

# 3. TECHNISCHE GRUNDLAGEN

## 3.5 ZÜNDSCHUTZARTEN

In Bereichen, in denen mit dem Auftreten explosionsfähiger Atmosphäre zu rechnen ist, dürfen nur explosionsgeschützte Geräte verwendet werden. Elektrische explosionsgeschützte Geräte für explosionsgefährdete Bereiche können nach den Baubestimmungen der Normenreihe IEC 60079 in verschiedenen Zündschutzarten ausgeführt werden. Zündschutzarten für nicht-elektrische Geräte sind in der Normenreihe ISO 80079 bzw. früher in Europa in der EN 13463 festgelegt.

Welche Zündschutzart der Hersteller bei einem Gerät anwendet, hängt im Wesentlichen von der Art und der Funktion des Gerätes ab. Einige Zündschutzarten gibt es in unterschiedlichen Schutzniveaus. Diese entsprechen den Gerätekategorien nach der Richtlinie 2014/34/EU bzw. den Geräteschutzniveaus EPL nach IEC 60079-0. So gibt es bei der Eigensicherheit die Ausführung Ex ia, die als Kategorie 1 bzw. EPL Ga eingestuft ist. Diese kann in Zone 0 installiert werden. Die Ausführung Ex ib entspricht der Kategorie 2 bzw. EPL Gb. Sie eignet sich für die Zone 1. Ex ic kann als Kategorie 2 oder EPL Gc in Zone 2 eingesetzt werden. Sicherheitstechnisch sind alle genormten Zündschutzarten innerhalb einer Kategorie bzw. eines Geräteschutzniveaus als gleichwertig zu betrachten. Die Tabellen 11 + 12 geben einen Überblick über die genormten Zündschutzarten und beschreiben das Grundprinzip sowie die üblichen Anwendungsfälle. Durch die Integration der Zündschutzarten für staubexplosionsgefährdete Bereiche in die Normenreihe 60079 wurden auch die Symbole der Zündschutzarten vereinfacht (Tabelle 13).

**Tabelle 11: Zündschutzarten für elektrische Geräte in explosionsgefährdeten Bereichen, Teil 1**

Zündschutzart nach IEC, EN, ISA und UL	Darstellung (Schema)	Grundprinzip	Hauptanwendung
Allgemeine Anforderungen IEC 60079-0 EN 60079-0 UL 60079-0		In dieser Norm sind die allgemeinen Anforderungen für explosionsgeschützte elektrische Geräte festgelegt. Auch die Gerätekennzeichnung ist in dieser Norm beschrieben.	
Erhöhte Sicherheit „e“ IEC 60079-7 EN 60079-7 UL 60079-7		Hier sind zusätzliche Maßnahmen getroffen, um mit einem erhöhten Grad an Sicherheit die Möglichkeit unzulässig hoher Temperaturen und das Entstehen von Funken und Lichtbögen im Innern oder an äußeren Teilen elektrischer Betriebsmittel, bei denen diese im normalen Betrieb nicht auftreten, zu verhindern.	Klemmen und Anschlusskästen, Steuerkästen zum Einbau von Ex-Bauteilen (die in einer anderen Zündschutzart geschützt sind), Käfigläufermotoren, Leuchten eb = Einsatz in Zone 1, 2 ec = Einsatz in Zone 2
Druckfeste Kapselung „d“ IEC 60079-1 EN 60079-1 UL 60079-1		Teile, die eine explosionsfähige Atmosphäre zünden können, sind in ein Gehäuse eingeschlossen, das bei der Explosion eines explosionsfähigen Gemisches im Innern deren Druck aushält und eine Übertragung der Explosion auf die das Gehäuse umgebende Atmosphäre verhindert.	Schaltgeräte und Schaltanlagen, Befehls- und Anzeigergeräte, Steuerungen, Motoren, Transformatoren, Heizgeräte, Leuchten da = Einsatz in Zone 0, 1, 2 db = Einsatz in Zone 1, 2 dc = Einsatz in Zone 2
Überdruckkapselung „p“ IEC 60079-2 EN 60079-2 UL 60079-2		Die Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre im Inneren eines Gehäuses wird dadurch verhindert, dass durch ein Zündschutzgas ein innerer Überdruck gegenüber der umgebenden Atmosphäre aufrechterhalten wird und dass, wenn notwendig, das Innere des Gehäuses ständig so mit Zündschutzgas versorgt wird, dass die Verdünnung brennbarer Gemische erreicht wird.	Schalt- und Steuerschränke, Analysegeräte, große Motoren pxb = Einsatz in Zone 1, 2 bzw. Zone 21, 22 pyb = Einsatz in Zone 1, 2 bzw. Zone 21, 22 pzc = Einsatz in Zone 2 bzw. Zone 22
Eigensicherheit „i“ IEC 60079-11 EN 60079-11 UL 60079-11		Die im explosionsgefährdeten Bereich eingesetzten Betriebsmittel enthalten nur eigensichere Stromkreise. Ein Stromkreis ist eigensicher, wenn kein Funke und kein thermischer Effekt, die unter festgelegten Prüfungsbedingungen (welche den normalen Betrieb und bestimmte Fehlerbedingungen umfassen) auftreten, die Zündung einer bestimmten explosionsfähigen Atmosphäre verursachen kann.	Mess- und Regeltechnik, Feldbus-technik, Sensoren, Aktoren ia = Einsatz in Zone 0, 1, 2 bzw. Zone 20, 21, 22 ib = Einsatz in Zone 1, 2 bzw. Zone 21, 22 ic = Einsatz in Zone 2 bzw. Zone 22 [Ex ib] = zugehöriges elektrisches Betriebsmittel – Installation im sicheren Bereich
IEC 60079-25 EN 60079-25 ISA 60079-25		Beurteilung der Eigensicherheit für definierte Systeme (Geräte und Kabel).	Eigensichere Systeme
EN 60079-27 ISA 60079-27	FISCO Ex ia IIC T4	Festlegung der physikalischen und elektrischen Grenzwerte des eigensicheren Busstranges.	Eigensichere Feldbusysteme (FISCO) für Zone 0, 1 oder 2

