

11.4 Zündschutzarten in staubexplosionsgefährdeten Bereichen

In den Bestimmungen von DIN EN 60079-0 (VDE 0170-1) [16] und DIN EN 60079-31 (VDE 0170-15-1) [21] wird die Konstruktion und Prüfung des Schutzes durch Gehäuse, in DIN EN 60079-14 (VDE 0165-1) [7] die Auswahl und das Errichten und sowie in DIN EN 60079-17 (VDE 0165-10-1) die Prüfung und Instandhaltung elektrischer Anlagen in staubexplosionsgefährdeten Bereichen beschrieben. Für die Bestimmung der Mindestzündenergie bei Staub ist noch DIN EN 50281-2-1 (VDE 0170/0171-15-2-1) [35] maßgebend. In DIN EN 60079-0 (VDE 0170-1) [16] sind die staubexplosionsgefährdeten Bereiche aus der zurückgezogenen DIN EN 61241-0 (VDE 0170-15-0) [47] übernommen worden.

Angaben zur Erdung und zum Potentialausgleich werden in DIN VDE 0100 und DIN EN 60079-14 (VDE 0165-1) [7] gemacht. Diese Schutzmaßnahmen sind für die staubexplosionsgefährdeten Bereiche die gleichen wie für die gasexplosionsgefährdeten Bereiche.

Die Anforderungen an die Zündschutzarten gegen brennbaren Staub für die elektrischen Geräte zum Einsatz in staubexplosionsgefährdeten Bereichen sind in den Baubestimmungen von DIN EN 60079-31 (VDE 0170-15-1) [21] mit Schutz durch Gehäuse „tD“, DIN EN 60079-11 (VDE 0170-7) Schutz durch Eigensicherheit „iD“ und DIN EN 60079-18 (VDE 0170-9) mit Schutz durch Vergusskapselung „mD“ festgeschrieben.

Die nachfolgend aufgeführten Staubzündschutzarten entsprechen dem gegenwärtigen Stand der Normung (2015-10) und können bei endgültiger Verabschiedung in den nationalen Komitees in ihrer Ausführung noch geändert werden. So könnten z. B. die Staubzündschutzart Eigensicherheit „iD“ und die Vergusskapselung „mD“ entfallen, wenn festgelegt wird, dass eigensichere und/oder mit Verguss gekapselte Geräte in einem staubdichten Gehäuse den Anforderungen der Zündschutzart Schutz durch Gehäuse „tD“ mit Begrenzung der Oberflächentemperatur gleichkommen.

11.4.1 Schutz durch Gehäuse „tD“ – DIN EN 60079-31 (VDE 0170-15-1)

Diese Zündschutzart zeichnet sich besonders dadurch aus, dass eine Begrenzung der max. Oberflächentemperatur beim eingesetzten Gehäuse sowie weiterer Oberflächen, die mit brennbarem Staub in Berührung stehen können.

In der DIN EN 60079-31 (VDE 0170-15-1) sind die Anforderungen an die drei Schutzniveaus für „ta“, „tb“ und „tc“ enthalten, und geben damit die Anwendungen bezüglich der Geräteschutzniveaus an „Da“, „Db“ und „Dc“. Die Einschränkung des Staubeintritts durch die Verwendung von staubdichten (\geq IP6x) oder staubgeschützten

(\geq IP5x) Gehäusen ist gemäß geplantem Geräteschutzniveau und Explosionsgruppe einzuhalten. Die Anforderungen zu Konstruktion und Kennzeichnung an Gehäusen gelten für alle elektrischen Geräte in Zündschutzart „Ex tD“ für das Schutzniveau „tä“ gemäß DIN EN 60079-31 (VDE 0170-15-1):2014-12, Abschnitt 4.3 und für das Schutzniveau „tb“ und „tc“ gemäß DIN EN 60079-31 (VDE 0170-15-1):2014-12, Abschnitt 4.4.

