

SIEMENS

Ingenuity for life

Produkte und Systeme für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen

Industrial Automation and
Drive Technologies

White Paper | Oktober 2018

Die EU schreibt für den Einsatz von elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen verbindliche Normen und Gesetze vor.

Dieses White Paper „Explosionsschutz-Grundlagen“ bietet einen Überblick über die Vorgaben an den Explosionsschutz in Deutschland, Europa und den USA. Es dient darüber hinaus als Nachschlagewerk für die Entschlüsselung von Gerätebeschriftungen.

Es ist aber trotzdem erforderlich, bei der Planung und Errichtung von elektrischen Anlagen die jeweiligen Grundlagen und Richtlinien intensiv zu studieren.

Inhalt

Management Summary	3
Physikalische Grundlagen und Kenngrößen.....	4
Definition „Explosion“	4
Priorität der Maßnahmen im Explosionsschutz	4
Sicherheitstechnische Kenngrößen für die Charakterisierung von Gefahrenpotenzialen	5
Flammpunkt.....	5
Explosionsgrenzen.....	5
Beispielhafte Explosionsgrenzen gängiger Materialien	5
Stäube	6
Mindestzündenergie.....	7
Wodurch kann eine Zündung erfolgen?	7
Rechtliche Grundlagen und Normen.....	8
Rechtliche Grundlagen des Explosionsschutzes	8
EU-Richtlinien / CE-Zeichen	8
Nationale Gesetze und Verordnungen	9
Explosionsschutz-Richtlinien (EX-RL) der Berufsgenossenschaften	9
Normen	9
EU-Normen	9
Einteilung der explosionsgeschützten Betriebsmittel.....	10
Kennzeichnung	10
Gerätegruppen/Kategorien.....	11
Zonen.....	11
Geräteschutzniveau (EPL)	12
Zündschutzarten	13
Explosionsgruppen	14
Sicherheitstechnische Kennzahlen.....	15
Temperaturklassen	15
Brennbare Gase und Dämpfe.....	16
Brennbare Stäube.....	17
Errichten und Betreiben elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen.....	18
Normen	18
Installation.....	18
Instandhaltung und Wartung	18
Wichtige Sicherheitsmaßnahmen	18
Eigensicherheit.....	19
Schutzniveau der eigensicheren Betriebsmittel	19
Trennstufen und Trennübertrager.....	19
Instandhaltung der Eigensicherheit.....	19
Ex-Schutz in Nordamerika	20
Klassifizierung explosionsgefährdeter Bereiche	20
Schutzarten von Gehäusen	20
Errichtungsbestimmungen.....	22
Baubestimmungen	22
Zertifizierung und Kennzeichnung.....	22
Zulassungs- und Prüfstellen	23
Europäische Prüfstellen.....	23

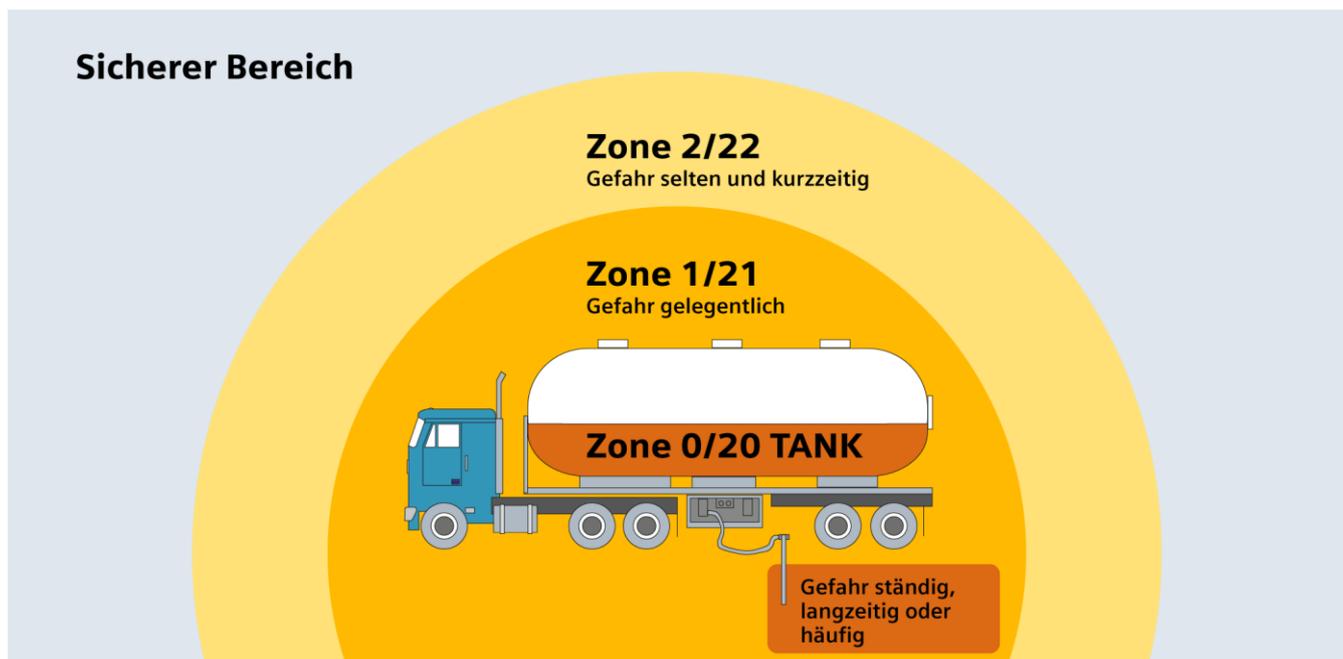
Management Summary

Bei der Herstellung, der Verarbeitung, dem Transport und der Lagerung von brennbaren Stoffen entstehen in vielen Prozessschritten Gase, Dämpfe oder Nebel. Diese entweichen häufig in die Umgebung, wo sie Menschen und Sachgüter schädigen können. Ebenfalls gefährlich sind brennbare Stäube. In Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft können sie eine explosionsfähige Atmosphäre schaffen, die bei Entzündung zu einer Explosion führt.

Diese Gefahren bestehen vor allem in der chemischen und petrochemischen Industrie, bei der Förderung von Erdöl und Erdgas, im Bergbau sowie in Mühlen (z.B. durch Getreide und andere Feststoffe). Diese Bedrohungen bestehen aber auch in zahlreichen anderen Industriezweigen.

Die Gesetzgeber der meisten Staaten haben Auflagen in Form von Gesetzen, Verordnungen und Normen entwickelt, um in diesen Bereichen ein möglichst hohes Sicherheitsniveau zu gewährleisten. Im Zuge der Globalisierung konnten bereits große Fortschritte hinsichtlich einheitlicher Richtlinien für den Explosionsschutz erzielt werden.

Die Europäische Union hat mit der Richtlinie 94/9/EG die Voraussetzungen für eine vollständige Vereinheitlichung geschaffen. Seit dem 1. Juli 2003 müssen alle neuen Geräte nach dieser Richtlinie zugelassen sein. Sie wurde am 20. April 2016 durch die neue Richtlinie 2014/34/EU ersetzt.



