



IEC/EN 60079-14: Explosionsschutz für technische Anlagen

Teil des Grundlagenkompendiums
Explosionsschutz



Your automation, our passion.

 **PEPPERL+FUCHS**

Die vorliegende Broschüre richtet sich an Verantwortliche, die sich mit Explosionsschutz von explosionsgefährdeten elektrischen Anlagen auseinandersetzen. Vor dem Hintergrund der EU-Richtlinie 2014/34/EU gibt die Broschüre ein Überblick über die Identifikation von möglichen Zündquellen und den Umgang damit nach IEC EN 60079-14.

Ihr zuverlässiger Partner

Pepperl+Fuchs ist ein führender Entwickler und Hersteller elektronischer Sensoren und Komponenten für den weltweiten Automatisierungsmarkt. Unser Geschäftsbereich Prozessautomation gehört zu den Marktführern im Bereich des eigensicheren Explosionsschutzes. Seit mehr als 70 Jahren sind wir durch unsere kontinuierlichen Innovationen, qualitativ hochwertige Produkte und ständiges Wachstum Ihr zuverlässiger Partner in der Prozessindustrie.

Lebenslanges Lernen

Wer in der Automation tätig ist, wird ständig mit neuen Technologien und Entwicklungen konfrontiert. Nur durch regelmäßige Weiterbildung und lebenslanges Lernen können wir mit diesen Entwicklungen Schritt halten. Unsere Kompendien vermitteln theoretische Grundlagen. Unsere Schulungen zeigen anschaulich die praktische Anwendung des Erlernten.

Weltweit

Pepperl+Fuchs-Gruppe

Lilienthalstr. 200

68307 Mannheim

Deutschland

Telefon: +49 621 776 - 0

E-Mail: info@de.pepperl-fuchs.com

<https://www.pepperl-fuchs.com>

Einführung	4
Grundsätze des Explosionsschutzes	5
Qualifikation des Personals	6
Grundlegende Anforderungen an Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen	8
Auswahl elektrischer Geräte	10
Auswahl nach Zonen	10
Auswahl nach Gerätegruppen.....	15
Auswahl nach Zündtemperatur bzw. Temperaturklasse	15
Auswahl nach äußeren Einflüssen.....	17
Transportable Geräte	19
Batterien	19
Drehende elektrische Maschinen	21
Betriebsarten elektrischer Antriebe	21
Schutz gegen Überlast und gegen unzulässige Erwärmung.....	22
Motoren im Umrichterbetrieb	23
Kabel und Leitungen.....	24
Aluminiumleiter.....	24
Kabel und Leitungen für die feste Verlegung	25
Kabel- und Leitungseinführungssysteme und Verschlusselemente.....	26
Schutz gegen Funken – statische Elektrizität	30
Grundlegende elektrostatische Schutzmaßnahmen	30
Referenzen und Quellen	32
Grundlagenbroschüren von Pepperl+Fuchs	33

Einführung

Planung, Errichtung, Prüfung und Betrieb elektrischer Anlagen erfordern aus sicherheitstechnischer Sicht besondere Sorgfalt im Hinblick auf die Vermeidung gefährlicher Berührungsspannungen und Ableitströme. Normenreihen wie die VDE 0110, VDE 0105 usw. enthalten diesbezüglich zahlreiche Anforderungen und Hinweise.

All diese Anforderungen gelten ebenfalls für elektrische Anlagen im explosionsgefährdetem Bereich, wobei hier noch ein weiteres Gefährdungspotenzial zu beachten ist: Es können möglicherweise Zündquellen auftreten, die in der Lage sind, umgebende explosionsfähige Atmosphären zu zünden.

Um die diesbezüglichen Risiken auf ein vertretbares Maß zu reduzieren und solchen Gefährdungen im erforderlichen Maß zu begegnen, enthält u. a. die IEC/EN 60079-14 (VDE 0165-1) zusätzliche Anforderungen.

Die vorliegende Publikation erhebt nicht den Anspruch, alle Einzelheiten der Norm vollständig wiederzugeben. Stattdessen gibt sie einen Überblick über die Grundlagen und vor allem das Augenmerk auf häufige Missverständnisse und Fehler richten, die aus zahlreichen Schulungen und Beratungen bekannt sind.

Auch werden die Besonderheiten eigensicherer Stromkreise in dieser Publikation nicht behandelt. Eingehende Informationen hierzu sind in der Publikation "Eigensicherheit und Feldbus-technik" zu finden.

Für umfassende Informationen zum Zusammenhang zwischen brennbaren Stoffen, dem Auftreten explosionsfähiger Atmosphäre und Zündquellen sowie den wichtigsten Eigenschaften brennbarer Stoffe sei an dieser Stelle auf die Publikation "Explosionsschutz – Physikalisch-technische Grundlagen" verwiesen.

Grundsätze des Explosionsschutzes

Rechtliche Grundlagen

Als Grundlage gilt die Richtlinie 1999/92/EG: Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können. In Deutschland ist diese Richtlinie teilweise in der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) umgesetzt. Diese Regeln geben eine Rangfolge von Explosionsschutzmaßnahmen vor, die sich in den primären, sekundären sowie konstruktiven Explosionsschutz einteilen:

- primärer Explosionsschutz:
Verhinderung bzw. zeitliche oder auch räumliche Einschränkung explosionsfähiger Atmosphäre (z. B. durch Substitution brennbarer Stoffe, Belüftung, Absaugung oder auch Inertisierung)
- sekundärer Explosionsschutz:
Vermeidung der Entzündung explosionsfähiger Atmosphäre (z. B. durch Einsatz geeigneter explosionsgeschützter Geräte, Rauchverbot, Maßnahmen gegen gefährliche elektrostatische Aufladung, Blitzschutz usw.)
- konstruktiver Explosionsschutz:
Begrenzung der Auswirkungen von Explosionen auf ein ungefährliches Maß (z. B. durch Explosionsunterdrückungssysteme, Berstscheiben, Schnellschlussschieber usw.)

Parallelen zur IEC/EN 60079-14 (VDE 0165-1)

Eine ähnliche Rangfolge findet sich in der Norm für elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen wieder:

- Austausch:
Ersatz eines brennbaren Stoffs durch einen nicht brennbaren bzw. schwerer entzündbaren Stoff
- Kontrolle:
Begrenzung der Mengen brennbarer Stoffe, Verhinderung der Bildung explosionsfähiger Atmosphären, Vermeidung von Zündquellen
- Abschwächung:
Begrenzung möglicher Explosionswirkungen

Dass sich die Einteilung nach Richtlinie 1999/92/EG zumindest geringfügig von der der IEC/EN 60079-14 (VDE 0165-1) unterscheidet, ist für die vorliegende Publikation nicht von Bedeutung, da sich die folgenden Ausführungen lediglich auf die Vermeidung wirksamer Zündquellen beziehen.

Qualifikation des Personals

Allgemeines

Ein ganz wesentlicher Aspekt bei der (Explosions-)Sicherheit elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen ist eine hinreichende Qualifikation aller in einem oder mehreren Lebenszyklen dieser Anlagen involvierten Personen. Nicht umsonst enthält die IEC/EN 60079-14 (VDE 0165-1) seit der Ausgabe 2009 entsprechende Anforderungen (damals Anhang F) an die Qualifikation von Führungskräften, Handwerkern bzw. Technikern sowie von Planern solcher Anlagen.

Verschärft wurde dies in der Ausgabe des Jahres 2014, wo bereits im Haupttext der Norm gefordert wird, dass Planung, Geräteauswahl und Installation nur von Personen vorgenommen werden, die hinsichtlich des Funktionsprinzips der einzelnen Zündschutzarten, den jeweils erforderlichen Installationstechniken sowie der einschlägigen Regeln und Vorschriften über die erforderlichen Kenntnisse verfügen.

Umsetzung in der Praxis

Hinsichtlich des exakten Wortlauts der Norm sei an dieser Stelle auf den Originaltext verwiesen; was allerdings erfahrungsgemäß regelmäßig zu zahlreichen Fragen und umfangreichen Diskussionen führt, ist die zugegebenermaßen sehr allgemein gehaltene Formulierung der unterschiedlichen Qualifikationsanforderungen.

Rechtlich gesehen steht der jeweils verantwortliche Arbeitgeber in der Pflicht, die erforderliche Qualifikation für seine Mitarbeiter detailliert festzulegen. In einer früheren Ausgabe der Norm wurde z. B. zwischen "Kenntnissen" (Handwerker, Techniker) und "detaillierten Kenntnissen" (Planer) unterschieden. Im Sinne dieser Norm sind Handwerker und Techniker Personen, die an oder in Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen arbeiten und dort – i. d. R. nach Vorgaben seitens des Arbeitgebers – Geräte installieren, austauschen und ggf. auch prüfen. Die Planer hingegen sind für die ordnungsgemäße Auslegung der Anlage im Hinblick auf die zu erwartenden Explosionsgefahren (Zonen, Gruppen, Temperaturklassen, Umgebungsbedingungen usw.) verantwortlich.

Beispiel Eigensicherheit "i"

Im Rahmen des Qualitätsmanagementsystems des jeweiligen Arbeitgebers sind diese Begriffe mit Leben zu füllen; um dies zu verdeutlichen hier ein Beispiel aus dem Bereich Eigensicherheit "i":

Gemäß IEC/EN 60079-25 (VDE 0170-10-1) ist der Planer eigensicherer Systeme verantwortlich für den Nachweis der Eigensicherheit. Dieser beschränkt sich in der Mehrzahl der Fälle auf einen einfachen Vergleich sicherheitstechnischer Kennwerte unter Berücksichtigung bestimmter Kabelparameter. Allerdings gibt es auch Fälle, bei denen sich mehr als ein zugehöriges Betriebsmittel im Stromkreis befinden, was den Nachweis zumindest zeitaufwändiger, z. T. auch deutlich komplizierter macht. In diesen Fällen muss der Planer solcher eigensicherer Systeme mit sämtlichen Regeln und möglicher Ausnahmen zum Nachweis der Eigensicherheit vertraut sein. Zudem muss er sich der historischen Entwicklung dieser Anforderungen bewusst sein, um scheinbare Widersprüche zwischen Angaben in Baumusterprüfbescheinigungen und denen in der aktuellen Installationsnorm erklären zu können ("detaillierte Kenntnis").