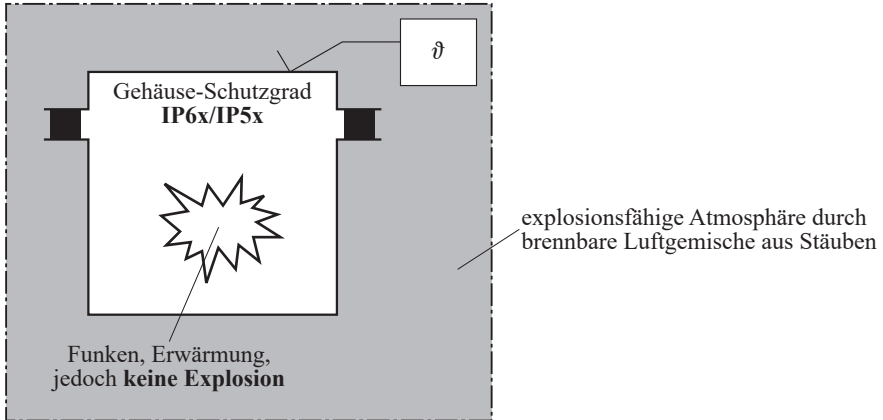


Bild 11.9 Schutz durch Gehäuse „tD“

Die **Tabelle 11.1** zeigt die Unterschiede in der Zündschutzart „Ex tD“ zwischen Schutzniveau, Explosionsgruppe und Eindringen von Staub in Gehäuse (IP-Schutzgrad gemäß DIN EN 60529 (VDE 0470-1)) auf.

Zündschutzart	Geräteschutzniveau	Zone	Explosionsgruppe IIIA	Explosionsgruppe IIIB	Explosionsgruppe IIIC
„Ex tD“	„tä“	20	IP6x	IP6x	IP6x
	„tb“	21	IP5x	IP6x	IP6x
	„tc“	22	IP5x	IP5x	IP6x

Tabelle 11.1 Unterschiede in der Zündschutzart „Ex tD“ zwischen Schutzniveau, Explosionsgruppe und Eindringen von Staub in Gehäuse

Anwendung: Bei allen elektrischen Geräten, die einer übermäßigen Staubbelastung bzw. Staubablagerung brennbaren Staubs in der MSR-Technik ausgesetzt sind, z. B. Anzeigeeinstrumente, Sensoren, Transmitter, Regler.

11.4.2 Überdruckkapselung „pD“ – DIN EN 60079-2 (VDE 0170-3), vormals DIN EN 61241-4 (VDE 0170-15-4)

Durch die Verwendung von Zündschutzgas in einem Gehäuse eines elektrischen Geräts wird bei dieser Zündschutzart die Bildung einer explosionsfähigen Staubatmosphäre innerhalb des Gehäuses so verhindert, dass der innere Überdruck gegenüber der umgebenden Atmosphäre aufrechterhalten wird.

Bei Geräten dieser Zündschutzart sind die Anforderungen nur an zwei Schutzniveaus gemäß DIN EN 60079-2 (**VDE 0170-3**) enthalten und geben damit die Anwendungen bezüglich der EPLs für „Db“ und „Dc“ an. Somit dürfen derartige elektrische Geräte in dieser Zündschutzart „Überdruckkapselung“ („pD“) nur in Zone 21 und 22, also nicht in Zone 20, eingesetzt werden.

Eine entsprechende Vorspülung, wie dies beim Gasexplosionsschutz für die Zündschutzart „Überdruckkapselung“ zwingend gefordert wird, ist beim Staubexplosionsschutz nicht erlaubt. Bei einer durchgeführten Vorspülung könnte sonst ein Aufwirbeln des abgelagerten brennbaren Staubs erfolgen und dadurch eine explosionsfähige Atmosphäre entstehen.

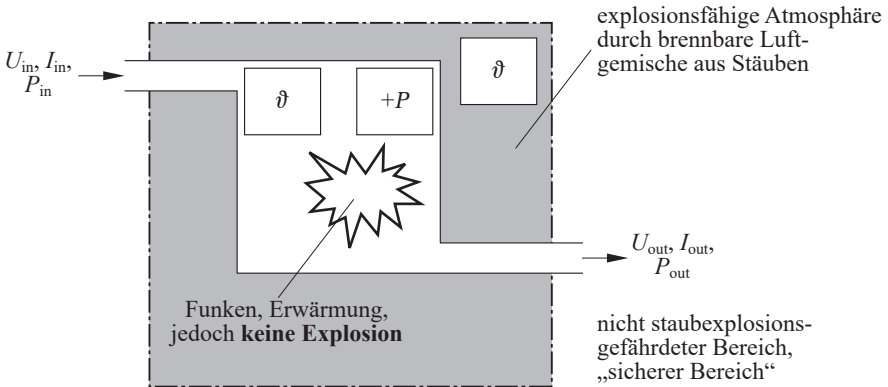


Bild 11.10 Überdruckkapselung „pD“

In der DIN EN 60079-2 (**VDE 0170-3**) und der zurückgezogenen DIN EN 61241-4 (**VDE 0170-15-4**):2007-07, Abschnitt 4.3 wird ausdrücklich vorgeschrieben, dass, bevor die elektrische Stromversorgung des Systems angeschlossen und eingeschaltet wird, das Innere des Gehäuses von brennbarem Staub gesäubert und gereinigt werden muss. Dabei wird der angesammelte brennbare Staub erfasst, der entweder zufällig oder nach einem Ausfall des Druckkapselsystems oder nach bestimmungsgemäßer

Außerbetriebnahme im Innern verblieben ist. Diese Maßnahmen beim Ausfall der Überdruckeinrichtung sind gemäß DIN EN 61241-4 (VDE 0170-15-4) und dem Vorhandensein betriebsmäßiger Zündquellen entsprechend in Zonen eingeteilt.

