten elektrischer Geräte

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

Tabelle 5

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

Einsatz im Ex-Bereich, abhängig von G oder D

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

Zündschutzarten nicht-elektrischer Geräte

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

Tabelle 6

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

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

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

Einsatz im Ex-Bereich, abhängig von G oder D

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



Erhöhte Sicherheit Ex eb nach EN IEC 60079-7

Prinzip

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

Anwendungsbeispiele

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

Wichtige konstruktive Parameter

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

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

Prinzip

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

Anwendungsbeispiele

- Installationsmaterialien wie Abzweig- und Verbindungskästen, Anschlussräume,

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

Wichtige konstruktive Parameter

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

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

Prinzip

Zündschutzart für nicht-elektrische Geräte, bei der konstruktive Maßnahmen angewendet werden, um die Möglichkeit einer Zündung durch heiße Oberflächen, Funken und adiabatische Kompression zu vermeiden.

Anwendungsbeispiele

- Kopplung zwischen Pumpe und Antriebsmotor, Ventilatoren
- Pumpen, Getriebe, Ventilatoren

Wichtige konstruktive Parameter

- Anforderungen an Gehäusewerkstoffe gelten wie bei den anderen Zündschutzarten
- Bauteile sind so auszuwählen, dass

beispielsweise durch Reibung entstehende Wärme ausgeschlossen ist

- Funken durch mechanische Einwirkung oder Reibung oder brennenden Partikel und Partikelschauer hervorgerufen durch Schlag oder Reibung zwischen zwei festen Materialien sind auszuschließen
- auftretende Reibung darf auch nicht zu elektrostatischen Aufladungen oder Reibfunken führen
- konstruktiven Anforderungen sind - abgeleitet aus der EN 1127-1 - hinsichtlich möglicher Zündquellen in einer Zündgefahrenbewertung zu überprüfen

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



Prinzip

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

Anwendungsbeispiele

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

Wichtige konstruktive Parameter

- Auswahl bestimmter (unfehlbarer) Bauelemente für elektrische und elektronische Schaltungen
- Reduzierung der zulässigen Belastung der Bauelemente gegenüber üblichen industriellen Anwendungen, in Bezug auf
 - Spannung, hinsichtlich der elektrischen Festigkeit
 - Strom, hinsichtlich der Erwärmung
- 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 nicht zur Zündung einer explosionsfähigen Atmosphäre ausreichen
- eine Vorstellung vermittelt die Tatsache, dass explosionsfähige Atmosphären der Untergruppe IIA nur einige 100 μJ und die der Untergruppe IIC nur 10 μJ als Energie zur Zündung benötigen

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



Prinzip

Zündschutzart, bei der mechanische oder elektrische Geräte in Verbindung mit nicht-elektrischen Geräten eingesetzt werden, um automatisiert, messtechnisch-überwacht die Wahrscheinlichkeit zu verringern, dass eine potenzielle Zündquelle zu einer wirksamen Zündquelle wird. Diese messtechnische Überwachung gehört nicht zum nicht-elektrischen Gerät und muss erst ergänzt werden.

Anwendungsbeispiele

- Gleitlager, Pumpe, Rührwerk, Vakuumpumpen, Gasturbinen

Wichtige konstruktive Parameter

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



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

Prinzip

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

Anwendungsbeispiele

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

Wichtige konstruktive Parameter

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

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

Prinzip

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

Anwendungsbeispiele

- Kontaktsysteme

Wichtige konstruktive Parameter

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

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

Prinzip

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

Anwendungsbeispiele

- funkenerzeugende Geräte oder Komponenten wie Schnittstellenrelais

Wichtige konstruktive Parameter

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

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

Prinzip

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

Anwendungsbeispiele

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

Wichtige konstruktive Parameter

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



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

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

Prinzip

Zündschutzart, bei der potenzielle Zündquellen entweder durch deren vollständiges Eintauchen in eine Schutzflüssigkeit oder durch teilweises Eintauchen oder ständiges Benetzen ihrer aktiven Oberflächen mit einer Schutzflüssigkeit unwirksam gemacht werden, sodass eine über der Flüssigkeit oder außerhalb des Gerätegehäuses vorhandene explosionsfähige Atmosphäre nicht gezündet werden kann.