# 3. TECHNISCHE GRUNDLAGEN

**Tabelle 12:** Zündschutzarten für elektrische Geräte in explosionsgefährdeten Bereichen, Teil 2

Zündschutzart nach IEC, EN, ISA und UL	Darstellung (Schema)	Grundprinzip	Hauptanwendung
Ölkapselung „o“ IEC 60079-6 EN 60079-6 UL 60079-6		Elektrische Betriebsmittel oder Teile von elektrischen Betriebsmitteln sind derart in eine Schutzflüssigkeit (z. B. Öl) eingetaucht, dass eine explosionsfähige Atmosphäre über der Oberfläche oder außerhalb der Kapselung nicht gezündet werden kann.	Transformatoren, Anlasswiderstände 0 = Einsatz in Zone 1, 2
Sandkapselung „q“ IEC 60079-5 EN 60079-5 UL 60079-5		Durch Füllung des Gehäuses eines elektrischen Betriebsmittels mit einem feinkörnigen Füllgut wird erreicht, dass bei bestimmungsgemäßem Gebrauch ein in seinem Gehäuse entstehender Lichtbogen eine das Gehäuse umgebende explosionsfähige Atmosphäre nicht zündet. Es darf weder eine Zündung durch Flammen noch eine Zündung durch erhöhte Temperaturen an der Gehäuseoberfläche erfolgen.	Sensoren, elektronische Vorschaltgeräte, Transmitter q = Einsatz in Zone 1, 2
Vergusskapselung „m“ IEC 60079-18 EN 60079-18 UL 60079-18		Teile, die eine explosionsfähige Atmosphäre zünden können, werden so in Vergussmasse eingebettet, dass die explosionsfähige Atmosphäre nicht gezündet werden kann.	ma = Einsatz in Zone 0, 1, 2 bzw. Zone 20, 21, 22 mb = Einsatz in Zone 1, 2 bzw. Zone 21, 22 mc = Einsatz in Zone 2 bzw. Zone 22
Zündschutzart „n“ IEC 60079-15 EN 60079-15 UL 60079-15		Elektrische Betriebsmittel sind nicht in der Lage, eine umgebende explosionsfähige Atmosphäre zu zünden (im Normalbetrieb und unter definierten anormalen Betriebsbedingungen).	Alle elektrischen Betriebsmittel für Zone 2 nA = nichtfunkende Betriebsmittel nC = Einrichtungen und Bauteile nR = schwadensichere Gehäuse
Optische Strahlung „op“ IEC 60079-28 EN 60079-28 ISA 60079, 28		Durch geeignete Maßnahmen wird vermieden, dass eine optische Strahlung eine explosionsfähige Atmosphäre entzündet.	Lichtwellenleiter/Einsatz in gas- explosionsgefährdeten Bereichen Es gibt drei verschiedene Methoden: Ex op is = inhärent sichere optische Strahlung Ex op pr = geschützte optische Strahlung Ex op sh = optische Strahlung mit Verriegelung
Schutz durch Gehäuse „t“ IEC 60079-31 EN 60079-31		Durch die Dichtheit der Gehäuse wird das Eindringen von Staub verhindert oder auf ein ungefährliches Maß eingeschränkt. Somit können zündfähige Betriebsmittel in das Gehäuse eingebaut werden. Die Temperatur am Gehäuse darf die umgebende Atmosphäre nicht entzünden.	Schaltgeräte und Schaltanlagen, Steuer-, Anschluss- und Klemmen- kästen, Motoren, Leuchten ta = Einsatz in Zone 20, 21, 22 tb = Einsatz in Zone 21, 22 tc = Einsatz in Zone 22