Zündschutzart	Geräte-schutzniveau	Zone	Art des Gerätes im Gehäuse (bei Normalbetrieb)	
			mit Zündquelle	ohne Zündquelle
„Ex pD“	„pa“	20	„pa“ nicht anwendbar *)	„pa“ nicht anwendbar *)
	„pb“	21	Abschaltung nach DIN EN 60079-2 (VDE 0170-3)	Alarmsignal nach DIN EN 60079-2 (VDE 0170-3)
	„pc“	22	Alarmsignal nach DIN EN 60079-2 (VDE 0170-3)	„pc“ nicht erforderlich
*) Die Anforderungen an Geräte zur Verwendung in Zone 20 sind nicht vorgesehen.				

Tabelle 11.2 Maßnahmen bei Ausfall der Überdruckeinrichtung

Zur Aufrechterhaltung des Überdrucks im „pD“-Gehäuse muss ein Zündschutzgas verwendet werden, das aus Gründen seiner chemischen Zusammensetzung die Betriebs- und Funktionssicherheit des Geräts nicht beeinträchtigen darf. Das Zündschutzgas kann auch für andere Zwecke, z. B. zur Kühlung der Ausrüstung, verwendet werden.

11.4.3 Eigensicherheit „iD“ – DIN EN 60079-11 (VDE 0170-7)

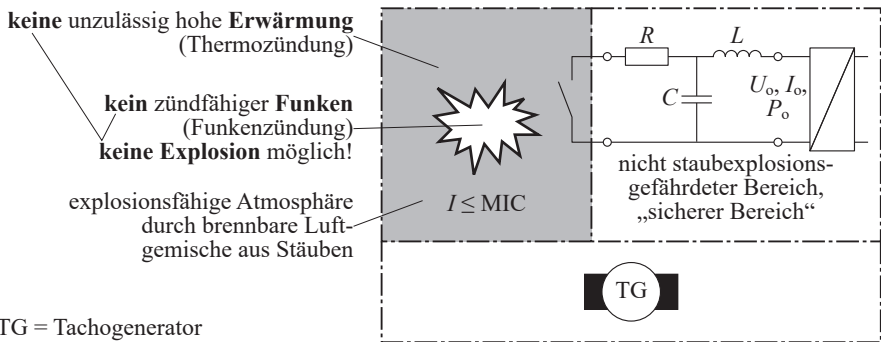
Generell besteht keinerlei Forderung zur Verwendung eines Gehäuses bei eigensicheren und/oder zugehörigen elektrischen Geräten. Das eigentliche Schutzniveau wird durch die Zündschutzart „Eigensicherheit“ bei Stromkreisen erreicht und ist in DIN EN 60079-11 (VDE 0170-7) [19] aufgegangen.

Wenn jedoch durch Vorhandensein von brennbarem Staub irgendwelcher Art und Zusammensetzung die nicht störanfälligen Kriechstrecken innerhalb der eigensicheren Stromkreise verkürzt oder überbrückt werden können, muss das elektrische Ex-Gerät mit den eigensicheren Stromkreisen in dem Gehäuse mit IP-Schutzgrad nach DIN EN 60529 (VDE 0470-1) [36] montiert sein.

Sind Teile eines elektrischen Geräts nicht in einem Umgehäuse mit dem IP-Schutzgrad \geq IP5x eingebaut und sind diese Teile jedoch in einer Vergusskapselung von \geq 1 mm umgossen bzw. eingebettet, dann besteht ein ausreichender Schutz gegen die gefährliche Staubablagerung.

Wo Teile eines elektrischen Geräts durch ein entsprechendes Gehäuse oder eine Vergusskapselung den Schutz gegen gefährliche explosionsfähige Staubatmosphäre

nicht gewährleisten, müssen die geforderten Kriech- und Luftstrecken an den Anschlussteilen der äußeren Stromkreise einen genügenden Abstand gewährleisten (DIN EN 60079-11 (VDE 0170-7):2012-06, Tabelle 5 [19]).



TG = Tachogenerator

Bild 11.11 Eigensicherheit „iD“

Die Zündschutzart Eigensicherheit („iD“) entspricht bezüglich ihrer geforderten Maßnahmen in Aufbau und Inhalt der DIN EN 60079-11 (VDE 0170-7) [19] für gasexplosionsschutz elektrische Geräte.