Anwendungsbeispiele

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

Wichtige konstruktive Parameter

- Schutzflüssigkeit - Flüssigkeit, die die explosionsfähige Atmosphäre gegen direkten Kontakt mit potenziellen Zündquellen schützt und damit sicherstellt, dass die explosionsfähige Atmosphäre nicht gezündet werden kann:
- nicht-elektrische Geräte

- Flüssigkeiten
- benetzte Oberflächen

- Gewährleistung und Kontrollmöglichkeit des sicheren Ölstandes
 - bei Erwärmung und Abkühlung
 - zum Erkennen von Leckagen
- Gerät mit geschlossenem Gehäuse - vollständig gekapseltes Gerät, das das Eindringen einer äußeren Atmosphäre während der Ausdehnung und Kontraktion der im Inneren enthaltenen Schutzflüssigkeit beim Einsatz verhindert
- Gerät mit belüftetem Gehäuse - vollständig gekapseltes Gerät, das den Eintritt und den Austritt einer äußeren Atmosphäre durch eine Atmungseinrichtung oder eine verengte Öffnung beim Normalbetrieb während der Ausdehnung und Kontraktion der im Inneren enthaltenen Schutzflüssigkeit ermöglicht



Überdruckkapselung Ex pxb, Ex pyb nach EN IEC 60079-2 (auch für nicht-elektrische Geräte anwendbar)

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.

Anwendungsbeispiele

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

Wichtige konstruktive Parameter

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

Vereinfachte Überdruckkapselung Ex pzc nach EN IEC 60079-2 (auch für nicht-elektrische Geräte anwendbar)

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.

Anwendungsbeispiele

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

Wichtige konstruktive Parameter

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

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

Prinzip

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

Anwendungsbeispiele

- Elektrische Schalteinrichtungen, Mess-, Überwachungs- und Informationsanlagen und -geräte
- Beleuchtungskörper

Wichtige konstruktive Parameter

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

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

Prinzip

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

Anwendungsbeispiele

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

Wichtige konstruktive Parameter

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





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

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.

Anwendungsbeispiele

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

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
- Parameter der zünddurchschlagsicheren Spalte (Weite/Länge) sind für die Explosionsuntergruppen IIA, IIB und IIC unterschiedlich, die höchsten Forderungen hinsichtlich der Spaltparameter werden an Gehäuse der Explosionsuntergruppe IIC gestellt
- Ex d ist grundsätzlich für die Schutzstufe 'b' ausgelegt, die zusätzliche Schutzstufe 'a' gilt nur für katalytische Sensoren für Detektoren für brennbare Gase, ebenso wie die Schutzstufe 'c' für gekapselte Abreißvorrichtungen mit einem auf $20 \text{ cm}^3 = 0,02 \text{ Liter}$ begrenzten Innenvolumen



Sandkapselung Ex q nach EN IEC 60079-5

Prinzip

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

Anwendungsbeispiele

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

Wichtige konstruktive Parameter

- 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 Kapselung

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

Prinzip

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

Anwendungsbeispiele

- Neuentwicklungen wie druckfeste Gehäuse mit Explosionsöffnungen und Druckabbaugitterplatten in der Seitenwand
- Tankstellenzapfsäulen

Wichtige konstruktive Parameter

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

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

Prinzip

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

Anwendungsbeispiele

- optische Lasersensoren
- Auto-Identifikationssysteme
- faseroptische Koppler zur Datenübertragung

Wichtige konstruktive Parameter

Drei Möglichkeiten:

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

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

Prinzip

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

Anwendungsbeispiele

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

Wichtige konstruktive Parameter

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

Kennzeichnung

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

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

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

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

Aus der Kennzeichnung soll erkennbar sein:

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

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

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

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

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

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

Aus der Kennzeichnung soll erkennbar sein:

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

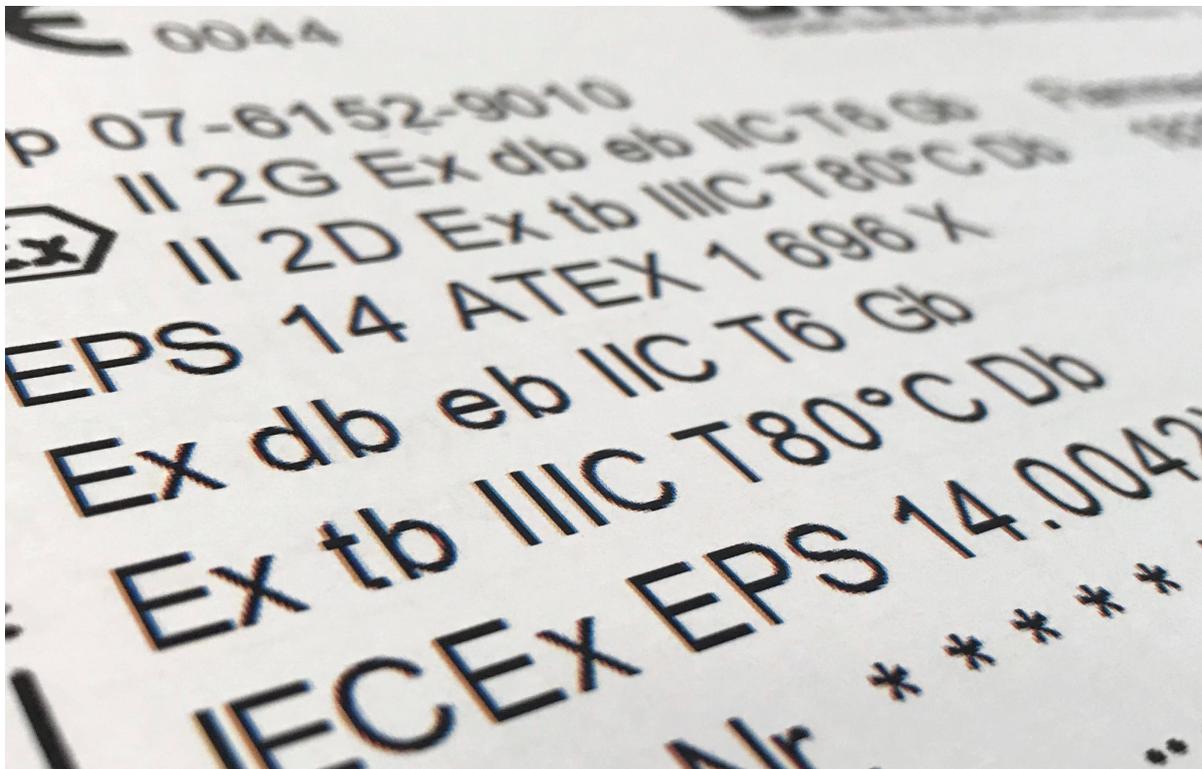


Abbildung 7

Einsatzbereiche – Gerätekategorien – Geräteschutzniveaus

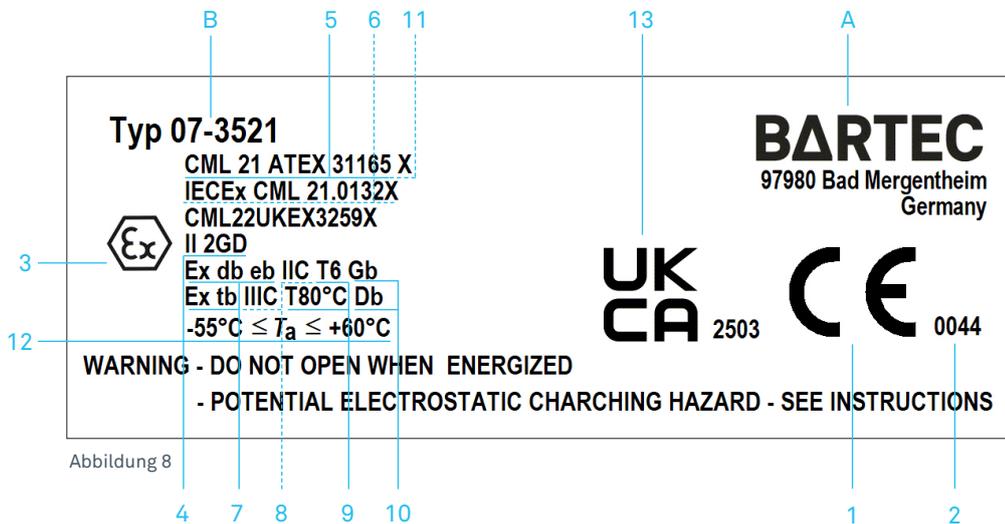
Die nachfolgende Tabelle beschreibt die Einsatzbereiche von Geräten und Komponenten nach ihrer Gerätegruppe und Gerätekategorie bzw. dem Geräteschutzniveau.