Handwerker und Techniker, die diese Stromkreise im Anschluss – auf Grundlage entsprechender Vorgaben und Pläne – errichten, müssen mit all diesen Detailregelungen nicht notwendigerweise vertraut sein ("Kenntnis").

Beispiel Umrichterbetrieb von Motoren

Auch der Betrieb explosionsgeschützter Motoren am Frequenzumrichter ist in manchen Fällen nicht ohne Tücke, bedeutet dieser doch in aller Regel einen nicht unerheblichen Eingriff in das Erwärmungsverhalten des jeweiligen Motors.

Die IEC/EN 60079-14 (VDE 0165-1) enthält hierzu Anforderungen beispielsweise dahingehend, dass Motoren der Zündschutzart erhöhte Sicherheit "e" für den Umrichterbetrieb zusammen mit einem spezifischen Antriebsumrichter sowie einer geeigneten Schutzeinrichtung gemeinsam bescheinigt werden müssen. Andererseits gibt es seit einigen Jahren bescheinigte "e"-Motoren, deren Zertifikat sich auf keinen konkreten Umrichtertyp bezieht, sondern stattdessen Mindestanforderungen z. B. zu zulässigen Drehzahlbereichen, minimalen Taktfrequenzen, maximalen Stromgrenzen und Überlastzeiten usw. enthält. Zur Erklärung dieses scheinbaren Widerspruchs sind "detaillierte Kenntnisse" des Explosionsschutzes erforderlich. Handwerker und Techniker, die diese Motoren und Antriebsumrichter im Anschluss – auf Grundlage entsprechender Vorgaben und Pläne – errichten, müssen mit all diesen Detailregelungen nicht notwendigerweise vertraut sein ("Kenntnis").

Auf Basis dieser Unterscheidung kann nun der Arbeitgeber entscheiden, welche Schulungen und Weiterbildungen für die jeweilige Personengruppe erforderlich sind.

"Regelmäßige" Weiterbildung

In einem Auszug aus der IEC/EN 60079-14 (VDE 0165-1) heißt es:

"Das Personal muss sich regelmäßig entsprechenden Fortbildungen oder Schulungen unterziehen".

In diesem Zusammenhang wird der Begriff "regelmäßig" oft missverstanden...

Fragt man Techniker oder Ingenieure nach der Bedeutung dieses Begriffs, dann wird dieser meist im Sinne von "periodisch" verstanden: jedes Jahr, alle drei Jahre o. ä.

Im juristischen Sinne allerdings bedeutet regelmäßig "einer Regel gemäß", will heißen: Fortbildungen oder Schulungen haben immer dann zu erfolgen, wenn sie erforderlich sind. Zur Verdeutlichung auch hier ein Beispiel:

Ein Arbeitgeber hat entschieden, dass sein Personal alle zwei Jahre an einer Schulung teilzunehmen habe. Angenommen, die erste Schulung fand im April 2015 statt, die nächste im April 2017 und eine aktuelle im April 2019. In einem – zugegebenermaßen theoretischen – Fall sei nun angenommen, die Internationale Elektrotechnische Kommission IEC veröffentlicht im September 2019 eine völlig neue IEC 60079-14, die alles auf den Kopf stellt, was man jeweils über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen gehört hat. In diesem Fall hat der verantwortliche Arbeitgeber zeitnah sicherzustellen, dass seine Mitarbeiter über diese Anforderungen informiert werden, z. B. durch eine Nachschulung im November 2019.

Nun findet die nächste Schulung im Mai 2021 statt und im Juni desselben Jahres werden seitens der Bundesregierung im Rahmen der Gefahrstoff- und Betriebssicherheitsverordnung die Anforderungen an den Explosionsschutz erneut maßgeblich verändert. Auch hier hat der Arbeitgeber zu entscheiden, innerhalb welcher Frist das Personal entsprechend zu schulen ist.



Abbildung 1 Beispiel einer regelmäßigen Weiterbildung des Personals

Grundlegende Anforderungen an Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen

Die in der Norm genannten grundlegenden Anforderungen werden an dieser Stelle nicht detailliert betrachtet. Zum einen sind diese Anforderungen sehr naheliegend und zum anderen stehen sie in der Praxis auch kaum zur Debatte:

- Installation erforderlicher Geräte möglichst im nicht explosionsgefährdeten Bereich bzw. in Bereichen geringerer Gefahr, was auch im Hinblick auf mögliche Kosteneinsparungen sinnvoll sein kann
- Betrieb der Geräte in Übereinstimmung mit der Herstellerdokumentation (z. B. Spannungs- und Temperaturbereich usw.)
- Auswahl von Kabeln und Leitungen sowie erforderlicher Verschraubungen in Übereinstimmung mit der jeweiligen Zündschutzart

Abweichungen von der Norm unter der Aufsicht einer befähigten Stelle

Interessant und für viele überraschend ist der Hinweis, dass Abweichungen von den Anforderungen der IEC/EN 60079-14 (VDE 0165-1) jederzeit möglich sind – insbesondere bei Forschungs- oder Pilotanlagen – sofern diese unter der Aufsicht einer befähigten Stelle stehen.



Hinweis!

Befähigte Stelle oder befähigte Person?

Eine "befähigte Stelle" im Sinne der Definition der Norm IEC/EN 60079-14 (VDE 0165-1):

"Einzelperson oder Organisation, die entsprechendes technisches Wissen und einschlägige Fähigkeiten nachweisen kann, um die erforderlichen Beurteilungen der betrachteten Sicherheitsaspekte vorzunehmen" (IEC/EN 60079-14 (VDE 0165-1), 3.1.1)

Mit der "befähigten Stelle" ist **nicht** die zur Prüfung befähigte Person der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) gemeint!

Dummerweise wird an einer Stelle der IEC/EN 60079-14 (VDE 0165-1) der englische Begriff "competent body" mit "befähigte Person" übersetzt, was gelegentlich zu Verwirrung führt.

Eine Einzelperson im Sinne der "befähigten Stelle" kann ein Mitarbeiter des eigenen Unternehmens sein oder auch eines externen Unternehmens. Gleichmaßen kann es sich bei der Organisation um ein Unternehmen des eigenen Konzerns handeln oder um einen anderen Dienstleister.

Anlagendokumentationen

Die erforderliche Dokumentation elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen beinhaltet im Wesentlichen drei Aspekte:

- Anlage
- Geräte
- Installation

Seit längerem unstrittig ist die Tatsache, dass zur Dokumentation der Anlage folgende Informationen gehören:

- vorliegende Zonen
- erforderliche Gerätegruppen
- Temperaturklassen von Gasen und Dämpfen bzw. Zündtemperaturen brennbarer Stäube
- äußere Einflüsse wie Umgebungstemperatur, erhöhte mechanische Gefährdung (z. B. durch starke mechanische Schwingung usw.)

Hinsichtlich der einzelnen Geräte bedarf es außerdem unstrittig folgender Informationen:

- Betriebsanleitungen
- ggf. Zertifikate
- falls zutreffend, Hinweise auf besondere Verwendungsbedingungen ("X-Kennzeichnung")
- Nachweise der Eigensicherheit - Auslösekennlinien von Motorschutzschaltern

Relativ neu hingegen ist die Forderung, dass zur Dokumentation der Installation auch eine Erklärung dahingehend zu erfolgen habe, welches Qualifikationsniveau die beteiligten Personen bei Planung, Geräteauswahl und Errichtung hatten.

Auswahl elektrischer Geräte

Die Auswahl von Geräten zum Einsatz in oder im Zusammenhang mit explosionsgefährdeten Bereichen hängt im Wesentlichen von den folgenden Aspekten ab:

- vorliegende Zone bzw. erforderliches Geräteschutzniveau (EPL)¹
- Zündeigenschaften der vorliegenden brennbaren Stoffe (Zündtemperaturen und Zündenergien usw.)
- zu erwartende Umgebungsbedingungen (z. B. Korrosionsgefahr, erhöhte Prozesstemperaturen usw.)
- ggf. betriebsinterne Vorschriften oder Kundenvorgaben

Zum letzten Punkt ist anzumerken, dass es bei Betreibern komplexer prozesstechnischer Anlagen mit vielen unterschiedlichen Geräten nicht unüblich ist, in der Zone 1 und in der Zone 2 Geräte einzusetzen, die dem Geräteschutzniveau Gb bzw. der Gerätekategorie 2G entsprechen. Und das, obwohl bei Zone 2 der EPL Gc bzw. die Gerätekategorie 3G ausreichend wäre. Dies kann z. B. dem Umstand geschuldet sein, dass hierdurch der erforderliche Lagerbestand an Ersatzgeräten erheblich reduziert werden kann oder künftige Modifikationen und Erweiterungen der Anlage einfacher umgesetzt werden können.

Ein solche Abweichung kann jedoch grundsätzlich auch in umgekehrter Richtung erfolgen: So ist es z. B. möglich, Geräte mit EPL Gc (Gerätekategorie 3G) in einer Zone 1 einzusetzen. Siehe Kapitel "Grundlegende Anforderungen an Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen", Abschnitt "Abweichungen von der Norm unter der Aufsicht einer befähigten Stelle" sowie die entsprechenden Anforderungen der Richtlinie 1999/92/EG bzw. der deutschen Gefahrstoffverordnung (GefStoffV). Basis hierfür ist allerdings stets eine angemessene Gefährdungsbeurteilung.

Auswahl nach Zonen

Die Auswahl der Geräte in einer explosionsgefährdeten Anlage erfolgt in Europa nach Zonen und in den USA nach dem Divisionmodell.

Einteilung in explosionsgefährdete Bereiche

Bereiche, die eine explosionsfähige Atmosphäre aufweisen können, sind besonders gefährdet. Solche Bereiche werden nach Häufigkeit und Dauer unterschieden, mit der die Atmosphäre auftritt und entsprechend in Zonen eingeteilt.

Einteilung in explosionsgefährdete Bereiche nach dem Zonenmodell

Bereiche, die eine explosionsfähige Atmosphäre aufweisen können, sind besonders gefährdet. Solche Bereiche werden nach Häufigkeit und Dauer unterschieden, mit der die Atmosphäre auftritt und entsprechend in Zonen eingeteilt.

Die folgenden Zonendefinitionen entstammen der Gefahrstoffverordnung, GefStoffV: 2015, Anhang I, 1.7 und basieren auf der Richtlinie 1999/92/EG (ATEX 137).