Sind elektrische Geräte und deren Bauelemente in der Zündschutzart „iD“ völlig von brennbarem Staub umschlossen, so muss bei einer Fehlerbetrachtung nicht mit dem Sicherheitsfaktor von 1,5 für Spannung, Strom und Leistung gerechnet werden. Elektrische Geräte in Zündschutzart „iD“ werden gemäß ihres Schutzniveaus unterteilt:

- „**iaD**“ ist ein Schutzniveau mit sehr hohem Schutz gegen Zündung unter ungestörtem Betrieb und bei Vorhandensein von zwei zählbaren Fehlern, zuzüglich derjenigen nicht zählbaren Fehler, die die ungünstigste Bedingung zu Betriebs- und Installationsbedingungen ergeben.
- „**ibD**“ ist ein Schutzniveau mit hohem Schutz gegen Zündung im ungestörten Betrieb und bei Vorhandensein eines zählbaren Fehlers, die die ungünstigste Bedingung zu Normalbetrieb und ungünstigen Installationsbedingungen ergeben.
- „**icD**“ ist ein Schutzniveau mit „normalem“ Schutz gegen Zündung, das keine Zündquelle im Normalbetrieb entstehen lassen kann.

11.4.4 Vergusskapselung „mD“ – DIN EN 60079-18 (VDE 0170-9)

Die Zündschutzart Vergusskapselung („mD“), bei der Teile, die eine explosionsfähige Atmosphäre durch Funken oder Erwärmung zünden könnten, sind in einer Vergusskapselung so eingebettet, dass sich eine Staubschicht bzw. Staubwolke nicht entzünden kann und ist in der DIN EN 60079-18 (VDE 0170-9) [20] festgelegt. Diese Geräte sind gemäß des Geräteschutzniveaus (EPL) unterteilt:

- „**maD**“ ist ein Schutzniveau mit sehr hohem Schutz gegen Zündung unter Betriebs- und Installationsbedingungen einschließlich definierter Fehlerbetrachtung.
- „**mbD**“ ist ein Schutzniveau mit hohem Schutz gegen Zündung im Normalbetrieb und unter ungünstigen Installationsbedingungen.
- „**mcD**“ ist ein Schutzniveau gegen Zündung mit „normalem“ Schutz, das keine Zündquelle im Normalbetrieb entstehen lassen kann.

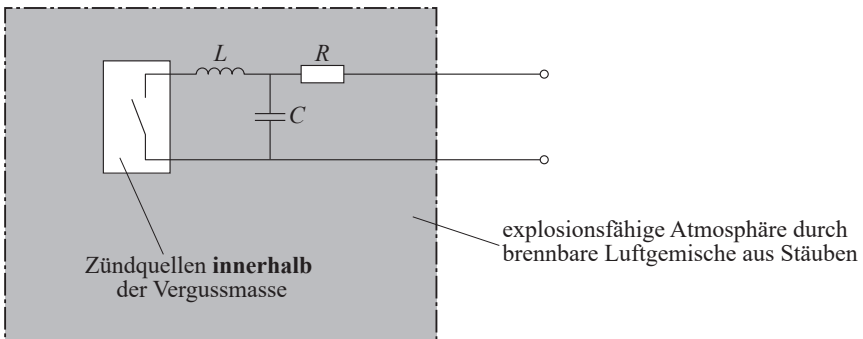


Bild 11.12 Vergusskapselung „mD“

12 Explosionsgeschützte nicht elektrische Geräte

Nicht elektrische Geräte werden seit mehr als 150 Jahren in der Industrie in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt, und es liegen eine Vielzahl von Erfahrungen bei der Verwendung von Schutzmaßnahmen vor, durch die das Zündrisiko auf ein annehmbares sicheres Maß reduziert wurde.

Die Einführung der ATEX-Richtlinie 94/9/EG und die Einbeziehung von nicht elektrischen Geräten in ihrem Geltungsbereich machten es erforderlich, Normen für Explosionsschutzdokumente zu erstellen, die diese Schutzmaßnahmen eindeutig definieren und, die im Lauf der Jahre gemachten umfassenden und unterschiedliche Erfahrungen berücksichtigen.

Aus der EG-Richtlinie 94/9/EG (ATEX 95) [6] ist speziell zum Thema „nicht elektrische Geräte“ ausgeführt, dass auch bei der Verwendung von explosionsgeschützten nicht elektrischen Geräten, die für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen bestimmt sind, und bei Installationen in Bereichen, in denen wegen der Staubbildung von einer Explosionsgefahr ausgegangen werden muss, ist die Gewährleistung der grundlegenden Gesundheits- und Sicherheitsanforderungen zwingend gefordert. Diese Anforderungen treffen auch dann für die nicht elektrischen Geräte zu, wenn diese Geräte für Schutzsysteme und Vorrichtungen dazu beitragen sollen, für die sichere Funktionsweise in Bezug auf die Explosionsrisiken erforderlich zu sein, obwohl diese außerhalb des explosionsgefährdeten Bereichs eingesetzt werden.