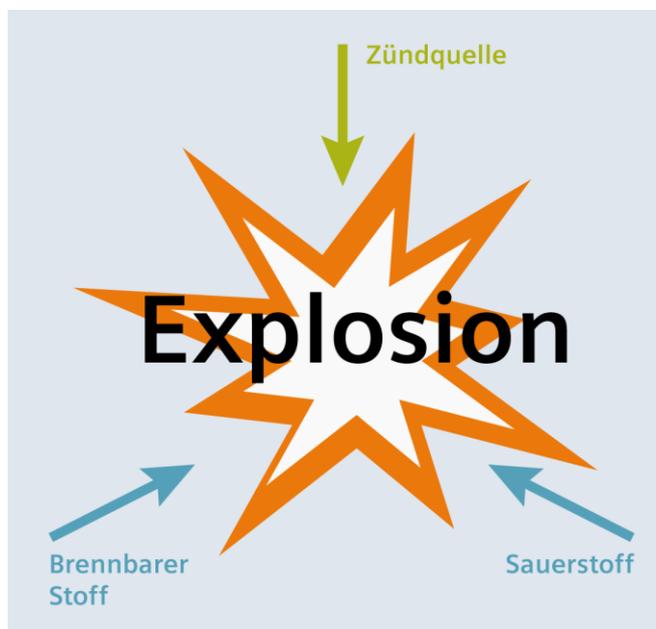
Zonendefinition

Physikalische Grundlagen und Kenngrößen

Definition „Explosion“

Eine Explosion ist eine plötzliche chemische Reaktion eines brennbaren Stoffes mit Sauerstoff unter Freisetzung hoher Energie. Brennbare Stoffe können hierbei Gase, Nebel, Dämpfe oder Stäube sein. Eine Explosion kann nur ablaufen, wenn drei Faktoren zusammenkommen:

- Brennbare Stoff (in entsprechender Verteilung und Konzentration)
- Sauerstoff (in der Luft)
- Zündquelle (z.B. elektrischer Funken)



Ablauf einer Explosion

Priorität der Maßnahmen im Explosionsschutz

Integrierter Explosionsschutz erfordert Maßnahmen in einer festgelegten Reihenfolge. Dabei wird zwischen primären und sekundären Schutzmaßnahmen unterschieden. Primäre Maßnahmen besitzen oberste Priorität.

Primärer Explosionsschutz verhindert, dass eine explosionsfähige Atmosphäre überhaupt entstehen kann. Sekundärer Explosionsschutz begrenzt die Auswirkungen der Explosion auf ein sicheres Maß. Er kommt aber nur infrage, wenn primärer Schutz nicht möglich ist. Ist die Vermeidung einer brennbaren Atmosphäre nicht zuverlässig möglich, müssen in zweiter Priorität Zündquellen vermieden werden.

Diese Schutzmaßnahmen können die Gefahr einer explosionsfähigen Atmosphäre minimieren:

- Vermeidung brennbarer Stoffe
- Inertisierung (Zugabe von Stickstoff, Kohlendioxid usw.)
- Begrenzung von Konzentrationen
- Verbesserte Belüftung



Integrierter Explosionsschutz

Sicherheitstechnische Kenngrößen für die Charakterisierung von Gefahrenpotenzialen

Flammpunkt

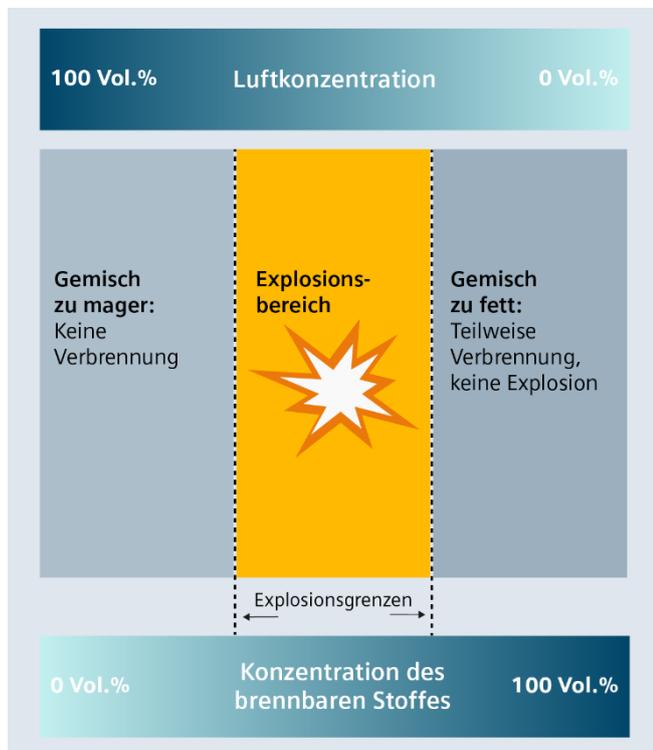
Der Flammpunkt bezeichnet die niedrigste Temperatur, bei der sich über der Oberfläche einer brennbaren Flüssigkeit ein durch Fremdentzündung entflammbares Dampf-/Luft-Gemisch bilden kann. Liegt der Flammpunkt deutlich über den maximal auftretenden Umgebungstemperaturen, kann sich keine explosionsfähige Atmosphäre bilden. Der Flammpunkt einer Mischung verschiedener Flüssigkeiten kann tiefer liegen als der Flammpunkt der einzelnen Komponenten.

Explosionsgrenzen

Bei brennbaren Stoffen kann sich eine explosionsfähige Atmosphäre nur in einem bestimmten Konzentrationsbereich bilden.

Bei zu geringen Konzentrationen (mageres Gemisch), wie auch bei zu hohen Konzentrationen (fettes Gemisch) findet keine Explosion statt, sondern eine langsame oder auch gar keine Verbrennungsaktion. Nur im Bereich zwischen der oberen und unteren Explosionsgrenze reagiert das Gemisch bei Zündung explosionsartig.

Die Explosionsgrenzen hängen vom Umgebungsdruck und vom Sauerstoffanteil der Luft ab.



Beispielhafte Explosionsgrenzen gängiger Materialien

Stoffbezeichnung	Untere Explosionsgrenze	Obere Explosionsgrenze
Acetylen	2,3 Vol. %	78,0 Vol. % (Selbstzerfall)
Äthylen	2,3 Vol. %	32,4 Vol. %
Benzin	~ 0,6 Vol. %	~ 8 Vol. %
Benzol	1,2 Vol. %	8 Vol. %
Erdgas	4,0 (7,0) Vol. %	13,0 (17,0) Vol. %
Heizöl/ Diesel	~ 0,6 Vol. %	~ 6,5 Vol. %
Methan	4,4 Vol. %	16,5 Vol. %
Propan	1,7 Vol. %	10,9 Vol. %
Schwefelkohlenstoff	0,6 Vol. %	60,0 Vol. %
Stadtgas	4,0 (6,0) Vol. %	30,0 (40,0) Vol. %
Wasserstoff	4,0 Vol. %	77,0 Vol. %

Abhängig von der Geschwindigkeit der ablaufenden Verbrennung wird zwischen einer Verpuffung, Explosion oder Detonation unterschieden.