Explosionsgefährdeter Bereich			Geräte			
Bedingungen und Einteilung			Erforderliche Kennzeichnung des Betriebsmittels			
Brennbare Stoffe	Temporäres Verhalten der explosionsfähigen Atmosphäre	Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche	Gerätegruppe im Sinne der RL 2014/34/EU	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	-	I	M1	I	Ma
	Abschaltung bei Explosionsgefahr	-	I	M2 oder M1	I	Mb oder Ma

Tabelle 7

Elektrisches Gerät – Gas/Dampf und Staub

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



Allgemeine Herstellerangaben

- A Hersteller Name und Adresse
- B Typ-Nummer des Produktes

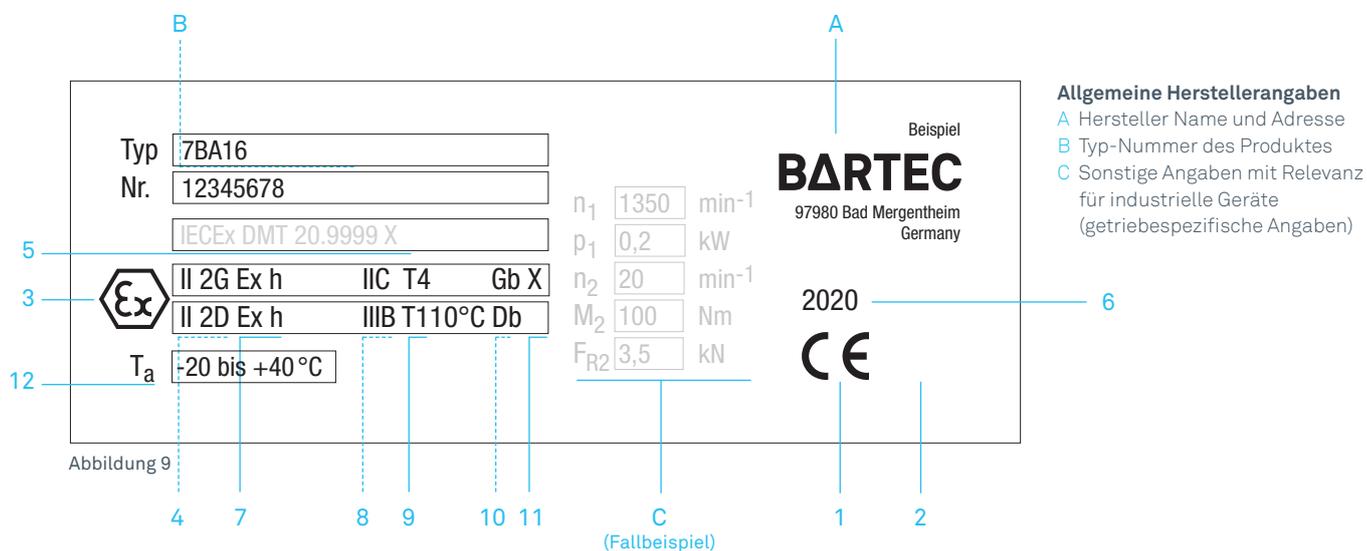
Abbildung 8

Ex spezifische Angaben (Kennzeichnung)