12.1 Vorschriften und Bestimmungen

Für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen der nicht elektrischen Geräte sind die Normen DIN EN ISO 80079-36 [33] und DIN EN ISO 80079-37 [34] (vormals Reihe DIN EN 13463) von besonderer Bedeutung:

DIN EN ISO 80079-36 (vormals DIN EN 13463-1) Explosionsfähige Atmosphären – Teil 36: Nicht-elektrische Geräte für den Einsatz in explosionsfähigen Atmosphären – Grundlagen und Anforderungen

Für die spezifischen Zündschutzarten ist nachfolgende Norm zuständig:

DIN EN ISO 80079-37 Explosionsfähige Atmosphären – Teil 37: Nicht-elektrische Geräte für den Einsatz in explosionsfähigen Atmosphären – Schutz durch konstruktive Sicherheit „c“, Zündquellenüberwachung „b“, Flüssigkeitskapselung „k“

12.2 Nicht elektrische Geräte in explosionsgefährdeten Bereichen

In DIN EN ISO 80079-36 werden die grundlegenden Anforderungen an Konstruktion, Bau, Prüfung und Kennzeichnung von nicht elektrischen Geräten festgelegt, die für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen bestimmt sind. Diese Norm gilt für explosionsfähige Atmosphären mit Gesamtdrücken von 80 kPa (0,8 bar) bis 110 kPa (1,1 bar) und Gemischtemperaturen von -20 °C bis $+60\text{ °C}$. Als Folge von atmosphärischen Schwankungen kann die Außenatmosphäre durch natürliche Lüftung ins Gehäuseinnere gelangen.

Diese explosionsgeschützten Geräte müssen alle vorgesehenen Anwendungsbedingungen, die durch den Hersteller festgelegt und in der geforderten Bedienungsanweisung enthalten sind, z. B. raue Handhabung, Einwirkungen durch Feuchtigkeit, Umgebungstemperatur und Druckschwankungen, Einfluss von Chemikalien, Korrosion und Schwingungen, gewährleisten.

Das explosionsgeschützte Gerät und alle seine Teile müssen nach einer dokumentierten Gefahrenabschätzung dahin gehend untersucht werden, dass sämtliche möglichen Zündquellen des Gehäuses festgestellt und aufgeführt, sowie die einzuleitenden Maßnahmen beschrieben werden, um das Gefahrenrisiko zu verhindern.

Beispiele von derartigen Zündquellen sind heiße Oberflächen, offene Flammen, heiße Gase und Flüssigkeiten, mechanisch erzeugte Funken, adiabatische Kompression, Stoßwellen, exotherme chemische Reaktionen, thermische Reaktionen, Selbstentzündung von Stäuben, elektrische Lichtbögen und Entladungen der elektrostatischen Elektrizität.

Im Bewertungsdokument wird der Einsatz von Gerätegruppe I (Schlagwetterchutz) oder der Gerätegruppen II oder III (Gas- oder Staubexplosionsschutz) in unterschiedlichen Kategorien (M1, M2 bzw. 1G, 2G, 3G und 1D, 2D, 3D) für die entsprechenden Explosionsgruppen (A, B oder C) und ggf. Angaben zu Temperaturklassen beim Gasexplosionsschutz (T1 ... T6) oder Angaben zur max. zulässigen Oberflächentemperatur beim Staubexplosionsschutz dargestellt. Die Ergebnisse der Bewertung einer Zündgefahr, die in einem entsprechenden Bericht in tabellarischer Form zusammengefasst sind, sind in DIN EN ISO 80079-36:2016-12, Abschnitt 5 aufgeführt und dargestellt.

Ergebnisse der Bewertung der Zündgefahr müssen mindestens die Angaben über alle möglichen Zündquellen, die eingeleiteten Maßnahmen zur Verhinderung ihres Wirksamwerdens und die angewendeten Zündschutzmaßnahmen gemäß DIN EN ISO 80079-36:2016-12, Abschnitt 5.2 enthalten:

- Analyse der Zündgefahren und deren Ursache;
- Bewertung der Zündgefahr bezüglich der Häufigkeit ihres Auftretens;

- Bestimmung der erforderlichen Maßnahmen und deren Dokumente;
- abschließende Bewertung mit Bestimmung der Gerätekategorie.