**Tabelle 13:** Kennzeichnung nach Normenreihen IEC 61241 und IEC 60079

Normenreihe 61241		Normenreihe 60079		Einsatzbereich
Norm	Symbol	Norm	Symbol	Zone
<b>Schutz durch Gehäuse</b>				
IEC 61241-1	tDA20, tDB20 tDA21, tDB21 tDA22, tDB22	IEC 60079-31	ta	20
			tb	21
			tc	22
<b>Überdruckkapselung</b>				
IEC 61241-4	pD21 pD22	IEC 60079-2	pxb	21
			pzb	21
			pzc	22
<b>Eigensicherheit</b>				
IEC 61241-11	iaD20 ibD21	IEC60079-11	ia	20
			ib	21
			ic	22
<b>Vergusskapselung</b>				
IEC 61241-18	maD20 maD21	IEC 60079-18	ma	20
			mb	21
			mc	22

# 3. TECHNISCHE GRUNDLAGEN

**Tabelle 14:** Zündschutzarten für nicht-elektrische Geräte in explosionsgefährdeten Bereichen

Zündschutzart nach ISO bzw. EN	Darstellung (Schema)	Grundprinzip	Hauptanwendung
Allgemeine Anforderungen ISO 80079-36 (früher EN 13463-1)		In dieser Norm sind die allgemeinen Anforderungen für explosionsgeschützte nicht-elektrische Geräte festgelegt. Auch die Gerätekennzeichnung ist in dieser Norm beschrieben.	
Konstruktive Sicherheit „c“ ISO 80079-37 (früher EN 13463-5)		An Gerätearten, die bei Normalbetrieb keine Zündquelle enthalten, werden bewährte technische Prinzipien angewandt, sodass das Risiko von mechanischen Fehlern, die zum Entstehen von zündfähigen Temperaturen und Funken führen können, auf ein sehr geringes Maß reduziert wird.	Kupplungen, Pumpen, Zahnradantriebe, Kettenantriebe, Förderbänder
Druckfeste Kapselung „d“ IEC 60079-1 (früher EN 13463-3)		Teile, die eine explosionsfähige Atmosphäre zünden können, sind in ein Gehäuse eingeschlossen, das bei der Explosion eines explosionsfähigen Gemisches im Innern deren Druck aushält und eine Übertragung der Explosion auf die das Gehäuse umgebende Atmosphäre verhindert.	Bremsen, Kupplungen
Überdruckkapselung „p“ IEC 60079-2 (früher EN 60079-2)		Die Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre im Inneren eines Gehäuses wird dadurch verhindert, dass durch ein Zündschutzgas ein innerer Überdruck gegenüber der umgebenden Atmosphäre aufrechterhalten wird und dass, wenn notwendig, das Innere des Gehäuses ständig so mit Zündschutzgas versorgt wird, dass die Verdünnung brennbarer Gemische erreicht wird.	Pumpen
Zündquellenüberwachung „b“ ISO 80079-37 (früher EN 13463-6)		Es werden Sensoren in das Gerät eingebaut, damit sich anbahnende gefährliche Bedingungen festgestellt und bereits in einer frühen Phase der Störung, bevor potenzielle Zündquellen wirksam werden, Gegenmaßnahmen eingeleitet werden können. Die angewandten Maßnahmen können automatisch durch direkte Verbindungen zwischen den Sensoren und dem Zündschutzsystem oder manuell durch Abgabe einer Warnung an den Betreiber des Gerätes eingeleitet werden.	Pumpen, Förderbänder
Flüssigkeitskapselung „k“ ISO 80079-37 (früher EN 13463-8)		Durch Eintauchen in eine Schutzflüssigkeit oder durch ständiges Benetzen mit einem Flüssigkeitsfilm einer Schutzflüssigkeit werden Zündquellen unwirksam gemacht.	Tauchpumpen, Getriebe, Flüssigkeitskapselung
Schutz durch Gehäuse „t“ IEC 60079-31		Durch die Dichtheit der Gehäuse wird das Eindringen von Staub verhindert oder auf ein ungefährliches Maß eingeschränkt. Somit können zündfähige Bauteile in das Gehäuse installiert werden. Die Temperatur am Gehäuse darf die umgebende Atmosphäre nicht entzünden.	Geräte ausschließlich für staubexplosionsgefährdete Bereiche