In einem geschlossenen Raum kann selbst ein geringes Volumen einer explosionsfähigen Atmosphäre zu gefährlichen Explosionen führen.

Stäube

In industriellen Bereichen, beispielsweise in der Chemiebranche oder in Getreidemöhlen, kommen häufig feste Stoffe in zerkleinerter Form vor, z.B. als Staub.

In der EN 60079-14 wird der Begriff Staub definiert als „kleine Feststoffteilchen, die in der Atmosphäre einige Zeit suspendiert sein können, sich aber unter ihrem eigenen Gewicht absetzen (schließt Staub und Grobstaub ein, wie in ISO 4225 definiert)“. Staubablagerungen sind mit einem porösen Körper vergleichbar und besitzen einen Hohlraumanteil von bis zu 90%. Erhöht sich die Temperatur von Staubablagerungen, kann dies zur Selbstentzündung des staubförmigen brennbaren Stoffes führen.

Werden Stäube mit kleiner Korngröße aufgewirbelt, besteht Explosionsgefahr. Je kleiner die Korngröße, desto größer die Gefahr, da die Oberfläche des Hohlraums proportional wächst. Nicht selten sind Explosionen die Folge aufgewirbelter glimmender Staubschichten, die ein Zündinitial in sich tragen. Auch Explosionen von Gas- oder Dampf-Luft-Gemischen können Staub aufwirbeln, wobei dann häufig die Gasexplosion in eine Staubexplosion übergeht. In Steinkohlegruben hatten Methangas-Explosionen häufig Kohlestaubexplosionen zur Folge, die in ihrer Wirkung oft die Gasexplosionen übertrafen.

Durch den Einsatz explosionsgeschützte Geräte kann die Gefahr einer Explosion verhindert werden, wenn diese entsprechend ihrer Schutzzeichnung eingesetzt werden. Dafür sind die Geräte in Kategorien unterteilt, welche die Verwendung in entsprechenden explosionsgefährdeten Bereichen regeln.

Das Gefährdungspotenzial explosiver Staubatmosphären und die Auswahl entsprechender Schutzmaßnahmen wird anhand von sicherheitstechnischen Kenngrößen der beteiligten Stoffe beurteilt. Dazu werden Stäube nach zwei stoffspezifischen Eigenschaften unterteilt:

- **Leitfähigkeit**
Als leitfähig bezeichnet man Stäube mit einem spezifischen elektrischen Widerstand bis zu 10^3 Ohm.
- **Brennbarkeit**
Brennbare Stäube können in der Luft brennen oder glimmen. Sie können bei atmosphärischem Druck und bei Temperaturen von -20° Celsius bis $+60^\circ$ Celsius zusammen mit der Luft explosionsfähige Gemische bilden.

Bei aufgewirbelten Stäuben sind die Mindestzündenergie sowie die Zündtemperatur sicherheitstechnische Kenngrößen. Bei abgelagerten Stäuben ist dagegen die Glimmtemperatur eine charakteristische Eigenschaft.



Mindestzündenergie

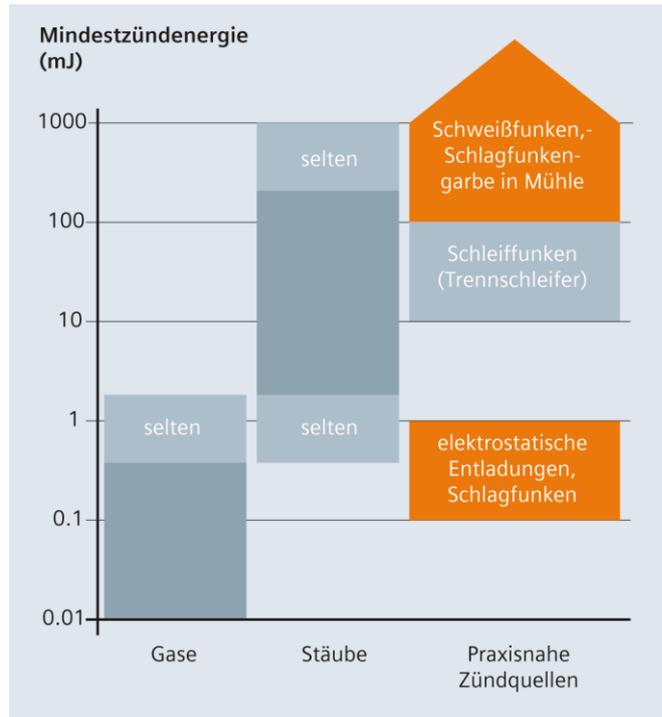
Zur Zündung einer explosionsfähigen Atmosphäre ist eine bestimmte Energiemenge erforderlich. Die Mindestzündenergie bezeichnet die minimal notwendige Energie, die ein zündwilliges Gemisch gerade noch entzündet.

Die Mindestzündenergie liegt im Bereich von etwa 10^{-5} Joule für Wasserstoff und bis zu einigen Joule für bestimmte Stäube.

Wodurch kann eine Zündung erfolgen?

- Heiße Oberflächen
- Ultraschall
- Ionisierte Strahlung
- Offene Flammen
- Chemische Reaktion
- Optische Strahlung
- Elektromagnetische Strahlung
- Elektrostatische Entladung
- Mechanische Reib- oder Schlagfunken
- Elektrische Funken und Lichtbögen
- Ionisierte Strahlung
- Adiabatische¹⁾ Kompression

¹⁾ Eine adiabatische Zustandsänderung ist ein thermodynamischer Vorgang, bei dem ein System von einem Zustand in einen anderen Zustand überführt wird, ohne Wärmeenergie mit seiner Umgebung auszutauschen.



Mindestzündenergie verschiedener Umgebungen

Rechtliche Grundlagen und Normen

Rechtliche Grundlagen des Explosionsschutzes

Explosionsschutz ist weltweit durch die Regierungen der einzelnen Staaten gesetzlich geregelt. Länderspezifische Unterschiede in den technischen Anforderungen und den geforderten Zulassungen stellen großen Anforderungen an international operierende Unternehmen und erfordern einen hohen Entwicklungs- und Zulassungsaufwand. Deshalb gibt es schon seit geraumer Zeit vor allem bei den führenden Industrienationen Bestrebungen, die einschlägigen technischen Normen zu harmonisieren und einheitliche Sicherheitsstandards einzuführen. Innerhalb der Europäischen Union ist der Harmonisierungsprozess im Bereich des Explosionsschutzes inzwischen weitgehend abgeschlossen.

Auf internationaler Ebene bietet die IEC den IECEx Scheme (www.iecex.com) mit der Zielsetzung „weltweit eine Prüfung und ein Zertifikat“. IECEx wird inzwischen von vielen Ländern als Basis für die nationale Zulassung akzeptiert.