1. Zum Zusammenhang zwischen Geräteschutz EPL und der Gerätekategorie nach Richtlinie 2014/34/EU siehe die Publikation zu "Zündschutzarten für elektrische Betriebsmittel – Zündschutzarten für gasexplosionsgefährdete Bereiche, Funktionsprinzip, Kennzeichnung, Besonderheiten bei der Anwendung." in dieser Kompendienreihe.

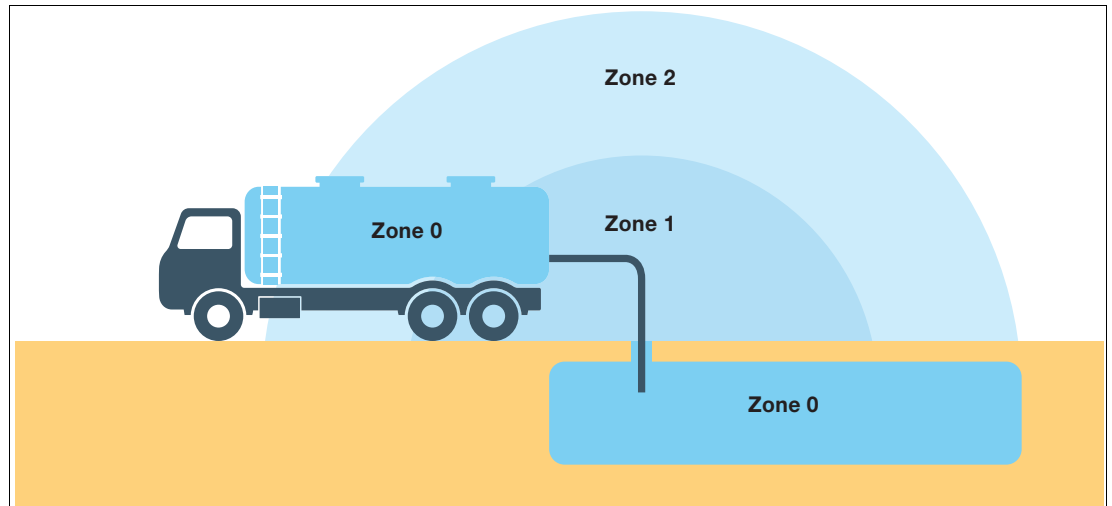


Abbildung 1 Schematische Zoneneinteilung am Beispiel einer unterirdischen Tankabfüllung

Zone 0	Bereich, in dem eine gefährliche 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 im Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann.
Zone 2	Bereich, in dem im Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln normalerweise nicht auftritt und wenn doch, dann nur selten und für kurze Zeit.

Tabelle 1 Definitionen für Zonen 0 ... 2 siehe auch IEC/EN 60079-10-1.

Zone 20	Bereich, in dem eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form von brennbarem Staub, der in der Luft enthalten ist, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.
Zone 21	Bereich, in dem sich im Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form von brennbarem Staub, der in der Luft enthalten ist, bilden kann.
Zone 22	Bereich, in dem im Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form von brennbarem Staub, der in der Luft enthalten ist, normalerweise nicht auftritt und wenn doch, dann nur selten und für kurze Zeit.

Tabelle 2 Definitionen für Zonen 20 ... 22 siehe auch IEC/EN 60079-10-2.

Zuordnung von explosionsgefährdeter Zone, Gerätekategorie, Geräteschutzniveau (EPL)



 Gerätekategorien für explosionsgefährdete Bereiche (ATEX)				 Typischer EPL (IEC bzw. EN 60079-...)	
Zone	Gruppe	Kategorie	Zusatz	Zone	EPL
0 / 20	II	1	G / D	0 / 20	Ga / Da
1 / 21	II	1, 2	G / D	1 / 21	Ga, Gb / Da, Db
2 / 22	II	1, 2, 3	G / D	2 / 22	Ga, Gb, Gc / Da, Db, Dc

Abbildung 2 Übersicht von Zone, Kategorie und zugehörigem EPL nach ATEX/IECEx

Wenn bei der Einteilung der Gefährdungsbereiche nur o. g. Zonen angegeben werden, können die jeweiligen Geräteschutzniveaus (bzw. Gerätekategorien) der Tabelle oben entnommen werden. Wenn die EPLs bzw. Gerätekategorien in der Dokumentation angegeben sind, sind diese Anforderungen für die ausgewählten Geräten zu erfüllen.

Geräteschutzniveaus bzw. Gerätekategorien basieren auf dem schon seit langem etablierten direkten Zusammenhang zwischen der vorliegenden Zone und en jeweils geeigneten Zündschutzarten.

Geräteschutzniveaus (EPLs) und Zündschutzarten bei gasexplosionsgefährdeten Bereichen

EPL	Zündschutzart	Kurzbezeichnung	In Übereinstimmung mit ...
Ga	Eigensicherheit	ia	IEC 60079-11
	Vergusskapselung	ma	IEC 60079-18
	2 unabhängige Zündschutzarten, die jeweils EPL Gb erfüllen (N4)	--	IEC 60079-26
	Schutz von Geräten und Übertragungssystemen, die optische Strahlung nutzen	op is	IEC 60079-28
	Sonderschutz	sa	IEC 60079-33

EPL	Zündschutzart	Kurzbezeichnung	In Übereinstimmung mit ...
Gb	Eigensicherheit	ib	IEC 60079-11
	Druckfeste Kapselung	db	IEC 60079-1
	Erhöhte Sicherheit	eb	IEC 60079-7
	Vergusskapselung	mb	IEC 60079-18
	Ölkapselung	ob	IEC 60079-6
	Überdruckkapselungen	p px py pxb pyb	IEC 60079-2
	Sandkapselung	qb	IEC 60079-5
	Eigensicherheitskonzept für den Feldbus (FISCO)		IEC 60079-27
	Schutz von Geräten und Übertragungssystemen, die optische Strahlung nutzen	op is op sh op pr	IEC 60079-28
Sonderschutz	sb	IEC 60079-33	

EPL	Zündschutzart	Kurzbezeichnung	In Übereinstimmung mit ...
Gc	Eigensicherheit	ic	IEC 60079-11
	Vergusskapselung	mc	IEC 60079-18
	Nicht funkend	nA	IEC 60079-15
	Schwadensicher	nR	IEC 60079-15
	Energiebegrenzung	nL	IEC 60079-15
	Funkenerzeugende Geräte	nC	IEC 60079-15
	Überdruckkapselungen	pz pzc	IEC 60079-2
	Schutz von Geräten und Übertragungssystemen, die optische Strahlung nutzen	op is op sh op pr	IEC 60079-28
Sonderschutz	sc	IEC 60079-33	

Geräteschutzniveaus (EPLs) und Zündschutzarten bei staubexplosionsgefährdeten Bereichen

EPL	Zündschutzart	Kurzbezeichnung	In Übereinstimmung mit ...
Da	Eigensicherheit	ia oder iaD	IEC 60079-11 oder IEC 61241-11
	Vergusskapselung	ma	IEC 60079-18
	Schutz durch Gehäuse	ta	IEC 60079-31
	Sonderschutz	sa	IEC 60079-33

EPL	Zündschutzart	Kurzbezeichnung	In Übereinstimmung mit ...
Db	Eigensicherheit	ib oder ibD	IEC 60079-11 oder IEC 61241-11
	Vergusskapselung	mb	IEC 60079-18
	Schutz durch Gehäuse	tb oder tD	IEC 60079-31 oder IEC 61241-11
	Überdruckkapselungen	pD	IEC 61241-4
	Sonderschutz	sb	IEC 60079-33

EPL	Zündschutzart	Kurzbezeichnung	In Übereinstimmung mit ...
Dc	Eigensicherheit	ic	IEC 60079-11
	Vergusskapselung	mc	IEC 60079-18
	Schutz durch Gehäuse	tc oder tD	IEC 60079-31 oder IEC 61241-11
	Überdruckkapselungen	pD	IEC 61241-4
	Sonderschutz	sc	IEC 60079-33

Neue Kennzeichnungs-codes für den Schutz mit EPLs können in der Zukunft eingeführt werden.

Typische GeräteKennzeichnung

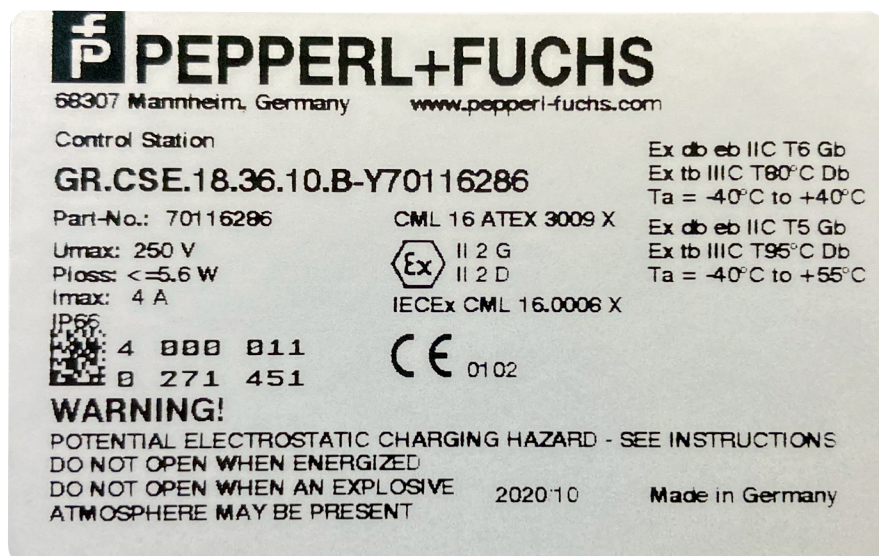


Abbildung 3 Beispiel eines Typenschilds mit einer GeräteKennzeichnung für einen Steuerkasten mit Ex-d-e-Zulassung aus dem Hause Pepperl+Fuchs

Auswahl nach Gerätegruppen

Über die vorliegenden Zonenanforderungen hinaus sind Geräte stets so auszuwählen, dass die Gerätegruppe die Anforderungen der jeweiligen Gasgruppe bzw. Staubgruppe erfüllt. Kennzeichnungen von Geräten der Zündschutzarten "i" und "d" werden seit längerem mit Untergruppe versehen, z. B.:

Ex ia IIC T6 Ga

Ex db IIB T4 Gb

Bei anderen Zündschutzarten war die nicht der Fall; hier enthielt die Kennzeichnung lediglich die Gruppe "II":

EEx m II T5

EEx e II T4

In der Zwischenzeit werden Geräte sämtlicher (Gas-) Zündschutzarten mit der Unterteilung a, b oder c versehen:

Ex ma IIB T5 Gb

Ex eb IIC T4 Gb

Was auf den ersten Blick unverständlich erscheint, wird klarer, wenn man sich den Hintergrund dieser "neuen" Kennzeichnung vor Augen führt. Traditionell wurden elektrostatische Zündgefahren, die z. B. von isolierenden Kunststoffgehäusen explosionsgeschützter Geräte ausgehen konnten, durch die Kennzeichnung "X" sowie einen entsprechenden Hinweis in der Gerätedokumentation abgedeckt ("Gehäuse nicht elektrostatisch aufladen!"). Mittlerweile gibt es jedoch Vorgaben maximal zulässiger elektrostatisch aufladbarer Oberflächen abhängig der jeweiligen Gasgruppe. Für Einzelheiten hierzu siehe Kapitel "Grundlegende elektrostatische Schutzmaßnahmen".