**Tabelle 15:** Unterschied zwischen eigensicheren und zugehörigen elektrischen Betriebsmitteln

Eigensichere Betriebsmittel	Zugehörige elektrische Betriebsmittel	
Ex ib IIC T6 Gb	[Ex ib Gb] IIC	Ex de [ib] IIC T6 Gb
Alle notwendigen Angaben wie Kategorie, Explosionsgruppe und Temperaturklasse sind vorhanden.	Die eckigen Klammern machen deutlich, dass das zugehörige elektrische Betriebsmittel einen eigensicheren elektrischen Stromkreis enthält, der in Zone 1, Explosionsgruppen IIA, IIB und IIC geführt werden darf.	
Das Betriebsmittel darf in Zone 1 eingesetzt werden.	Das Betriebsmittel muss außerhalb des explosionsgefährdeten Bereiches errichtet werden.	Das Betriebsmittel darf aufgrund des Einbaus in ein druckfestes Gehäuse („d“) in Zone 1 eingesetzt werden.

### 3.5.1 ANWENDUNG DER ZÜNDSCHUTZART EIGENSICHERHEIT „i“

Die Zündschutzart **Eigensicherheit** basiert auf dem Prinzip der Strom- und Spannungsbegrenzung in einem Stromkreis. Die Energie des Stromkreises (die in der Lage sein könnte, explosionsfähige Atmosphäre zum Zünden zu bringen) wird dabei so begrenzt, dass weder durch Funken noch durch unzulässige Oberflächenerwärmung der elektrischen Bauteile die Zündung der umgebenden explosionsfähigen Atmosphäre stattfinden kann. Diese Zündschutzart findet besonders in der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik ihre Anwendung, da dort selten hohe Ströme, Spannungen und Leistungen notwendig sind.

#### Eigensicherer Stromkreis

Ein Stromkreis, in dem weder ein Funke noch ein thermischer Effekt eine Zündung einer bestimmten explosionsfähigen Atmosphäre verursachen kann.

#### Eigensichere elektrische Betriebsmittel

Ein elektrisches Betriebsmittel, in dem alle Stromkreise eigensicher sind.

#### Zugehörige elektrische Betriebsmittel

Ein elektrisches Betriebsmittel, das sowohl eigensichere als auch nicht eigensichere Stromkreise enthält. Es ist so aufgebaut, dass die nicht eigensicheren Stromkreise die eigensicheren nicht beeinträchtigen können (Tabelle 15).

Wesentlicher Gesichtspunkt der Zündschutzart Eigensicherheit ist die Frage der Zuverlässigkeit bezüglich der Einhaltung der Spannungs- und Stromgrenzen – auch unter Annahme bestimmter Fehler. Eigensichere elektrische Betriebsmittel und eigensichere Teile von zugehörigen Betriebsmitteln werden hinsichtlich dieser Zuverlässigkeit in unterschiedliche Schutzniveaus ia, ib oder ic eingeteilt. Die unterschiedlichen Schutzniveaus sind auf die verschiedenen Zonen abgestimmt. So ist die Eigensicherheit ia für den Einsatz in Zone 0, ib für den Einsatz in Zone 1 und ic für die Zone 2 geeignet.

Es wird außerdem zwischen **Einfehlersicherheit** und **Zweifehlersicherheit** unterschieden:

- **Einfehlersicherheit:** Bei Ausfall eines sicherheitsrelevanten Bauteils muss ein zweites Bauteil dessen Aufgabe übernehmen (Schutzniveau ib: ein redundantes Bauteil).
- **Zweifehlersicherheit:** Bei Ausfall von zwei sicherheitsrelevanten Bauteilen muss ein drittes Bauteil deren Aufgabe übernehmen (Schutzniveau ia: zwei redundante Bauteile).

Eine wichtige Schutzmaßnahme für eigensichere Stromkreise ist die **sichere Trennung aller eigensicheren von allen nicht-eigensicheren Stromkreisen**. Mit Ausnahme von Sicherheitsbarrieren wird stets eine sichere galvanische Trennung gefordert. Für die Zone 0 wird generell eine galvanische Trennung empfohlen. Zenerdioden zur Spannungsbegrenzung sowie andere Halbleiterbauelemente gelten als störanfällig und müssen durch redundante Bauteile abgesichert werden. Schicht- oder Drahtwiderstände zur Strombegrenzung gelten als nicht störanfällige Bauteile (im Fehlerfall werden sie hochohmig). Deshalb kann man diese einfach ausführen.