EU-Richtlinien / CE-Zeichen

In der Europäischen Union ist der Explosionsschutz durch Richtlinien und Gesetze geregelt. Alle elektrischen Geräte innerhalb der EU müssen die entsprechenden Bestimmungen einhalten. Sind die Anforderungen erfüllt, darf der Hersteller das betreffende Gerät mit dem CE-Zeichen versehen. Missbrauch ist strafbar.

Bei bestimmten Geräteklassen wird gemäß der sogenannten ATEX-Richtlinie¹⁾ das Zeichen um die Nummer der notifizierten Stelle erweitert, welche die Anerkennung des Qualitätssicherungssystems durchgeführt hat (z.B. die Physikalisch Technische Bundesanstalt in Braunschweig). Die ATEX-Richtlinie gilt innerhalb der EU auch für nicht-elektrische Geräte, beispielsweise für pneumatische Antriebe.

Wenn Anlagen und Einrichtungen als überwachungsbedürftige Anlagen eingestuft wurden, dürfen dort nur zugelassene Geräte verwendet werden. Daneben müssen Inbetriebnahme, Änderungen und regelmäßige Sicherheitsinspektionen von staatlich zugelassenen Institutionen oder Gesellschaften abgenommen bzw. durchgeführt werden. Den gesetzlichen Rahmen bilden die EU-Richtlinien, die für alle EU-Mitgliedsstaaten verbindlich erlassen wurden.

Wichtige EU-Richtlinien (RL)			
Kurzbezeichnung	Vollständiger Text	RL-Nr.	gültig seit
Niederspannungs-RL	Richtlinie 2014/35/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung elektrischer Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen auf dem Markt (Neufassung)	2014/35/EU	20.04.2016
EMV-RL	Richtlinie 2014/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die elektromagnetische Verträglichkeit (Neufassung)	2014/30/EU	20.04.2016
Maschinen-RL	Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung)	2006/42/EC	29.06.2006
ATEX-RL	Richtlinie 2014/34/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen (Neufassung)	2014/34/EU	20.04.2016
Druckgeräte-RL	Richtlinie 2014/68/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Mai 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung von Druckgeräten auf dem Markt (Neufassung)	2014/68/EU	20.04.2016
ATEX 137	Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphäre gefährdet werden können	1999/92/EG	16.12.1999 ²⁾

¹⁾ ATEX ist die Abkürzung für ATmosphaäre EXplosible

²⁾ Die Übergangsvorschriften sind in den jeweiligen nationalen Gesetzen festgelegt. Für Deutschland gilt die BetrSichV (Betriebssicherheitsverordnung).

Nationale Gesetze und Verordnungen

EU-Richtlinien sind im Allgemeinen europäisches Recht, das unverändert in den einzelnen Mitgliedsstaaten durch nationale Ratifizierung übernommen werden muss. Die RL 2014/34/EU ist inhaltsgleich als deutsches Recht in der Explosionsschutzverordnung ExVO verabschiedet. Das grundlegende Gesetzeswerk für technische Arbeitsmittel ist das Gerätesicherheitsgesetz (GSG), dem die ExVO als eigene Verordnung angegliedert ist (11. GSGV).

Dagegen enthält die ATEX 137 (RL 1999/92/EG) nur „Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer an explosionsgefährdeten Arbeitsplätzen“. Damit kann jeder EU-Mitgliedsstaat über die Mindestanforderungen hinausgehende eigene Vorschriften erlassen. In der Bundesrepublik Deutschland sind die Inhalte der Richtlinie in der Betriebssicherheitsverordnung umgesetzt.

Explosionsschutz-Richtlinien (EX-RL) der Berufsgenossenschaften

In den „Richtlinien für die Vermeidung der Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre mit Beispielsammlung“ der Berufsgenossenschaft Chemie stehen konkrete Hinweise auf Gefahren in explosionsgefährdeten Bereichen und Maßnahmen zu ihrer Abwendung bzw. Minderung. Dazu dient insbesondere die Beispielsammlung, in der diese Maßnahmen an einzelnen explosionsgefährdeten Prozessanlagen der verschiedensten Industriezweige detailliert aufgeführt werden.

Damit stehen für Planer und Betreiber vergleichbarer Prozessanlagen wertvolle Anregungen und Risikoabschätzungen zur Verfügung. Die EX-RL haben zwar keinen gesetzlichen Status, sind jedoch wichtige Empfehlungen, die gerade auch bei Schadensfällen zur Rechtsfindung herangezogen werden können.

Normen

Weltweit existieren zahlreiche Fachnormen für den Bereich Explosionsschutz. Durch Anpassungen an den technischen Fortschritt wie auch durch höhere Anforderungen an die Sicherheit ist die Normenlandschaft ständigen Änderungen unterworfen. Dazu kommen internationale Harmonisierungsbestrebungen mit dem Ziel weltweiter, einheitlicher Sicherheitsstandards und der damit verbundenen Beseitigung von Handelshemmnissen.

EU-Normen

Die in der Europäischen Union geltenden Normen für Explosionsschutz werden auf Basis von EU-Richtlinien unter Leitung von CENELEC (Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung) erstellt. Die nationalen Komitees der beteiligten Länder sind Mitglieder von CENELEC. Auf internationaler Ebene hat mittlerweile die Normung durch die IEC (International Electronic Commission) stark an Bedeutung gewonnen. Deshalb hat CENELEC entschieden, Normen nur noch im sogenannten Parallelverfahren mit IEC zu beschließen. Das bedeutet in der Praxis, dass im Bereich der Elektrotechnik europäische Normen fast nur noch auf Basis von IEC-Normen als harmonisierte EN-Normen entstehen oder neugefasst werden. Für den Bereich Explosionsschutz ist das hauptsächlich die Normenreihe EN 60079.

Die Nummern harmonisierter europäischer Normen sind nach folgendem Schema aufgebaut:

Beispiel			Bedeutung
EN	60079-0	: 2014	Jahr der Herausgabe
			Nummer der Norm
			Harmonisierte europäische Norm

Auf internationaler Ebene werden die Normen für Explosionsschutz von der IEC herausgegeben. Zuständig ist dort das Technische Komitee TC31. IEC Normen bilden auch die Basis für IECEx Zertifizierungen. Normen für den Explosionsschutz sind in der Reihe IEC 60079-x enthalten. Das „x“ steht für die Nummern der einzelnen Fachnormen, z.B. IEC 60079-11 für die Eigensicherheit.

Einteilung der explosionsgeschützten Betriebsmittel

Kennzeichnung

Die Kennzeichnung elektrischer Betriebsmittel für explosionsgeschützte Bereiche gibt Auskunft über:

- Hersteller des Betriebsmittels
- Bezeichnung für die Identifikation
- Einsatzbereich
 - unter Tage I
 - übrige Bereiche II
- Gase und Dämpfe (G), Stäube (D) oder Gruben (M)
- Zulassungs-Kategorien für bestimmte Zonen
- Zündschutzarten
- Identifizierung des Zertifikates, sofern es von einer Prüfstelle ausgestellt wurde.
Diese Identifizierung enthält das Symbol der Prüfstelle, das Jahr der Herausgabe des Zertifikates, ATEX sowie eine laufende Nummer. Die gesamte Identifizierung wird von der Prüfstelle festgelegt und auch auf dem zugehörigen Zertifikat vermerkt.
- Außerdem sollen alle Angaben aufgeführt werden, die üblicherweise für ein vergleichbares Gerät in industrieller Ausfertigung erforderlich sind.