Zuordnung von Gas/Dampf- bzw. Staubgruppen zu zulässigen Gerätegruppen

Gas/Dampf- oder Staubgruppe abhängig vom Einsatzort	Zulässige Gerätegruppe
IIA	II, IIA, IIB oder IIC
IIB	II, IIB oder IIC
IIC	II oder IIC

Zuordnung von Elektrostatikgruppen zu zulässigen Gerätegruppen

Elektrostatikgruppe abhängig vom Einsatzort	Zulässige Gerätegruppe
IIIA	IIIA, IIIB oder IIIC
IIIB	IIIB oder IIIC
IIIC	IIIC

Auswahl nach Zündtemperatur bzw. Temperaturklasse

Es liegt auf der Hand, dass die Temperatur heißer Oberflächen in explosionsgefährdeten Bereichen die Zündtemperatur der vorliegenden Stoffe nicht überschreiten darf. Das gilt auch für die Temperatur, die durch die verwendeten Geräte erzeugt wird. Da brennbare Stäube im Gegensatz Gasen und Dämpfen nicht in Temperaturklassen eingeteilt werden, ist bei diesen eine etwas andere Herangehensweise bei der Geräteauswahl erforderlich.

Zu beachten ist hierbei stets, dass die Geräte Kennzeichnung mit einer Temperaturklasse bzw. einer maximal zu erwartenden Oberflächentemperatur immer an den vom Hersteller vorgegebenen Umgebungstemperaturbereich gekoppelt ist. Wenn keine Angabe zum Umgebungstemperaturbereich in der Kennzeichnung vorhanden ist, ist das Gerät für den Einsatz in einem Temperaturbereich von - 20 °C ... + 40 °C geeignet.

Gas oder Dampf

Durch Zonen bzw. Zündtemperaturen bedingte zulässige Temperaturklassen eines Geräts

Durch die Zoneneinteilung geforderte Temperaturklasse	Zündtemperatur von Gas oder Dampf in °C	Zulässige Temperaturklassen des Geräts
T1	> + 450	T1, T2, T3, T4, T5, T6
T2	> + 300	T2, T3, T4, T5, T6
T3	> + 200	T3, T4, T5, T6
T4	> + 135	T4, T5, T6
T5	> + 100	T5, T6
T6	> + 85	T6

Staub

Im Gegensatz zu gasexplosionsgeschützten Geräten, bei denen der jeweilige Hersteller bereits einen vorgegebenen Sicherheitsaufschlag zwischen der Grenze der gekennzeichneten Temperaturklasse und der tatsächlich zu erwartenden Oberflächentemperatur zu berücksichtigen hat, ist dies bei staubexplosionsgeschützten Geräten nicht der Fall. Hier liegt die Beachtung des erforderlichen Sicherheitsaufschlags beim Planer bzw. Anlagenbetreiber.

Da viele Stäube Zündtemperaturen weit oberhalb + 100 °C haben, messen viele Hersteller von staubexplosionsgeschützten Betriebsmitteln nicht die realen Heißpunkte an der Außenoberfläche der Betriebsmittel. Stattdessen geben sie eine maximale Oberflächentemperatur an, die sich aus den Temperaturklassen für Gas ableiten, obwohl die realen maximalen Oberflächentemperaturen noch deutlich niedriger sind.

Beispiele:

Gas: T6 => Staub: + 80 °C

Gas: T5 => Staub: + 95 °C

Temperaturbegrenzungen aufgrund von Staubwolken

Die maximale Oberflächentemperatur des Geräts darf zwei Drittel der Mindestzündtemperatur des betreffenden Staub-Luft-Gemischs in Grad Celsius nicht überschreiten:

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

Dabei ist T_{CL} die Mindestzündtemperatur der Staubwolke.

Temperaturbegrenzungen aufgrund von Staubablagerungen

Wenn in der Kennzeichnung des Geräts keine Staubschichtdicke angegeben wird, ist ein Sicherheitsfaktor zur Berücksichtigung der Staubschichtdicke anzuwenden.

Die maximale Oberflächentemperatur des Geräts darf bei der staubfreien Prüfung den Wert von + 75 °C unter der Mindestzündtemperatur bei einer Schichtdicke des betreffenden Staubs von 5 mm nicht überschreiten.

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

Dabei ist $T_{5\text{ mm}}$ die Mindestzündtemperatur der Staubablagerung von 5 mm.

Wenn die Zündtemperatur einer Schicht von 5 mm unter + 250 °C liegt, muss ein Labornachweis für die eingesetzten Betriebsmittel erbracht werden.

**Hinweis!****Sicherheitsaufschläge vs. Staubvermeidung**

Für Staubablagerungen zwischen 5 mm ... 50 mm werden in der IEC/EN 60079-14 (VDE 0165-1) erhöhte Sicherheitsaufschläge vorgegeben. Sollte es jedoch prozesstechnisch möglich sein, Staubablagerungen mit einer Dicke von mehr als 5 mm zu vermeiden, so ist dies zu bevorzugen.

Auswahl nach äußeren Einflüssen

Äußere Einflüsse, die den Explosionsschutz der eingesetzten Geräte nachteilig beeinflussen können, sollten sinnvoller Weise bereits in der Planungsphase der Anlage berücksichtigt werden. Können diese durch die Auswahl geeigneter Geräte nicht vollständig eliminiert werden, sind die erforderlichen Prüfpläne der Anlage entsprechend anzupassen. Dies kann z. B. durch Verkürzung der Prüfzeiten der Wiederholungsprüfung erfolgen oder durch eine Detailprüfung anstelle von einer Sichtprüfung oder Nahprüfung.

Schädigende äußere Einflüsse können sein:

- extrem niedrige oder hohe Temperaturen
Beispiel: Bei niedrigen Temperaturen kann die Schlagfestigkeit des Gerätegehäuses reduziert werden
- Sonneneinstrahlung
Beispiel: Sonneneinstrahlung kann zu erhöhter Erwärmung des Geräts führen und Kunststoffe schädigen
- Druckbedingungen
Beispiel: Druckerhöhung bei nicht-atmosphärischen Bedingungen müssen beachtet werden
- korrosive Atmosphäre
Beispiel: Salzwasser – insbesondere in Verbindung mit erhöhter ultraviolette Strahlung - kann Geräte schädigen
- mechanische Schwingungen, mechanische Stöße, Reibung oder Abrieb
- Farbanstriche
Beispiel: Farbanstriche können elektrostatische Eigenschaften sowie die Wärmeabfuhr beeinträchtigen
- Korrosion durch Chemikalien
- Wasser und Feuchtigkeit
- Staub
Beispiel: Vorhandene Staubablagerungen können die Wärmeabfuhr beeinträchtigen
- Pflanzen, Tiere, Insekten
Beispiel: Bei manchen Kunststoffen kann es in bestimmten Regionen zu Termitenbefall kommen Mäusefraß an Kabelmantel.



Beispiel für Korrosion durch Chemikalien
Quelle: thuba AG



Beispiel für Wassereintritt ins Gerät
Quelle: thuba AG



Beispiel für Mäusefraß am Kabelmantel
Quelle: Pepperl+Fuchs

Insbesondere bei zu erwartender Kondenswasserbildung in Gehäusen sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen. Geeignete Möglichkeiten sind z. B. der Einsatz von Drainagestopfen zum Entwässern oder von Klimastutzen für den Druckausgleich.

i

Hinweis!

Fachgerechte Maßnahmen gegen Kondenswasserbildung

Auf keinen Fall zu empfehlen ist es, Gehäuse mechanisch zu beschädigen – z. B. durch Anbohren, um Kondenswasser ablaufen zu lassen, wie leider gelegentlich zu beobachten.

Nutzen Sie stattdessen Klimastutzen für den Druckausgleich und um die Kondenswasserbildung im Gehäuse zu minimieren.



Abbildung 4 Beispiel für einen Klimastutzen im Gehäuse

Transportable Geräte

Zur Nutzung stehen dem Anlagenbetreiber grundsätzlich zwei Arten von transportablen Geräten zur Verfügung:

- explosionsgeschützte Geräte, die für den jeweiligen Einsatzfall geeignet sind
- nicht explosionsgeschützte Geräte, die nur im Rahmen eines entsprechenden Arbeitsfreigabesystems genutzt werden können Hinweise zu den grundlegenden Anforderungen an solche Arbeitsfreigabesysteme finden sich im Anhang B der IEC/EN 60079-14 (VDE 0165-1).



Beispiel

Vorgehen bei der Anlageninstandsetzung mit Schweißarbeiten

In einer Anlage sind Instandsetzungen in einem explosionsgefährdeten Bereich der Zone 1 durchzuführen. Dabei sind Arbeiten mit einem Schweißgerät notwendig. Da das Schweißgerät keine Zulassung für den explosionsgefährdeten Bereich hat, ist die Verwendung nur im Rahmen eines Arbeitsfreigabesystems möglich.