Einige Beispiele von Dokumentationen zur Zündgefahrenbewertung für Geräte der Gruppe II sind in DIN EN ISO 80079-36:2016-12, Tabellen B.1 und B.2 dargestellt und aufgeführt:

- Ergebnis der Bewertung einer bestimmten Zündgefahr bezüglich des Betriebszustands
 - seltene Störung für Geräte der Kategorie 1,
 - vorhersehbare Störungen für Geräte der Kategorie 1 und 2,
 - Normalbetrieb für Geräte der Kategorie 1, 2 und 3;
- vorzusehende bzw. eingeleitete Maßnahmen zur Vermeidung des Entstehens der Zündquelle;
- Angaben von Normen oder sonstiger Quellen, auf denen die Maßnahmen beruhen (angewandter Zündschutz);
- Bestimmung der max. Oberflächentemperatur für äußere und innere Oberflächen
 - bei gasexplosionsgeschützten Geräten müssen vorzugsweise die Zündtemperaturen (T1 ... T6) eingehalten und in der dementsprechenden Kennzeichnung vorgesehen sein,
 - bei gasexplosionsgeschützten Geräten der Kategorie 1 (Einsatz in Zone 0) darf die max. Oberflächentemperatur $\leq 80\%$ der Zündtemperaturen (T1 ... T6) entsprechen,
 - bei staubexplosionsgeschützten Geräten muss entsprechend ihres Einsatzes die tatsächliche max. zulässige Oberflächentemperatur festgelegt und in der dementsprechenden Kennzeichnung vorgesehen sein;
- um Funken, die durch elektrostatische Aufladung entstehen können, müssen alle leitfähigen Teile miteinander verbunden und geerdet sein (DGUV-Information 213-060, vormals BGR 132/BGI 5127 [11]);
- die Durchschlagsspannung zwischen nicht leitenden Schichten und metallischen Oberflächen muss $\leq 4\text{ kV}$ betragen;
- ist der Oberflächenwiderstand an nicht leitenden Teilen $\leq 10^9\ \Omega$, dann muss nicht mit einer elektrostatischen Aufladung gerechnet werden;
- die zulässigen Massenanteile für Werkstoffe außen liegender Teile sind entsprechend ihres Einsatzes hinsichtlich der Kategorien wegen des Zündrisikos begrenzt und einzuhalten

- beim Einsatz von Geräten der Kategorie 1 in Zone 0:
 - bei Verwendung von Aluminium, Magnesium, Titan und Zirkonium insgesamt $\leq 10 \%$,
 - bei Verwendung von Magnesium, Titan und Zirkonium insgesamt $\leq 7,5 \%$;
- beim Einsatz von Geräten der Kategorie 2 in Zone 1:
 - bei Verwendung von Magnesium $\leq 7,5 \%$;
- beim Einsatz von Geräten der Kategorie 3 in Zone 2:
 - keine besonderen Anforderungen.

Zu jedem in Verkehr gebrachten explosionsgeschützten Gerät muss eine vom Hersteller erstellte **Betriebsanleitung** vorhanden sein, die folgende Mindestangaben enthalten muss:

- die gleichen Angaben wie bei der Kennzeichnung der Geräte, ausgenommen Angaben zu Fertigungs-Nr. und Hinweise, die für die Instandhaltung von Wichtigkeit sind;
- Angaben zur sicheren
 - Inbetriebnahme,
 - Verwendung,
 - Montage und Demontage,
 - Instandhaltung (Wartung, Störungsbeseitigung),
 - Installation,
 - Einstellung;
- soweit erforderlich, Hinweise auf besondere Gefährdungen, die sich aus dem Einsatz des Geräts ergeben, z. B. gefährdete Bereiche vor Druckentlastungseinrichtungen;
- Angaben zur Einarbeitung, sofern erforderlich;
- Angaben, die zweifelsfrei die Entscheidung ermöglichen, ob die Verwendung eines Geräts mit der speziellen Kategorie im vorgesehenen Bereich unter den zu erwartenden Bedingungen gefahrlos möglich ist;
- Angaben über Drücke, max. Oberflächentemperaturen und weitere Grenzwerte;
- besondere Anwendungsbedingungen, soweit diese erforderlich sind, einschließlich der Hinweise auf sachwidrige Verwendung, die erfahrungsgemäß auftreten kann;
- wesentliche Merkmale des Zubehörs, das am Gerät angebracht werden kann, soweit erforderlich.

12.2.1 Konstruktive Sicherheit „c“ – DIN EN ISO 80079-37 (vormals DIN EN 13463-5)

Bei dieser Zündschutzart werden bauliche Maßnahmen angewendet, die bei Normalbetrieb keine Zündquellen entstehen lassen, jedoch einen zusätzlichen Schutz gegen mögliche Entzündung durch bewegte Teile, z. B. heiße Oberflächen, Funken und adiabatische Vorgänge, sicherstellen, um dadurch das Zündungsrisiko auf ein sehr geringes Maß verringern zu lassen.