Beispiel für eine Kennzeichnung nach 2014/34/EU

CE	0344	II 2G	Ex ia IIC	T4
Konformitätszeichen				
Temperaturklasse				
Angabe zu den Zündschutzart / -arten, die das Betriebsmittel erfüllt				
Darstellung des Einsatzbereiches				
Benannte Stelle zur Zertifizierung des QS-Systems nach 2014/34/EU				

Beispiel für eine Gerätekennzeichnung

MUSTERFIRMA Typ 07-5103-.../...	Hersteller und Typ-Bezeichnung			
Ex II 2G Ex ia IIC T4 Zündschutzart/-arten und Temperaturklasse				
KEMA	00	ATEX	1081	Lfd. Nr. der Prüfstelle
Pflichthinweis, dass das Zertifikat zum Nachweis der Konformität mit der ATEX Richtlinie 2014/34/EU angewendet werden kann.				
Jahr der Herausgabe des Zertifikates				
Symbol der Prüfstelle				

Gerätegruppen/Kategorien

Im Rahmen des Explosionsschutzes werden Geräte in Gerätegruppen unterteilt. Jede Gerätegruppe enthält Betriebsmittel, die wiederum verschiedenen Kategorien zugeordnet sind (gemäß Richtlinie 2014/34/EU). Die Kategorie besagt, in welcher Zone das Betriebsmittel eingesetzt werden darf.

Gerätegruppe I (Untertagebetriebe, Bergwerke und Übertageanlagen)			
Kategorie	M1: Sehr hohes Maß an Sicherheit	M2: hohes Maß an Sicherheit	
Gefahrenniveau	Gefahr ständig, langfristig und häufig	Gefahr gelegentlich	Gefahr selten und kurzzeitig
Ausreichende Sicherheit	Durch 2 Schutzmaßnahmen / bei 2 Fehlern	Muss bei Auftreten von Ex-Atmosphäre abgeschaltet werden.	

Gerätegruppe II (andere explosionsgefährdete Bereiche)						
Kategorie	1: Sehr hohes Maß an Sicherheit		2: Hohes Maß an Sicherheit		3: Normales Maß an Sicherheit	
Gefahrenniveau	Gefahr ständig, langfristig und häufig		Gefahr gelegentlich		Gefahr selten und kurzzeitig	
Ausreichende Sicherheit	Durch 2 Schutzmaßnahmen / bei 2 Fehlern		Bei häufigen Gerätestörungen/ bei einem Fehler		Bei störungsfreiem Betrieb	
Einsatz in	Zone 0	Zone 20	Zone 1	Zone 21	Zone 2	Zone 22
Atmosphäre	G (Gas)	D (Staub)	G	D	G	D

Zonen

Explosionsgefährdete Bereiche werden in Zonen eingeteilt. Die Zoneneinteilung ist abhängig von der zeitlichen und örtlichen Wahrscheinlichkeit einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre.

Über die Vorgaben für die Zoneneinteilung informiert die EN 60079-10.

Betriebsmittel in ständig explosionsgefährdeten Bereichen (Zone 0/20) unterliegen höheren, solche in weniger gefährdeten Bereichen (Zone 1/21, Zone 2/22) dagegen niedrigeren Anforderungen.

Brennbare Gase, Dämpfe und Nebel		
Zone	Kategorie Betriebsmittel	Beschreibung
0	1G	Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre ist ständig und langzeitig vorhanden.
1	2G 1G	Es ist damit zu rechnen, dass gefährliche explosionsfähige Atmosphäre gelegentlich auftritt.
2	3G 2G 1G	Es ist damit zu rechnen, dass gefährliche explosionsfähige Atmosphäre nur selten und dann auch nur kurzzeitig auftritt.

Brennbare Stäube		
Zone	Kategorie Betriebsmittel	Beschreibung
20	1D	Bereiche, in denen eine explosionsfähige Atmosphäre aus Staub-Luft-Gemischen ständig, langzeitig oder häufig vorhanden ist.
21	2D 1D	Bereiche, in denen damit zu rechnen ist, dass eine explosionsfähige Atmosphäre aus Staub-Luft-Gemischen gelegentlich und kurzzeitig auftritt.
22	3D 2D 1D	Bereiche, in denen nicht damit zu rechnen ist, dass eine explosionsfähige Atmosphäre durch aufgewirbelten Staub auftritt. Wenn sie dennoch auftritt, dann aller Wahrscheinlichkeit nach nur selten und während eines kurzen Zeitaums .

Geräteschutzniveau (EPL)

Das System des Geräteschutzniveaus EPL (Equipment Protection Level), zum Beispiel nach IEC 60079-26, ist ein alternatives Verfahren zur Einteilung der Ex-Geräte in explosionsgefährdete Bereiche.

Gerätegruppe I (für Geräte in Untertagebetrieben von Bergwerken, sowie deren Übertageanlagen, die durch Grubengas und/oder brennbare Stäube gefährdet werden können)		
Geräteschutzniveau EPL	Ma	Mb
Anforderung	Sehr hohes Schutzniveau	Hohes Schutzniveau
Ausreichende Sicherheit	Bei einem Gasausbruch (wenn das Gerät in Betrieb bleibt)	In der Zeitspanne zwischen dem Gasausbruch und dem Abschalten des Geräts

Gerätegruppe II (für Geräte in den übrigen explosionsgefährdeten Bereichen)						
Geräteschutzniveau EPL (G = Gas, D = Staub)	Ga	Da	Gb	Db	Gc	Dc
Anforderung	Sehr hohes Schutzniveau		Hohes Schutzniveau		Erhöhtes Schutzniveau	
Ausreichende Sicherheit	Im bestimmungsgemäßem Betrieb, bei zu erwartenden Fehlern und auch bei selten auftretenden Fehlern		Im bestimmungsgemäßem Betrieb, bei zu erwartenden Fehlern und auch solchen, die nicht notwendigerweise der Normalfall sind		Im bestimmungsgemäßem Betrieb sofern bei regelmäßig zu erwartenden Ereignissen keine Zündquelle entsteht.	
Einsatz in	Zone 0	Zone 20	Zone 1	Zone 21	Zone 2	Zone 22

Zündschutzarten

Zündschutzarten sind konstruktive und elektrische Maßnahmen direkt am Betriebsmittel für den Explosionsschutz in gefährdeten Bereichen. Zündschutzarten zählen zu den sekundären Explosionsschutzmaßnahmen.

Der Umfang der sekundären Maßnahmen hängt von der Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre ab.

Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche müssen den allgemeinen Bestimmungen der EN 60079-0 sowie den besonderen Bestimmungen für die jeweilige Zündschutzart entsprechen, in der sie ausgeführt sind.