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

Nicht-elektrisches Gerät – Gas/Dampf und Staub

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



Ex spezifische Angaben (Kennzeichnung)

ATEX-Richtlinie und EN-Normen	IECEx-System und ISO-Normen
1 Konformitätszeichen (CE)	
2 Kennnummer der benannten/notifizierten Prüfstelle, die - wo erforderlich - das QS System zertifiziert oder die Produkte überprüft hat (nur bei Kategorie 1)	
3 Ex-Zeichen	
4 Gerätegruppe II - übrige Bereiche (über Tage) Gerätekategorie 2 entweder Gase/Dämpfe G, geeignet für Zone 1 und 2 oder Stäube D, geeignet für Zone 21 und 22 (siehe Tabelle 7)	
5 EU-Baumusterprüfbescheinigung Name oder Symbol der Prüfstelle, Jahr und Registrierungsnummer der Prüfstelle (nur bei Kategorie 1)	5 IECEx Certificate of Conformity (CoC) Name oder Symbol der Prüfstelle, Jahr und Registrierungsnummer der Prüfstelle (in IECEx-Geschäftsordnung zwingend erforderlich für jede EPL)
6 Jahr der Herstellung	
7 Explosionsschutz nach EN ISO 80079-36, -37 Alle Zündschutzarten - Kennzeichnung Ex h	7 Explosionsschutz nach ISO 80079-36, -37 Alle Zündschutzarten - Kennzeichnung Ex h
8 Explosionsgruppe IIC (die meisten leicht entzündlichen Gase), Explosionsgruppe IIIB (nicht leitfähige Stäube)	
9 Temperaturklasse T4 (Gas), max. Oberflächentemperatur +110 °C (Staub)	
10 Geräteschutzniveau Gb (hohes Schutzniveau) (Gas), Geräteschutzniveau Db (hohes Schutzniveau) (Staub) (siehe Tabelle 7)	
11 1. "X" besondere Bedingungen beachten: z. B. das Getriebe ist nur in bestimmter Einbaulage einzubauen. 2. "U" Ex-Bauteil mit Teilbescheinigung alleine nicht einsatzfähig, CE-Konformität wird mit dem Einbau in ein komplettes Betriebsmittel bescheinigt. Bei Komponenten können Angaben wie die Temperaturklasse fehlen, da sich diese erst durch den Zusammenbau als Gerät ergeben.	
12 Umgebungstemperaturbereich	