Tipp

Mobile Geräte für Service und Wartung in explosionsgefährdeten Bereichen

Für den Einsatz im explosionsgefährdeten Bereich gibt es spezielle Mobiltelefone, Smartphones oder auch Tablets, die häufig für den Gebrauch in Zone 1 bzw. Zone 21 geeignet sind. In Zone 0 (z. B. im Innern eines Lagertanks) bzw. in Zone 20 (Silo) sind solche mobile Geräte nicht einsetzbar. An solchen Orten ist ihr Einsatz in der Regel auch gar nicht erforderlich oder angestrebt.



Abbildung 5 Mobile Geräte für den Einsatz in explosionsfähigen Bereichen

Batterien

Ohne geeignete Vorsichtsmaßnahmen dürfen Ersatzbatterien weder in den explosionsgefährdeten Bereich verbracht noch darf ein Austausch von Batterien erfolgen.



Hinweis!

Wichtig bei Batterietausch

Beim Austausch der Batterien von explosionsschutzgeschützten Geräten ist darauf zu achten, welcher Batteriehersteller und Batterietyp für das jeweilige Gerät zugelassen ist. Die zugelassenen Hersteller und Typen sind in der Betriebsanleitung genannt.

Drehende elektrische Maschinen

Bei der Auswahl elektrischer Maschinen sind die folgenden Aspekte besonders zu berücksichtigen:

- Lastspiel
- Versorgungsspannung und Frequenzbereich
- Wärmeübertragung vom angetriebenen Gerät (z. B. einer Pumpe mit Wärmeträgeröl)
- Lebensdauer von Lagern und Schmiermitteln
- Isolationsklasse

Als besonders kritischer Umgebungseinfluss kann z. B. starke mechanische Schwingung betrachtet werden. Dadurch besteht eine erhöhte Gefahr des Lockerns von Anschlussklemmen sowie einer verstärkten Belastung des Kabels sowie der Verschraubung.

Betriebsarten elektrischer Antriebe

Motoren können in verschiedenen Betriebsarten betrieben werden. Diese sind im Folgenden aufgeführt.

Der Motorhersteller gibt Auskunft darüber, für welche Betriebsarten der Motor geeignet ist sowie Werte für die Betriebsdauer, die Belastungszeit oder die relative Einschaltdauer, falls diese Informationen benötigt werden.

Dem Motor muss vom Betreiber einer Betriebsart zugeordnet werden. Weitere Infos hierzu finden sich in IEC/EN 60034-1 (VDE 0530-1).

Mögliche Betriebsarten sind:

- S1: Dauerbetrieb
- S2: Kurzzeitbetrieb
- S3: Aussetzbetrieb ohne Einfluss des Anlaufvorgangs
- S4: Aussetzbetrieb mit Einfluss des Anlaufvorgangs
- S5: Aussetzbetrieb mit Einfluss des Anlaufvorgangs und der elektrischen Bremsung
- S6: Durchlaufbetrieb mit Aussetzbelastung
- S7: Ununterbrochener Betrieb mit Anlauf und elektrischer Bremsung
- S8: Ununterbrochener Betrieb mit periodischer Lastdrehzahl-Änderung
- S9: Ununterbrochener Betrieb mit nichtperiodischer Last- und Drehzahländerung

Motoren mit stromabhängig zeitverzögerten Überlastschutzeinrichtungen sind dann im Dauerbetrieb zulässig, wenn hierbei nur leichte und seltene Anlaufvorgänge auftreten und somit keine nennenswerte zusätzliche Erwärmung hervorgerufen wird. Bei häufigen oder schweren Anlaufvorgängen muss eine geeignete Schutzeinrichtung sicherstellen, dass die Grenztemperatur nicht überschritten wird.¹

1. Schwere Anlaufvorgänge liegen dann vor, wenn der Motor durch die an den Bemessungsstrom angepasste, stromabhängig zeitverzögerte Schutzeinrichtung abgeschaltet wird, bevor dieser seine Bemessungsdrehzahl erreicht hat.

Schutz gegen Überlast und gegen unzulässige Erwärmung

Kann ein Motor den von ihm benötigten Anlaufstrom oder ein Generator den Kurzschlussstrom nicht dauerhaft ohne unzulässige Erwärmung führen, muss diese Maschine zusätzlich gegen Überlast geschützt werden.

Hierbei lässt die Norm unterschiedliche Ausführungen zu:

- stromabhängige, zeitverzögerte Einrichtung (Motorschutzschalter, maximal auf den Bemessungsstrom einzustellen) oder
- direkte Temperaturüberwachung (Wicklungstemperaturfühler) oder
- andere gleichwertige Einrichtung

Bisher gibt es jedoch keine dieser anderen, gleichwertigen Einrichtungen. Es handelt sich hierbei um eine Öffnungsklausel für kommende, zugelassene Überwachungen. Dazu zählt z. B. eine zugelassene Schutzeinrichtung, bei der die Drehzahl des Motors überwacht wird, um eine unzulässige Erhitzung zu verhindern.

Die Kontrolle der Wicklungstemperatur ist wichtig, da die Isolationsschicht der Spule bei höheren Temperaturen beschädigt wird und einen Kurzschluss auslösen kann. Dabei wird die Spule weiter erhitzt. Dies kann eine Funkenbildung sowie eine Überschreitung der maximal zulässigen Oberflächentemperatur zur Folge haben.

Isolierstoffklassen

Um geeignete Schutzmaßnahmen treffen zu können, wird dem Wicklungsmaterial eine Isolierstoffklasse zugeordnet. Die Isolierstoffklasse gibt an, bis zu welcher Grenztemperatur das jeweilige Material eine funktionierende Isolationsschicht besitzt. Die Wicklungstemperatur darf also nicht über der Grenztemperatur des verwendeten Wicklungsmaterials liegen.

Die Isolierstoffklassen werden in der folgenden Tabelle aufgeführt.

Mögliche Isolierstoffklassen

Thermische Klasse in °C	Buchstabenbezeichnung
90	Y
105	A
120	E
130	B
155	F
180	H
200	N
220	R
250	-

Tabelle 1 Liste der Isolierstoffklassen

Motoren im Umrichterbetrieb

Motoren können neben dem Netzbetrieb auch mit einem Antriebsumrichter oder einer Sanftanlaufeinrichtung versorgt werden. Hierbei ist jedoch besondere Vorsicht geboten, da dies das Temperaturverhalten des Motors in aller Regel stark (negativ) beeinflussen kann. Achtung: Beim Betrieb von Motoren mit Spannungen über 1 kV muss eine sorgfältige Betrachtung der möglichen, durch die hohen Spannungen entstehenden, Gefahren durchgeführt werden. Nähere Informationen sind in IEC/EN 60079-14 Abschnitt 5.11.5 enthalten. Der Motor muss hierbei eine der folgenden Voraussetzungen erfüllen:

- Der Motor ist für die entsprechende Betriebsart als Einheit, in Verbindung mit dem Antriebsumrichter sowie der Schutzeinrichtung typgeprüft worden.
- Der Motor ist mit einer entsprechenden Einrichtung versehen, die die Temperatur des Motors durch einen Temperaturfühler in der Spule kontrolliert und diesen bei übermäßiger Erwärmung abschaltet.

Alternativ können auch andere wirksame Maßnahmen ergriffen werden, die die Oberflächentemperatur des Motorgehäuses begrenzen. Stromabhängig zeitverzögerte Schutzeinrichtungen sind keine geeignete Maßnahme hierfür und sollten nicht eingesetzt werden.

Zündschutzart	Kombi-Zertifikat ¹	Temperaturüberwachung ²
Druckfeste Kapselung "d"	erlaubt	erlaubt
Erhöhte Sicherheit "e"	erlaubt	nicht erlaubt
Überdruckgekapselte Gehäuse "p" und "pD"	erlaubt	erlaubt
Schutz durch Gehäuse, Umrichterbetrieb "t"	erlaubt	erlaubt
nicht funkend "nA"	erlaubt	erlaubt

Tabelle 2 ¹ Der Motor ist für die jeweilige Betriebsart als Einheit in Verbindung mit dem Antriebsumrichter sowie der vorgesehenen Schutzeinrichtung typgeprüft worden.

² Die Motortemperatur muss durch eine Einrichtung, anhand in der Wicklung eingebetteter Temperaturfühler, direkt kontrolliert werden. Bei übermäßiger Erwärmung muss eine Schutzeinrichtung den Motor abschalten. Dies gilt gleichermaßen für Sanftanlaufsteuerungen.

Kabel und Leitungen

Die Norm lässt in Bezug auf die Auswahl von Kabel und Leitungen in explosionsgefährdeten Bereichen bei fest installierten und bei ortsveränderlichen Geräten dem Planer bzw. Anwender einen erheblichen Ermessensspielraum. Im Folgenden sind die grundlegenden Anforderungen kurz beschrieben.

- Aufrechterhaltung der wesentlichen Merkmale der jeweiligen Zündschutzart:

Insbesondere bei Geräten der Zündschutzart "d" ist eine erhöhte Aufmerksamkeit dahingehend zu richten, dass es nicht zu einer Übertragung von Flammen oder heißen Gasen aus dem Inneren des Geräts in die umgebende explosionsfähige Atmosphäre kommt.

- Schutz vor Beschädigung aufgrund von Ursachen wie:

- mechanische Gefährdung
- UV-Einstrahlung
- chemisch aggressive Stoffe
- Marderbiss oder Insektenfraß
- usw.

Dies kann durch Auswahl von Kabeln und Leitungen mit einer geeigneten Ummantelung und/oder Installation im Schutzrohr oder Schutzschlauch erfolgen.

- Begrenzung der Oberflächentemperatur durch Dimensionierung abhängig von Strom und Verlegeart.
- Verhinderung von Flammenausbreitung beispielsweise durch Prüfung nach IEC 60332-1-2 bzw. -2-2, Brandschott, o. ä.
- Einhaltung der Mindestzugfestigkeit. Kabel und Leitungen mit einer Zugfestigkeit des inneren oder äußeren Mantels < 8,5 MPa dürfen nicht eingesetzt werden.