Nach EN 60079-0 sind die unten dargestellten Zündschutzarten von Bedeutung. Alle Zündschutzarten beruhen auf unterschiedlichen Schutzkonzepten.

Zündschutzarten für elektrische Betriebsmittel in gasexplosionsgefährdeten Bereichen						Anwendung in Zone/ Geräteschutzniveau		
Zündschutzart	K ^{''}		Grundprinzip	Standard	Beispiele	0 Ga	1 Gb	2 Gc
Allgemeine Anforderungen			Allgemeine Bestimmungen für die Bauart und Prüfung elektrischer Betriebsmittel, die für den Ex-Bereich bestimmt sind	EN 60079-0 IEC 60079-0 ANSI/UL 60079-0 FM 3600				
Erhöhte Sicherheit	e		Gilt nur für Betriebsmittel oder deren Bestandteile, die im Normalfall keine Funken oder Lichtbogen erzeugen, keine gefährlichen Temperaturen annehmen und deren Netzspannung 1 kV nicht überschreitet	EN 60079-7 IEC 60079-7 ANSI/ISA/UL 60079-7	Klemmen, Anschlusskästen		■	■
Druckfeste Kapselung	d		Kommt es zu einer Zündung im Kapselinneren, hält das Gehäuse dem Druck stand – die Explosion wird nicht nach aussen übertragen	EN 60079-1 IEC 60079-1 ANSI/ISA/UL 60079-1 FM 3615	Schaltanlagen, Transformatoren		■	■
Überdruckkapselung	p		Zündquelle wird eingeschlossen von einem unter Überdruck (mind. 0,5mbar) stehenden Zündschutzgas – die umgebende Atmosphäre kann nicht eindringen	EN 60079-2 IEC 60079-2 FM 3620 NFPA 496	Steuer-schränke, Schalt-schränke		■	■
Eigen-sicherheit	i		Durch Begrenzung der im Stromkreis befindlichen Energie wird die Entstehung von unzulässig hohen Temperaturen, Zündfunken und Lichtbogen vermindert	EN 60079-11 IEC 60079-11 ANSI/ISA/UL 60079-11 FM 3610	Aktoren, Sensoren, PROFIBUS DP RS 485-IS	■	■	■
Ölkapselung	o		Betriebsmittel oder deren Teile werden in Öl eingeschlossen und so von der Ex-Atmosphäre getrennt	EN 60079-6 IEC 60079-6 ANSI/ISA/UL 60079-6	Trans-formatoren, Schaltgeräte		■	■
Sandkapselung	q		Zündquelle wird von feinkörnigem Sand umschlossen. Die das Gehäuse umgebende Ex- Atmosphäre kann nicht durch einen entstehenden Lichtbogen gezündet werden	EN 60079-5 IEC 60079-5 ANSI/ISA/UL 60079-5	Heizbänder, Kondensatoren		■	■
Vergusskapselung	m		Durch Einbettung der Zündquelle in eine Vergussmasse kann sie eine Ex-Atmosphäre nicht entzünden	EN 60079-18 IEC 60079-18 ANSI/ISA/UL 60079-18	Sensoren, Schaltgeräte	■	■	■
Zündschutzarten	n		Leicht vereinfachte Anwendung der anderen Zündschutzarten – „n“ steht für „nicht zündend“	EN 60079-15/2/18/11 IEC 60079-15/2/18/11 ANSI/ISA/UL 60079-15 FM 3611	Auto-matisierungs-geräte			■
Optische Strahlung	op		Durch geeignete Maßnahmen wird vermieden, dass eine optische Strahlung eine explosionsgefährdete Atmosphäre entzündet.	EN 60079-28 IEC 60079-28	Lichtwellenleiter	■	■	■

Zündschutzarten für elektrische Betriebsmittel in Bereichen mit brennbaren Stäuben					Anwendung in Zone/ Geräteschutz-niveau		
Zündschutzart	Kennzeichnung	Grundprinzip	Standard	Beispiele	20 Da	21 Db	22 Dc
Allgemeine Anforderungen		Allgemeine Bestimmungen für die Bauart und Prüfung elektrischer Betriebsmittel, die für den Ex-Bereich bestimmt sind	EN 60079-0 IEC 60079-0				
Überdruckkapselung	pD	Das Eindringen einer umgebenden Atmosphäre in das Gehäuse von elektrischen Betriebsmitteln wird dadurch verhindert, dass ein Zündschutzgas (Luft, inertes oder anderes geeignetes Gas) in seinem Innern unter einem Überdruck gegenüber der umgebenden Atmosphäre gehalten wird	EN 60079-2 IEC 60079-2	Betriebsmittel, bei denen betriebsmäßig Funken, Lichtbögen oder heiße Teile auftreten		■	■
Vergusskapselung	mD	Teile, die eine explosionsfähige Atmosphäre durch Funken oder durch Erwärmung zünden können, sind in eine Vergussmasse derart eingebettet, dass die explosionsfähige Atmosphäre nicht zündet. Dies geschieht durch allseitige Umhüllung der Bauteile mit einer gegen physikalische (insbesondere elektrische, thermische und mechanische) sowie chemische Einflüsse residenten Vergussmasse.	EN 60079-18 IEC 60079-18	Großmaschinen, Schleifring- bzw. Kollektormotoren, Schalt- und Steuerschränke		■	■
Schutz durch Gehäuse	tD	Das Gehäuse ist so dicht, dass kein brennbarer Staub in das Innere eindringen kann. Die Oberflächentemperatur des äußeren Gehäuses ist begrenzt.	EN 60079-31 IEC 60079-31	Mess- und Überwachungsanlagen	■	■	■
Eigensicherheit	iaD, ibD, icD	Strom und Spannung werden begrenzt, so dass die Eigensicherheit gewährleistet ist. Kein Funke oder thermischer Effekt kann ein Staub-Luft-Gemisch zünden.	EN 60079-11 IEC 60079-11	Sensoren und Aktoren	■	■	■

Explosionsgruppen

Bei den Explosionsgruppen von Betriebsmitteln wird gemäß IEC 60079-1 bzw. -2 zwischen Gerätegruppe I und Gerätegruppe II unterschieden:

Die Gerätegruppe I kommt im schlagwettergefährdeten Grubenbau zum Einsatz.

Gerätegruppe II wird in weitere Explosionsgruppen unterteilt. Diese Unterteilung ist abhängig von der Grenzspaltweite und dem Mindestzündstromverhältnis.

Elektrische Betriebsmittel mit der Zulassung für die Explosionsgruppe IIC dürfen auch in den Explosionsgruppen IIA und IIB eingesetzt werden. Elektrische Betriebsmittel der Gerätegruppe III werden ebenfalls in weitere Explosionsgruppen unterteilt.