Konformität

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

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

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

Verfahren zur Konformitätsbewertung

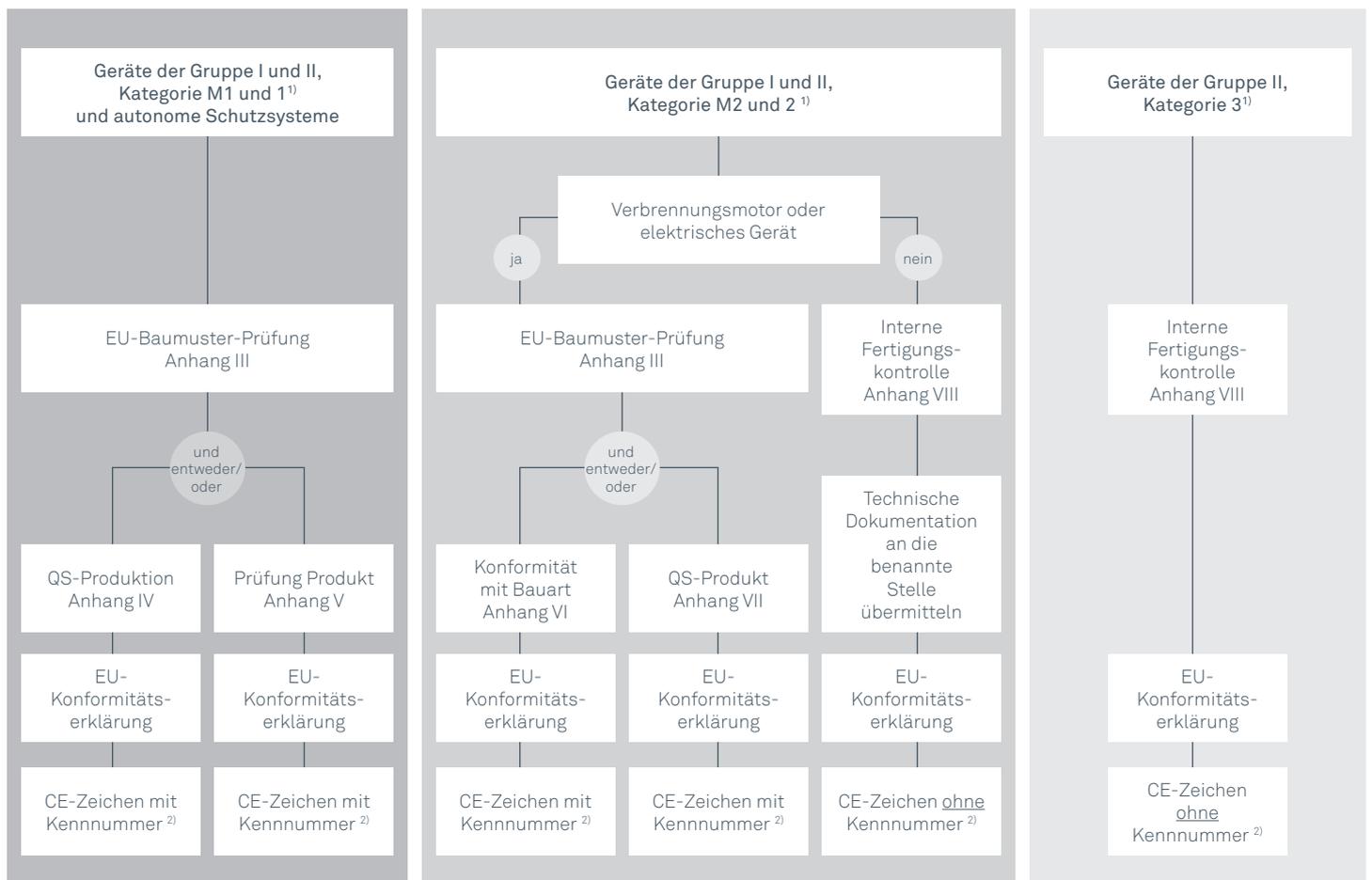


Abbildung 10

¹⁾ und Sicherheits-, Kontroll- und Regelvorrichtungen und Komponenten.

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

Konformität nach dem IECEx-System

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

Das Ergebnis der Prüfung ist ein IECEx-Konformitätszertifikat, CoC Certificate of Conformity. Gleichzeitig muss der Hersteller sein Qualitätsmanagementsystem (bei Serienfertigung) durch eine IECEx-Zertifizierungsstelle prüfen und auditieren lassen. Alternativ besteht auch die Möglichkeit einer sogenannten Unit Verification.

IECEx-Konformitätszertifikat (IECEx CoC)

Hersteller beantragt für sein Produkt (alle EPLs) ein IECEx CoC bei einer Zertifizierungsstelle (ExCB)

Die ExCB prüft und beurteilt das Produkt mit einem Prüflabor (ExTL)

ExTL erstellt einen Prüfbericht (ExTR), der durch das ExCB validiert wird und das ExCB prüft den QAR (für die Serienproduktion)

ExCB veröffentlicht das IECEx CoC im IECEx-Online-System

Anerkanntes Qualitätsmanagementsystem (QAR)

Hersteller beantragt QAR bei einer ExCB

ExCB auditiert Quality Management System des Herstellers

ExCB führt ein Monitoring-/Überwachungssystem ein

ExCB veröffentlicht QAR Bericht im IECEx-Online-System

Abbildung 11

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

ATEX- und IECEx-System im Vergleich

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

Tabelle 8

Weitere Informationen zum Explosionsschutz

Besuchen Sie uns unter bartec.com/de/bartec-academy

BARTEC

Max-Eyth-Str. 16
97980 Bad Mergentheim
Deutschland

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

bartec.com