Diese Zündschutzart kann entweder einzeln oder in Verbindung mit anderen Zündschutzarten gemäß DIN EN ISO 80079-36 verwendet werden.

In dieser Norm wird besonders die Lebensdauer aller Teile und Verbindungsteile von Geräten betrachtet, die gemäß den verwendeten Maßnahmen zur Vermeidung der Zündgefahr beitragen. Sie müssen den mechanischen und thermischen Beanspruchungen ausreichend haltbar und zuverlässig standhalten, denen sie ausgesetzt sind.

Beim Einsatz von Geräten in Außengehäusen, in denen das Eindringen von Flüssigkeiten oder Stäuben eine Störung und somit eine Zündgefahr hervorrufen könnte, muss mindestens ein IP-Schutzgrad des Gehäuses (DIN EN 60529 (**VDE 0470-1**)) eingehalten sein, der abhängig vom entsprechenden Verwendungszweck und der Art der Umgebung ist:

- bei Verwendung in gasexplosionsgefährdeten Bereichen \geq IP54,
- bei Verwendung in staubexplosionsgefährdeten Bereichen \geq IP6x.

Beweglichen Teile von ungeschmierten Dichtungen, Hülsen, Bälgen und Membranen, die im Normalbetrieb und/oder bei zu erwartenden Störungen schleifenden Berührungen ausgesetzt sind, dürfen **keine** Leichtmetalle enthalten. Geeignet dafür sind Materialien aus Elastomeren, PTFE etc. sowie aus Grafit und Keramik. Nichtmetallische Materialien müssen gegenüber Verzerrung und/oder Zersetzung so beständig sein, dass die Wirkung des Explosionsschutzes nicht beeinträchtigt wird.

Schmier- und/oder Kühlmittel, die eine zündfähige heiße Oberfläche und/oder mechanische Funken vermeiden sollen, müssen eine Zündtemperatur aufweisen, die \geq 50 K über der max. Oberflächentemperatur des Geräts samt der Flüssigkeit liegt.

12.2.2 Zündquellenüberwachung „b“ – DIN EN ISO 80079-37 (vormals DIN EN 13463-6)

Bei dieser Zündschutzart werden die evtl. bei vorhersehbaren oder seltenen Störungen auftretenden Zündquellen mithilfe von Einrichtungen der MSR-Technik so überwacht, dass das Gerät abgeschaltet wird, bevor diese Zündquelle wirksam werden kann.

Diese Zündschutzart wird nicht nur bei explosionsgeschützten nicht elektrischen Geräten, sondern auch in zunehmenden Maß bei explosionsgeschützten elektrischen Sensoren verwendet, z. B. Detektoren für Temperatur, Niveau, Drehzahl, Schwingung und Druck, die zur Feststellung und Einhaltung von Zündschutzmaßnahmen eingesetzt werden.

Beispiele einiger mechanischer Sensoren/Aktoren sind:

- Schmelzeinsätze, die in Flüssigkeitskupplungen verwendet werden und schmelzen, damit die in der Flüssigkeit für die Kraftübertragung enthaltene Energie freigesetzt wird, bevor die Temperatur von zündfähigen Teilen den zulässigen Grenzwert überschreitet.
- Fliehkraftregler, die direkt auf die Leistungsrosselung wirken und verhindern, dass rotierende Teile Drehzahlen erreichen, bei denen reibungsbedingte Zündgefahren auftreten.
- Thermostatventile, die sich schließen, um die Energiezufuhr zu verringern, oder sich öffnen, um die Kühlmittelmenge zu erhöhen, und so das Erreichen zündfähiger Temperaturen verhindern.
- Überdruckventile, die sich öffnen, um den Druck und damit den Temperaturanstieg bei einer Gasverdichtung zu begrenzen. Alternativ dienen sie zum Schutz gegen Zerstörung und das Freilegen heißer Oberflächen.

Beispiele einiger Kombinationen aus elektromechanischen Sensor-/Aktorsystemen sind:

- Kontroll-/Regeleinrichtungen zum Erfassen von Temperatur, Durchfluss und Füllstand sowie zur Betätigung eines Magnetventils, das die Energiezufuhr verringert oder die Kühlmittelmenge erhöht.
- Optische Impulzzähler, mit denen ungewöhnliche Drehzahlen an den Zähnen von Zahnrädern festgestellt werden können und die Signale an einen Drehzahlregler weitergeben.
- Schwingungssensoren, die eine ungewöhnliche Schwingung feststellen, die z. B. durch ein Wälzlager hervorgerufen wird, bevor diese „auslaufen“ (Vorankündigung meist durch Hochfrequenzschwingungen), oder durch rotierende Teile, bei denen sich eine Unwucht einstellt (Vorankündigung meist durch Niederfrequenzschwingungen).
- Vorrichtungen für das Ausrichten von Förderbändern, mit denen unbeabsichtigte Reibung zwischen dem sich bewegenden Band und den fest montierten Teilen der Tragkonstruktion ermittelt werden kann.