Explosionsgruppen					
Gerätegruppe	Verwendung	Explosionsgruppe	Grenzspaltweite bei druckfester Kapselung	Gefährlichkeit	Anforderungen an die Betriebsmittel
Gruppe I	Elektrische Betriebsmittel für schlagwettergefährdete Grubenbaue. => Schlagwetterschutz Ex...I				
Gruppe II	Elektrische Betriebsmittel für Bereiche, die durch explosive Gase gefährdet sind. => Explosionsschutz Ex...II	IIA	> 0,9 mm		
		IIB	0,5 mm bis 0,9 mm		
		IIC	< 0,5 mm		
Gruppe III	Elektrische Betriebsmittel für Bereiche, die durch explosive Stäube gefährdet sind. => Explosionsschutz Ex...III	IIIA			
		IIIB			
		IIIC			

Sicherheitstechnische Kennzahlen

Temperaturklassen

Die Zündtemperatur eines brennbaren Gases oder einer brennbaren Flüssigkeit ist die niedrigste Temperatur einer erhitzten Oberfläche, an der die Entzündung des Gas/Luft- bzw. Dampf/Luft-Gemisches gerade eintritt.

Deshalb muss die höchste Oberflächentemperatur eines Betriebsmittels immer kleiner sein als die Zündtemperatur der umgebenden Atmosphäre.

Für elektrische Betriebsmittel der Explosionsgruppe II gelten die Temperaturklassen T1 bis T6. Die Betriebsmittel werden anhand ihrer maximalen Oberflächentemperatur den jeweiligen Temperaturklassen zugeordnet.

Temperaturklasse	Maximale Oberflächentemperatur der Betriebsmittel	Zündtemperaturen der brennbaren Stoffe
T1	450 °C	> 450 °C
T2	300 °C	> 300 °C
T3	200 °C	> 200 °C
T4	135 °C	> 135 °C
T5	100 °C	> 100 °C
T6	85 °C	> 85 °C

Betriebsmittel, die einer höheren Temperaturklasse entsprechen, können auch für Anwendungen mit einer niedrigeren Temperaturklasse eingesetzt werden. Brennbare Gase und Dämpfe werden den jeweiligen Temperaturklassen auf Basis ihrer Zündtemperatur zugeordnet.

Brennbare Gase und Dämpfe

Stoffbezeichnung	Zündtemperatur	Temperaturklasse
1,2-Dichlorethan	440 °C	T2
Acetaldehyd	140 °C	T4
Aceton	540 °C	T1
Acetylen	305 °C	T2
Ammoniak	630 °C	T1
Benzine, Ottokraftstoffe Siedebeginn < 135 °C	220 ... 300 °C	T3
Benzol (rein)	555 °C	T1
Cyclohexanon	430 °C	T2
Dieselmkraftstoffe (DIN 51601)	220 ... 300 °C	T3
Düsenkraftstoffe	220 ... 300 °C	T3
Essigsäure	485 °C	T1
Essigsäureanhydrid	330 °C	T2
Ethan	515 °C	T1
Ethylacetat	460 °C	T1
Ethylalkohol	425 °C	T2
Ethylchlorid	510 °C	T1
Ethylen	425 °C	T2
Ethylenoxid	440 °C (Selbstzerfall)	T2
Ethylether	170 °C	T4
Ethylglykol	235 °C	T3
Heizöl EL (DIN 51603)	220 ... 300 °C	T3
Heizöl L (DIN 51603)	220 ... 300 °C	T3
Heizöle M und S (DIN 51603)	220 ... 300 °C	T3
i-Amylacetat	380 °C	T2
Kohlenmonoxid	605 °C	T1
Methan	595 (650) °C	T1
Methanol	455 °C	T1
Methylchlorid	625 °C	T1
Naphthalin	540 °C	T1
n-Butan	365 °C	T2
n-Butylalkohol	340 °C	T2
n-Hexan	240 °C	T3
n-Propylalkohol	405 °C	T2
Ölsäure	360 °C (Selbstzerfall)	T2
Phenol	595 °C	T1
Propan	470 °C	T1
Schwefelkohlenstoff	95 °C	T6
Schwefelwasserstoff	270 °C	T3
Spezialbenzine Siedebeginn < 135 °C	200 ... 300 °C	T3
Stadtgas (Leuchtgas)	560 °C	T1
Tetralin (Tetrahydronaphtalin)	425 °C	T2
Toluol	535 °C	T1
Wasserstoff	560 °C	T1

Brennbare Stäube

Bei Stäuben wird unterschieden zwischen Staub in abgelagerter und in aufgewirbelter Form, da Staub in diesen Formen unterschiedliche Glimm- bzw. Zündtemperaturen aufweist.

Über die Auswahl der Betriebsmittel muss gemäß IEC 60079-14 sichergestellt werden, dass die maximale Oberflächentemperatur des Betriebsmittels noch einen Sicherheitsabstand zu dem kleineren der beiden Werte gewährleistet.

Temperaturklassen sind bei Stäuben nicht definiert, sodass immer vom konkreten Staub ausgegangen werden muss. Die Glimm- und Zündtemperaturen eines konkreten Staubes können in umfangreichen Tabellenwerken ermittelt werden (z.B. Chemsafe), spezialisierte Labore bestimmen die Werte auch auf Anfrage.

Stäube von Naturprodukten	Zündtemperatur	Glimmtemperatur
Baumwolle	420 °C	295 °C
Holzmehl	500 °C	290 °C
Kraftfutter	450 °C	245 °C
Getreide	440 °C	300 °C
Soja	350 °C	290 °C
Tabak	300 °C	295 °C
Stärke	420 °C	290 °C

Stäube von technisch-chemischen Produkten	Zündtemperatur	Glimmtemperatur
Polyester	560 °C	
Gummi	570 °C	
Waschmittel	330 °C	
Polyethylen	360 °C	
Polyvinylacetat	500 °C	340 °C
Aluminium	530 °C	280 °C
Magnesium	610 °C	410 °C
Schwefel	280 °C	280 °C

Errichten und Betreiben elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen

Normen

Es gelten die Installations- und Errichtungsvorschriften nach EN 60079-14 sowie landesspezifische Vorschriften.

Installation

Für die elektrischen Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen kommen drei unterschiedliche Installationssysteme zum Einsatz.

Installationssysteme in explosionsgefährdeten Bereichen		
Kabelsysteme mit indirekter Einführung	Kabelsysteme mit direkter Einführung	Rohrleitungssysteme (Conduit-System)
<p>Die Kabel und Leitungen werden über Kabeleinführungen in den Anschlussraum der Zündschutzart "Erhöhte Sicherheit" eingeführt und an den Klemmen angeschlossen.</p> <p>Die Klemmen weisen ebenfalls die Zündschutzart "Erhöhte Sicherheit" auf.</p>	<p>Die Anschlussleitungen der Kabel werden direkt in den Geräteinbaurraum eingeführt.</p> <p>Es dürfen nur speziell hierfür zertifizierte Kabelverschraubungen verwendet werden.</p>	<p>Die elektrischen Leitungen werden als Einzeladern in die geschlossenen Metallrohre eingezogen.</p> <p>Die Rohre werden über Verschraubungen mit dem Gehäuse verbunden und an jeder Einführungsstelle mit einer Zündsperre (seal) versehen. Das gesamte Rohrleitungssystem ist druckfest ausgeführt.</p> <p>Das Rohrleitungssystem wird auch als <i>Conduit-System</i> bezeichnet.</p>

Instandhaltung und Wartung

Zur Aufrechterhaltung der Sicherheit von elektrischen Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen ist eine regelmäßige Wartung notwendig.