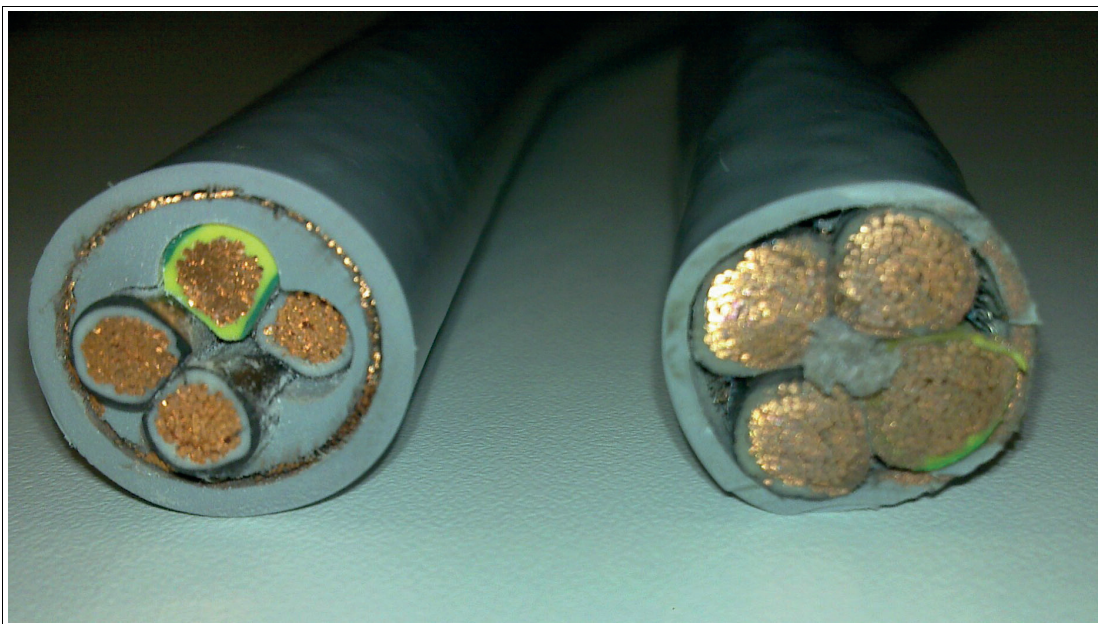


Abbildung 1 Links: Der Kabelmantel entspricht Ex-d-Anforderungen.
Rechts: Der Kabelmantel entspricht ohne zusätzliche Maßnahmen nicht den Ex-d-Anforderungen und birgt die Gefahr eines Flammendurchschlags o. ä.
Quelle: Pepperl+Fuchs

Aluminiumleiter

Aluminium darf nur dann als Leiterwerkstoff in nicht energiebegrenzten oder eigensicheren Anlagen eingesetzt werden, wenn es mit einer geeigneten Anschlussvorrichtung versehen ist und eine Leiterquerschnittsfläche von $\geq 16 \text{ mm}^2$ hat. Auch Vorkehrungen gegen elektrolytische Korrosion sollten getroffen werden.

Kabel und Leitungen für die feste Verlegung

Für feste Verlegung sind Kabel und Leitungen mit folgenden Eigenschaften geeignet:

- thermo-/duroplastische oder elastomere Ummantelung, kreisförmig und kompakt ohne hygroskopische Füllstoffe oder
- Mineralisolierung mit Metallummantelung oder
- Sonderkabel



Hinweis!

Was sind Sonderkabel?

Die Bezeichnung "Sonderkabel" führt häufig zu Missverständnissen. Hierbei handelt es sich nicht unbedingt um eine kundenspezifische Sonderanfertigung, sondern um ein Kabel, was auf Basis einer Gefährdungsbeurteilung für den jeweiligen Anwendungsbereich ausgewählt wurde.

Flexible Kabel und Leitungen für ortsveränderliche oder tragbare Geräte

Für ortsveränderliche oder tragbare Geräte sind folgende Leitungen geeignet:

- Leitungen mit Außenmantel aus schwerem Polychloropren, schwerer Gummischlauchleitung
- Leitungen mit einem gleichwertig robustem Aufbau
- Leitungen mit einem Mindestquerschnitt 1 mm²; ggf. ist ein erforderlicher Schutzleiter in der Leitung mitzuführen

Umgang mit unbenutzten Einzeladern

Ein häufig diskutiertes Thema ist die Frage, wie in einem mehradrigen Kabel mit unbenutzten Einzeladern umzugehen sei. Die Norm lässt hier grundsätzlich zwei Möglichkeiten zu:

- unbenutzte Adern sind am Ende im explosionsgefährdeten Bereich sicher zu erden oder
- unbenutzte Adern sind über eine geeignete Einrichtung von Erde zu isolieren (z. B. über eine geeignete Anschlussklemme)

In der Regel werden seitens der Prüfsachverständigen der zugelassenen Überwachungsstellen auch Schrumpfkappen akzeptiert.

Anschlussklemmen

Bei Verwendung von Aderleitungen und Anschlussklemmen ist Folgendes zu beachten:

- Adern gemäß der Herstellerdokumentation der Anschlussklemmen anschließen
- ggf. sind Adern gegen Aufspleißen zu schützen; nicht zulässig: Löten
- abhängig von der Zündschutzart sind Luft- und Kriechstrecken einzuhalten

Weiterleitung und Ansammlung von brennbaren Stoffen

Schon in früheren Ausgaben der IEC/EN 60079-14 (VDE 0165-1) wurde die Forderung erhoben, Kabel und Leitungen so auszuwählen und zu installieren, dass weder durch die Kabel selbst, noch durch evtl. vorhandene Schutzrohre oder Schutzschläuche eine Fortleitung brennbarer Gase und Dämpfe bzw. explosionsfähiger Atmosphäre erfolgen kann, Stichwort "Zonenverschleppung". Dies kann durch Auswahl geeigneter Kabel und Leitungen erfolgen, die ausreichend "gasdicht" sind oder aber durch Abdichtung von Schächten, Kanälen oder Rohren mit Sand oder anderen geeigneten Mitteln. Auch durch eine angemessene Belüftung kann bei Gräben eine Ansammlung brennbarer Stoffe verhindert werden.

Was die "Gasdichtheit" von Kabeln und Leitungen selbst betrifft, beschreibt der Anhang H der Norm ein Prüfverfahren, das Anwender selbst nur mit einem nicht ganz unerheblichen Aufwand durchführen können. Empfehlenswert ist hier z. B. eine Nachfrage beim jeweiligen Kabelhersteller, der ggf. über eine entsprechende Erklärung die erforderliche Dichtheit seiner Kabel bestätigen kann.

Ansammlungen von Staub

Kabel- und Leitungseinführungen sollten so angeordnet sein, dass sich möglichst wenig Staub ansammeln kann und dass sie für die Reinigung gut zugänglich sind. Wenn Kabel und Leitungen durch Pritschen, Kanäle, Rohre oder Gräben geführt werden, sind Maßnahmen zu treffen, um den Durchgang und das Ansammeln von Staub im Innern zu verhindern.

Kabel und Leitungen in staubiger Atmosphäre sollten so dimensioniert sein, dass es möglichst zu keiner Erwärmung der Kabel kommt, da vorhandene Staubablagerungen isolierend wirken und die Wärmeabfuhr beeinträchtigen können.

Kabel- und Leitungseinführungssysteme und Verschlusselemente

Auswahl von Kabel- und Leitungseinführungen

Kabel- und Leitungseinführungen müssen passend zum Kabel- und Leitungsdurchmesser ausgewählt werden. Das Kabel darf nicht durch den Einsatz anderer Materialien (z. B. Dichtband, Schrumpfschlauch an die Kabel- und Leitungseinführung angepasst werden. Hierdurch wird die erforderliche Schutzart (IP) gewährleistet. Zum anderen werden die Eigenschaften der jeweiligen Zündschutzart des angeschlossenen Geräts aufrechterhalten. Insbesondere bei Geräten der Zündschutzart "d" ist genauestens darauf zu achten, dass es im Fall einer inneren Entzündung nicht zu einem Flammendurchschlag an der Kabelverschraubung kommen kann.

Bei ausreichender Kenntnis des Funktionsprinzips der verschiedenen Zündschutzarten liegt es auf der Hand, dass bei Geräten der Zündschutzart "d" mit einer direkten Kabel- und Leitungseinführung eine Verschraubung der Zündschutzart "e" ungeeignet und unzulässig wäre.¹

Häufig jedoch wird die Frage gestellt, wie es denn im umgekehrten Fall aussehe: Darf bei einem Gerät der Zündschutzart "e" (zum Beispiel Klemmenkasten) eine Verschraubung (oder ein Verschlusselement) der Zündschutzart "d" verwendet werden?

In früheren Jahren war diese Frage seitens des Planers oder Betreibers nur mit erheblichem Aufwand zu beantworten, denn man hätte die Anforderungen an Kabel- und Leitungseinführungen aus den jeweiligen Gerätenormen entnehmen und vergleichen müssen. Zwischenzeitlich gestaltet sich dieses Thema deutlich einfacher, enthält die aktuelle Ausgabe der Installationsnorm doch folgende Tabelle, die den Zusammenhang herstellt zwischen der Zündschutzart des Geräts sowie der jeweiligen Verschraubungen.

1. Für Einzelheiten s. Publikation "Zündschutzarten für elektrische Betriebsmittel – Zündschutzarten für gasexplosionsgefährdete Bereiche, Funktionsprinzip, Kennzeichnung, Besonderheiten bei der Anwendung."

Zulässige Kombinationen von Zündschutzarten für Geräte und für Verbindungstechnik nach IEC/EN 60079-14

Schutztechnik für das Gerät	Schutztechnik für Kabeleinführungen, Adapter und Verschlüsselemente			
	Ex "e"	Ex "d"	Ex "n"	Ex "t"
Ex "d"		X		
Ex "e"	X	X		
Ex "i" und "nL" - Gruppe II ¹	X	X	X	
Ex "i" - Gruppe III				X
Ex "m"	Ex "m" würde normalerweise nicht für Verdrahtungsverbindungen verwendet werden. Die Schutztechnik für Verbindungen muss zu dem benutzten Verdrahtungssystem passen.			
Ex "n"	X	X	X	
Ex "o"	Ex "o" würde normalerweise nicht für Verdrahtungsverbindungen verwendet werden. Die Schutztechnik für Anschlüsse muss zu dem benutzten Verdrahtungssystem passen.			
Ex "p", alle Schutzarten	X	X	X ²	
Ex "pD"				X
Ex "q"	Ex "q" würde normalerweise nicht für Verdrahtungsverbindungen verwendet werden. Die Schutztechnik für Verbindungen muss zu dem benutzten Verdrahtungssystem passen.			
Ex "s"	Nur die in den Bedingungen des Zertifikats zugelassenen			
Ex "t"				X

Tabelle 1 X kennzeichnet die zugelassene Nutzung.