- Einrichtungen zur Überwachung der Spannung von Treibriemen, mit denen ein durch die Abnahme der Riemenspannung verursachter Schlupf zwischen der Antriebsrolle und dem Treibriemen ermittelt werden kann.
- Verschleißfühler an Kupplungen, die einen Nachweis von nicht zulässigen Verschleißerscheinungen geben, durch die aufgrund eines nicht korrekten Eingriffs der Kupplung möglicherweise Reibungswärme erzeugt wird.

12.2.3 Flüssigkeitskapselung „k“ – DIN EN ISO 80079-37 (vormals DIN EN 13463-8)

Bei dieser Zündschutzart können potenzielle Zündquellen nicht aktiv oder diese von einer explosionsfähigen Atmosphäre getrennt werden, wenn entweder das Gerät durch ein vollständiges Eintauchen in einer Schutzflüssigkeit oder durch ein teilweises Eintauchen und eine ständige Benetzung ihrer aktiven Oberflächen mit Schutzflüssigkeit versehen wird. Dadurch kann eine explosionsfähige Atmosphäre, die sich über der Flüssigkeit oder oberhalb des Gerätegehäuses befindet, nicht entzündet werden. Diese Zündschutzart ist **nicht** auf elektrische Geräte anzuwenden.

Einige Beispiele für die Anwendung dieser Zündschutzart sind:

- Tauchpumpen,
- hydraulische Pumpen und Motoren, Flüssigkeitspumpen,
- ölgefüllte Getriebe, in Öl eingetauchte Scheibenbremsen.

12.2.4 Kennzeichnung nach Explosionsgruppen und Zündschutzarten

Das Gerät muss auf dem Hauptteil an sichtbarer Stelle gekennzeichnet sein. Diese Kennzeichnung muss lesbar und dauerhaft sein, wobei mögliche chemische Korrosion zu berücksichtigen ist. Geräte der Gruppe II, zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsfähigen Gasatmosphären, können auch nach der Art der explosionsfähigen Atmosphäre eingeteilt werden, für die sie vorgesehen sind. Diese Geräte werden in die Explosionsgruppen IIA, IIB und IIC eingeteilt.

Geräte ohne Kennzeichnung der Explosionsgruppe dürfen in explosionsfähigen Atmosphären der Explosionsgruppe IIA, IIB, IIC verwendet werden, sofern die Geräte nicht für besondere Atmosphären gekennzeichnet sind. Bei Geräten mit Flamm Sperren erweitert sich die Einteilung wie in **Tabelle 12.1** aufgeführt (siehe DIN EN ISO 16852).

Explosionsgruppe	Normspaltweite (NSW/MESG) von Gas-/Luft-Gemischen in mm
IIA ¹⁾	≥ 1,14
IIA	≥ 0,90
IIB1	≥ 0,85
IIB2	≥ 0,75
IIB3	≥ 0,65
IIB	≥ 0,50
IIC	< 0,50

¹⁾ IIA1 enthält kein Erdgas und ist nicht anwendbar für Detonationssperren

Tabelle 12.1 Explosionsgruppen für Geräte mit Flamm Sperren

Das nicht elektrische Gerät muss entsprechend der Kategorie und dem Schutzgrad, falls zutreffend, innen und außen gekennzeichnet sein, sofern eine Zündschutzart angewendet wird. Das Symbol für jede betreffende Zündschutzart, das angibt, dass das Gerät einer oder mehreren Zündschutzarten entspricht, ist in der DIN EN ISO 80079-36:2016-12, Abschnitt 11.2 aufgeführt.

Die folgenden Symbole werden bei der Kennzeichnung der Zündschutzarten verwendet:

- „fr“: schwadenhemmende Kapselung
- „d“: druckfeste Kapselung
- „c“: konstruktive Sicherheit
- „b“: Zündquellenüberwachung
- „p“: Überdruckkapselung
- „k“: Flüssigkeitskapselung

Ist das Gerät zur Anwendung in explosionsfähigen Atmosphären geeignet, die Gase, Dämpfe, Nebel und Stäube enthalten, dann müssen die betreffenden Kategorien enthalten sein. Werden unterschiedliche Zündschutzarten an unterschiedlichen Teilen eines elektrischen Betriebsmittels angewendet, muss jedes entsprechende Teil das Symbol für die jeweilige Zündschutzart tragen.

Wenn mehr als eine Zündschutzart angewendet wird, muss das Symbol für die Hauptzündschutzart zuerst angegeben werden und die Symbole für die weiteren angewendeten Zündschutzarten müssen dem folgen.