¹ Wenn nur ein eigensicherer Stromkreis verwendet wird, bestehen keine festgelegten Anforderungen für Kabeleinführungen.

² Nur zulässig für Gc-Anlagen.

Besonderheiten bei druckfesten Kabel- und Leitungseinführungen

Eine grundlegende Unterscheidung solcher Verschraubungen kann dahingehend getroffen werden, dass diese entweder

- von einfacher Bauart mit Dichtelement sind oder
- mit einer aushärtenden Dichtungsmasse versehen werden müssen: Vergussverschraubungen ("barrier glands")

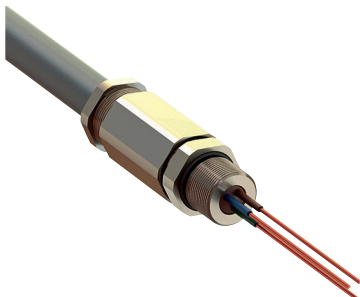


Abbildung 2 Beispiel für eine Vergussverschraubung

Vergussverschraubungen sind Ex-d-Metallverschraubungen für armierte oder unarmierte Kabel. Sie sind mit einer Zweikomponenten-Vergussmasse gefüllt, die die einzelnen Adern im Inneren so umschließt, dass ein Explosionsaustritt über das Kabel sicher verhindert wird.

Hierzu sagt die Norm IEC/EN 60079-14 in Kapitel 10.6.2, dass die Verwendung von normalen Ex-d-Kabelverschraubungen nur erlaubt ist, wenn die beiden folgenden Bedingungen für die Kabel erfüllt sind:

- Die minimale Länge des verbundenen Kabels bzw. der verbundenen Leitung beträgt 3 m
- Ummantelung mit einem thermoplastischen, duroplastischen oder elastomeren Werkstoff. Sie muss kreisförmig und kompakt sein

Jegliche Einbettungen oder Mäntel müssen extrudiert sein. Wenn Füllstoffe vorhanden sind, dürfen diese nicht hygroskopisch sein. Sind diese Bedingungen nicht erfüllt, müssen Vergussverschraubungen verwendet werden. Der kritischste Punkt bei der Evaluierung, ob die Verwendung von Vergussverschraubungen vermieden werden kann, liegt im Aufbau und der Qualität des Kabels. Dies wirft folgende Fragen auf:

- Wann ist ein Kabel nicht mehr "kreisförmig" oder was bedeutet "kompakt" in der Realität?
- Wie weiß der Anwender, ob eine Einbettung oder ein Mantel extrudiert wurde oder ob ein Füllstoff nicht hygroskopisch ist?



Abbildung 3 Links: Ein gut befülltes Kabel
Rechts: Ein unzureichend befülltes Kabel

Vergussverschraubungen müssen verwendet werden, wenn der innere Kabelaufbau und die äußere installierte Kabellänge eine Explosionsübertragung nicht zuverlässig verhindern. Die Kabelhersteller werden kaum offizielle Bestätigungen für die Einhaltung einer oder sogar aller der o. g. Bedingungen geben. Auch die Kabelverschraubungshersteller können i. d. R. keine Aussagen zu Kabeln geben, die sich bei herkömmlichen Ex-d-Verschraubungen bewährt haben, obwohl einige Kombinationen in realen Labor-Explosionsexperimenten bereits getestet wurden.

Unter erfahrenen Installateuren in explosionsgefährdeten Bereichen ist es allgemein bekannt, dass die Installation von Vergussverschraubungen – aber auch von normalen armierten Ex-d-Verschraubungen – eine Quelle für potenzielle Installationsfehler ist. Selbst wenn der Explosionsschutz ohne Probleme funktioniert, kann dieser doch von einer Gummidichtung von lediglich 10-mm-Länge abhängen.

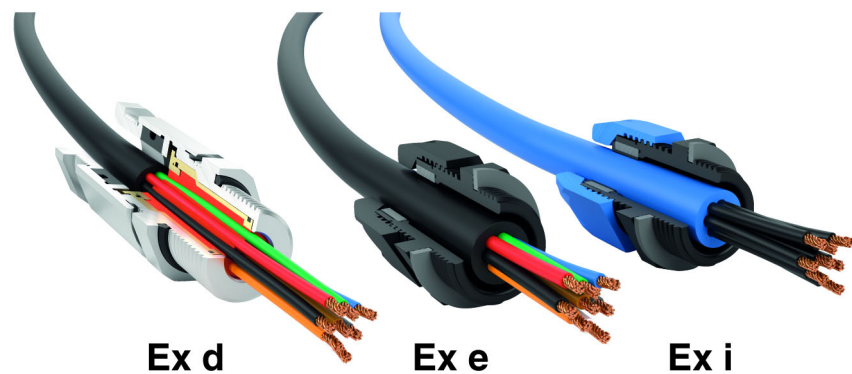


Abbildung 4 Ex-Vergussverschraubungen im Schnitt

Schutz gegen Funken – statische Elektrizität

Ein Punkt, der in den vergangenen Jahren ganz erheblich an Bedeutung gewonnen hat, ist der Schutz vor gefährlicher elektrostatischer Aufladung von Oberflächen in explosionsgefährdeten Bereichen. Auch wenn die Hersteller explosionsgeschützter Geräte hierbei eine Reihe von Anforderungen zu beachten haben, so bleiben dennoch eine Vielzahl von Bauteilen übrig, die vom Planer bzw. dem Anwender selbst einer kritischen Überprüfung zu unterziehen sind. Dabei kann es sich z. B. um folgende Bauteile handeln:

- Kunststoff- bzw. mit Kunststoff beschichtete Kabelpripschen
- Schutzrohre
- Schutzschläuche
- Tragseile
- andere Bauteile, die nicht der Richtlinie 2014/34/EU unterliegen und damit ohne Kennzeichnungs- oder Zertifizierungspflicht hinsichtlich des Explosionsschutzes

Grundlegende elektrostatische Schutzmaßnahmen

Zur Vermeidung gefährlicher elektrostatischer Aufladung stehen folgende Maßnahmen zur Verfügung:

- Auswahl von Werkstoffen mit einem maximal zulässigen Oberflächenwiderstand
- Begrenzung aufladbarer Oberflächen
- Begrenzung der Dicke isolierender Schichten auf leitenden Oberflächen
- Warnhinweis

Werkstoffauswahl

Wenn Werkstoffe ausgewählt werden, die einen nach IEC/EN 60079-0 gemessenen Oberflächenwiderstand nicht überschreiten, dann gilt die Gefahr einer Entzündung durch elektrostatische Entladungen als hinreichend klein:

- $10^9 \Omega$, gemessen bei (50 \pm 5) % relativer Feuchte oder
- $10^{11} \Omega$, gemessen bei (30 \pm 5) % relativer Feuchte

Hierbei handelt es sich um leitfähige, mindestens jedoch um sog. "ableitfähige" Werkstoffe wie z. B. mit Kohlenstoff angereicherte Kunststoffe, die ohne diese Maßnahme elektrisch isolierend wären. Beide Werkstoffarten – leitfähige wie auch ableitfähige – werden als antistatisch bezeichnet.

Oberflächenbegrenzung

Wenn isolierende Werkstoffe verwendet werden müssen, deren Oberflächenwiderstände größer sind als die zuvor genannten, dann besteht u. U. die Möglichkeit, deren Oberfläche und damit die Höhe der elektrostatisch gespeicherten Energie zu begrenzen. Folgende Werte gibt die Norm vor:

EPL	Oberflächenbereich [mm ²]		
	Gruppe IIA	Gruppe IIB	Gruppe IIC
Ga	5000	2500	400
Gb	10 000	10 000	2000
Gc	10 000	10 000	2000

Tabelle 1 Die Tabelle ist anwendbar bei Gehäusen, (Plexiglas-) Sichtscheiben, Hinweisschildern usw.

Bei langgestreckten, dünnen Objekten wie Installationsrohren oder Installationsschläuchen, Tragseilen usw. sind nicht Gesamtoberfläche in mm, sondern deren Durchmesser zu begrenzen, da der Krümmungsradius einer Oberfläche entscheidenden Einfluss auf die zu erwartende Funkenenergie hat.

EPL	Breite bzw. Durchmesser [mm]		
	Gruppe IIA	Gruppe IIB	Gruppe IIC
Ga	3	3	1
Gb	30	30	20
Gc	30	30	20

Tabelle 2 Die Tabelle ist anwendbar bei Installationsrohren oder -schläuchen usw.

Dickenbegrenzung

Farb- oder Korrosionsschutzaufträgen auf geerdeten Metallteilen wirken i. d. R. elektrisch isolierend. Dort besteht die Gefahr, dass ab bestimmten Schichtdicken der Durchgangswiderstand durch die Schicht zu groß wird, um elektrostatische Aufladungen Richtung Erde abzuführen. In diesem Fall sind diese Schichtdicken zu begrenzen:

EPL	Schichtdicke [mm]		
	Gruppe IIA	Gruppe IIB	Gruppe IIC
Ga	2	2	0,2
Gb	2	2	0,2
Gc	2	2	0,2

Tabelle 3 Die Tabelle ist anwendbar bei Geräten mit Farbaufträgen usw.

Warnhinweis

Greifen keine der o. g. Maßnahmen, steht als letzte Möglichkeit die Anbringung eines Warnhinweises zur Verfügung:

"Nicht elektrostatisch aufladen", "Gefahr elektrostatischer Aufladung", o. ä.

Ein probates Mittel, diese Anforderung zu erfüllen kann z. B. darin bestehen, isolierende und damit elektrostatisch aufladbare Oberflächen im Rahmen von Reinigungsmaßnahmen oder Überprüfungen nur mit feuchten Baumwolltüchern abzuwischen. In diesem Fall ist es allerdings unerlässlich, das Personal im Rahmen von geeigneten Schulungsmaßnahmen auf den Grund für diese Notwendigkeit hinzuweisen.

Grenzen der Anwendbarkeit

Alle genannten Maßnahmen sind als alleinige Schutzmaßnahme nur dann ausreichend, wenn manuelle Aufladeprozesse zu erwarten sind. Hierzu zählen z. B. das Abwischen mit einem Tuch oder das (versehentliche) Streifen dieser Oberflächen mit der Bekleidung. Wenn es sich hingegen um stark ladungserzeugende Prozesse handelt, dann sind zusätzlich Maßnahmen zu ergreifen, um gefährliche elektrostatische Maßnahmen zu vermeiden. Hierzu zählen u. a. die Begrenzung von Förder- und Fließgeschwindigkeiten; weitere Informationen hierzu liefert z. B. die TRGS 727.

Referenzen und Quellen

DIN EN 60079-14 Explosionsgefährdete Bereiche – Teil 14: Projektierung, Auswahl und Errichtung elektrischer Anlagen

IEC 60079-14 Explosionsgefährdete Bereiche – Teil 14: Projektierung, Auswahl und Errichtung elektrischer Anlagen

VDE 0165-1: Explosionsgefährdete Bereiche - Teil 14: Projektierung, Auswahl und Errichtung elektrischer Anlagen (IEC 60079-14:2013); Deutsche Fassung EN 60079-14:2014

IEC/EN 60079-25:2010: Explosive atmospheres - Part 25: Intrinsically safe electrical systems

VDE 0170-10-1: Explosionsgefährdete Bereiche - Teil 25: Eigensichere Systeme (IEC 60079-25:2010); Deutsche Fassung EN 60079-25:2010

DIN EN 60079-10-1 Explosionsgefährdete Bereiche – Teil 10-1: Einteilung der Bereiche – Gasexplosionsgefährdete Bereiche

IEC 60079-10-1 Explosionsgefährdete Bereiche – Teil 10-1: Einteilung der Bereiche – Gasexplosionsgefährdete Bereiche

DIN EN 60079-10-2 Explosionsgefährdete Bereiche – Teil 10-2: Einteilung der Bereiche – Staubexplosionsgefährdete Bereiche

IEC 60079-10-2 Explosionsgefährdete Bereiche – Teil 10-2: Einteilung der Bereiche – Staubexplosionsgefährdete Bereiche

EN 60034-1: Drehende elektrische Maschinen - Teil 1: Bemessung und Betriebsverhalten

VDE 0530-1: Drehende elektrische Maschinen - Teil 1: Bemessung und Betriebsverhalten

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit (BAuA): Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS 727): Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen, (Deutschland) 2016.

Gefahrstoffverordnung (GefStoffV): Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen. Deutschland, www.juris.de, 2010

Grundlagenbroschüren von Pepperl+Fuchs

Pepperl+Fuchs Hrsg., Physikalisch-technische Grundlagen – Begriffsbestimmungen, Explosionen, Beispiele, Voraussetzungen, brennbare Stoffe und Kennwerte, Zündquellen.

Pepperl+Fuchs Hrsg., Zündschutzarten für elektrische Betriebsmittel – Zündschutzarten für gasexplosionsgefährdete Bereiche, Funktionsprinzip, Kennzeichnung, Besonderheiten bei der Anwendung.

Pepperl+Fuchs Hrsg., Prüfung und Instandhaltung – Prüfung und Instandhaltung gemäß IEC/EN 60079-17.

Pepperl+Fuchs Hrsg., Zündschutzart Eigensicherheit.

Pepperl+Fuchs Hrsg., Staubexplosionsschutz – Zündschutzarten für staubexplosionsgefährdete Bereiche, Besonderheiten brennbarer Stäube Funktionsprinzip, Kennzeichnung, Besonderheiten bei der Anwendung.

Pepperl+Fuchs Hrsg., IEC/EN 60079-14 – Projektierung, Auswahl und Errichtung elektrischer Anlagen in explosionsfähigen Atmosphären.

Pepperl+Fuchs Hrsg., Vorgaben und Richtlinien weltweit – Gesetze und Vorschriften von Regionen bzw. Ländern zum Inverkehrbringen von explosionsgeschützten Betriebsmitteln.

Pepperl+Fuchs Hrsg., Nichtelektrischer Explosionsschutz: Besonderheiten nichtelektrischer Geräte, Zündgefahrenbewertung, Zündschutzarten, Kennzeichnung.

Index

#	
1999/92/EG	5
A	
Aluminiumleiter	24
Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen	
Anforderungen	8
Anlagendokumentation	
Erklärung zur Qualifikation der Beteiligten	9
Umfang	9
Anschlussklemmen	25
Antrieb	
Überlastschutz	22
Arbeitgeberpflicht	6
Arbeitsfreigabesystem	19
ATEX-Richtlinie	5
ATEX-Zoneneinteilung	10
ATEX-Zonenzuordnung	
Übersicht	12
äußere Einflüsse auf elektrische Geräte	17
B	
barrier glands	28
Batterien	19
Batterietausch	19
Batteriezulassung	20
befähigte Person	8
befähigte Stelle	8
Begrenzung von Förder- und Fließgeschwindigkeiten	31
C	
competent body	8
D	
Dampfgruppen und zulässige Gerätegruppen	15
Dickenbegrenzung	31
drehende elektrische Maschinen	21
drehende Maschine	
Überlastschutz	22
druckfeste Kabel- und Leitungseinführungen	28
druckfeste KLEs	28
E	
elektrische Geräte	
Anforderungen	10
Auswahl nach Angemessenheit	10
Auswahl nach Gerätegruppen	15
äußere Einflüsse	17
elektrischer Antrieb	
Betriebsarten	21
Elektrostatik	30
Elektrostatikgruppen und zulässige Gerätegruppen	15
elektrostatische Aufladung	
Dickenbegrenzung	31
Oberflächenbegrenzung	30
Schutzmaßnahmen	30
Warnhinweis	31
Werkstoffauswahl	30
EPLs in gasexplosionsgefährdeten Bereichen	12
EPLs in staubexplosionsgefährdeten Bereichen	13
Ex-d-Kabelverschraubungen	
Anforderungen	28
Ex-d-Metallverschraubungen	28
explosionsgefährdeter Bereich, Definition	10
F	
feste Verlegung	25
Feuererlaubnisschein	19
flexible Kabel	25
flexible Leitungen	25
Fortbildung des Personals	7
G	
Gas/Dampf	
Temperaturklassen	16
Zündtemperaturen	16
Gasgruppen und zulässige Gerätegruppen	15
Generatoren	21
Gerätegruppen	15
Geräteschutzniveaus in gasexplosionsgefährdeten Bereichen	12
Geräteschutzniveaus in staubexplosionsgefährdeten Bereichen	13
gleichwertige Einrichtungen zum Überlastschutz	22
H	
Heißarbeitserlaubnis	19
I	
IEC/EN 60079-10-1	11
IEC/EN 60079-10-2	11
IEC/EN 60079-14	4, 5
Abweichungen	8
Qualifikation	6
IEC/EN 60079-25	6
Isolierstoffklasse	
Wicklungstemperatur	22

K	
Kabel	
Anforderungen	24
Dichtheit	26
feste Verlegung	25
Flammenausbreitung verhindern	24
Mantelqualität	24
Mindestzugfestigkeit	24
Staubansammlungen	26
unbenutzte Einzeladern	25
Kabel- und Leitungseinführungen	
Auswahl	26
KLE	
Auswahl	26
L	
Leitungen	
Anforderungen	24
feste Verlegung	25
Flammenausbreitung verhindern	24
Mindestzugfestigkeit	24
Staubansammlungen	26
unbenutzte Einzeladern	25
Leitungen Dichtheit	26
M	
Mantelqualität	
Gefahr von Flammendurchschlag	24
mobile Servicegeräte	19
Mobilgeräte	19
Motor	
Überlastschutz	22
Motoren	21
Betriebsarten	21
Dauerbetrieb	21
Umrichterbetrieb	23
O	
Oberflächenbegrenzung	30
Oberflächentemperatur	24
Q	
Qualifikation	
Pflicht des Arbeitgebers	6
Qualifikation des Anlagenplaners für eigensichere Anlagen	6
Qualifikation des Technikers für den Einsatz von Komponenten mit erhöhter Sicherheit	7
Qualifikationsanforderungen	6
R	
regelmäßige Weiterbildung	
Beispiel	7
S	
Schutzrohr	24
Schutzschlauch	24
Schweißarbeiten	19
Servicegeräte	19
Sicherheitsaufschlag	
Staub	17
Sonderkabel	25
statische Elektrizität	30
Staub	
Temperaturklassen	16
Zündtemperaturen	16
Staubgruppen und zulässige Gerätegruppen	15
Staubvermeidung	17
T	
Temperaturklasse wählen	15
Temperaturklassen	
Gas/Dampf	16
Staub	16
transportable Geräte	19
TRGS 727	31
Typenschild	
Beispiel Ex d-e	14
U	
Überlastschutz	
gleichwertige Einrichtungen	22
Umformer	21
Umgebungstemperaturbereich	15
Umrichterbetrieb	23
Umwelteinflüsse	17
drehende elektrische Maschinen	21
V	
VDE 0165-1	4, 5
Abweichungen	8
Qualifikation	6
VDE 0170-10-1	6
Verbindungstechnik	
Zulässige Kombinationen von Zündschutzarten	27
Vergussverschraubung	28

W

Weiterbildung des Personals	7
Wicklungstemperatur	22
Isolierstoffklasse	22

Z

Zoneneinteilung, IEC (ATEX)	10
Zonenverschleppung	26
Zonenzuordnung	
Übersicht	12
Zündtemperatur wählen	15
Zündtemperaturen	
Gas/Dampf	16
Staub	16

Your automation, our passion.

Explosionsschutz

- Eigensichere Barrieren
- Signaltrenner
- Feldbusinfrastruktur FieldConnex®
- Remote-I/O-Systeme
- Elektrisches Ex-Equipment
- Überdruckkapselungssysteme
- Bedien- und Beobachtungssysteme
- Mobile Computing und Kommunikation
- HART Interface Solutions
- Überspannungsschutz
- Wireless Solutions
- Füllstandsmesstechnik

Industrielle Sensoren

- Näherungsschalter
- Optoelektronische Sensoren
- Bildverarbeitung
- Ultraschallsensoren
- Drehgeber
- Positioniersysteme
- Neigungs- und Beschleunigungssensoren
- Feldbusmodule
- AS-Interface
- Identifikationssysteme
- Anzeigen und Signalverarbeitung
- Connectivity

Pepperl+Fuchs Qualität

Informieren Sie sich über unsere Qualitätspolitik:

www.pepperl-fuchs.com/qualitaet