Wichtige Sicherheitsmaßnahmen

- Arbeiten an elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln, die unter Spannungen stehen, sind in explosionsgefährdeten Bereichen grundsätzlich verboten. Als Ausnahme sind Arbeiten an eigensicheren Stromkreisen zugelassen.
- In explosionsgefährdeten Bereichen darf nur dann geerdet oder kurzgeschlossen werden, wenn keine Explosionsgefahr besteht.
- Bei allen Arbeiten in explosionsgefährdeten Bereichen muss sichergestellt werden, dass weder zündfähige Funken noch zu heiße Oberflächen entstehen, die in Verbindung mit einer explosionsfähigen Atmosphäre zur Explosion führen können.

Grundsätze für den Anlagenbetreiber bei Instandhaltung und Wartung

- **Erhaltung** des ordnungsgemäßen Zustandes der Anlage
- **Ständige Überwachung** der elektrischen Anlage
- Unverzügliche Durchführung notwendiger **Instandsetzungsmaßnahmen**
- **Ordnungsgemäßer Betrieb** der Anlage
- **Betriebseinstellung** bei nicht behebbaren Mängeln, durch die Personen gefährdet werden können



Eigensicherheit

Die Eigensicherheit eines Stromkreises wird durch die Begrenzung von Strom und Spannung erreicht. Diese Eigenschaft reduziert die Zündschutzart „Eigensicherheit“ auf Stromkreise mit relativ kleinen Leistungen. Anwendungen finden sich beispielsweise in der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik.

Die Grundlage für die Zündschutzart „Eigensicherheit“ besteht darin, dass zur Zündung einer explosionsfähigen Atmosphäre eine bestimmte Mindestzündenergie erforderlich ist. In einem eigensicheren Stromkreis treten betriebsmäßig oder im Fehlerfall kein Funke und keine thermische Erwärmung auf, welche die Zündung einer explosionsfähigen Atmosphäre verursachen könnten.

Schutzniveau der eigensicheren Betriebsmittel

Eigensichere elektrische Betriebsmittel und eigensichere Teile von zugehörigen Betriebsmitteln werden in Schutzniveaus eingeteilt. Diese sind abhängig von den Sicherheitsanforderungen bei der Auslegung der Betriebsmittel.

Trennstufen und Trennübertrager

Trennstufen und Trennübertrager zwischen eigensicheren und nicht eigensicheren Stromkreisen der Betriebsmittel bewirken eine notwendige Spannungs- und Strombegrenzung für den Einsatz im explosionsgefährdeten Bereich. Trennstufen und Trennübertrager können als separate Betriebsmittel ausgeführt werden oder in den Baugruppen integriert sein.

Instandhaltung der Eigensicherheit

Alle Geräte in einem eigensicheren Stromkreis müssen der Zündschutzart Eigensicherheit entsprechen. Bei der Verdrahtung der Komponenten in diesem Stromkreis (typischerweise Messumformer, Sensor und Verdrahtung) müssen alle elektrischen Kennwerte eingehalten werden.

Begriffe und Definitionen für Eigensicherheit	
Eigensicherer Stromkreis	Ein Stromkreis, in dem kein Funke und kein thermischer Effekt die Zündung einer explosionsfähigen Atmosphäre verursachen kann.
Eigensicheres elektrisches Betriebsmittel	Alle Stromkreise des elektrischen Betriebsmittels sind eigensicher. Spannung und Strom im eigensicheren Stromkreis sind so klein, dass bei Kurzschluss, Unterbrechung oder Erdschluss keine Zündung der explosionsfähigen Atmosphäre erfolgt. Eigensichere elektrische Betriebsmittel sind daher für den Betrieb direkt im explosionsgefährdeten Bereich geeignet. Beispiel für eine Kennzeichnung: Ex ib IIC
Zugehöriges elektrisches Betriebsmittel	Mindestens ein Stromkreis des zugehörigen elektrischen Betriebsmittels ist eigensicher. Aktoren und Sensoren am eigensicheren Stromkreis dürfen sich im explosionsgefährdeten Bereich befinden. Das zugehörige elektrische Betriebsmittel darf jedoch ohne weitere Zündschutzarten nicht im explosionsgefährdeten Bereich installiert werden. Bei der Kennzeichnung eines zugehörigen elektrischen Betriebsmittels wird die Zündschutzart in Klammern gesetzt. Beispiel für eine Kennzeichnung: [Ex ib] IIC
Mindestzündenergie	Die Mindestzündenergie eines Gas- und eines Dampf/Luft-Gemisches ist die kleinstmögliche, bei der Entladung eines Kondensators auftretende elektrische Energie, die das zündwilligste Gemisch eines Gases oder eines Dampfes mit Luft bei atmosphärischem Druck und 20 °C gerade noch zu zünden vermag.

Schutzniveaus eigensicherer Betriebsmittel	Beschreibung	Installation des Betriebsmittels	
		Gas	Staub
ia	Die eigensicheren elektrischen Betriebsmittel dürfen keine Zündung verursachen <ul style="list-style-type: none"> • im Normalbetrieb • bei Auftreten eines einzelnen Fehlers • bei Auftreten einer Kombination von Fehlern 	Bis Zone 0	Bis Zone 20
ib	Die eigensicheren elektrischen Betriebsmittel dürfen keine Zündung verursachen <ul style="list-style-type: none"> • im Normalbetrieb • bei Auftreten eines einzelnen Fehlers 	Bis Zone 1	Bis Zone 21
ic	Die eigensicheren elektrischen Betriebsmittel dürfen keine Zündung im Normalbetrieb verursachen.	Zone 2	Zone 22

Ex-Schutz in Nordamerika

Die Grundprinzipien des Explosionsschutzes ähneln sich rund um den Globus. Dennoch sind in Nordamerika in diesem Bereich elektrische Geräte und Anlagen, Techniken und Systeme entstanden, die wesentlich von der IEC-Normenwelt (International Electrotechnical Commission) abweichen.

Die Unterschiede liegen unter anderem in der Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche, der Konstruktion sowie in der Installation der elektrischen Anlagen.

Klassifizierung explosionsgefährdeter Bereiche

In Nordamerika fallen explosionsgefährdete Bereiche unter den Begriff „hazardous (classified) locations“. Sie werden in den USA in den Abschnitten 500 bis 506 des National Electrical Code (NEC) und in Kanada in Abschnitt 18 und Anhang J des Canadian Electrical Code (CEC) definiert. Sie umfassen Bereiche, in denen brennbare Gase, Dämpfe oder Nebel (Class I), Stäube (Class II) oder Fasern und Flusen (Class III) in gefährlicher Menge auftreten können.

Nach der Häufigkeit oder der Dauer des Auftretens dieser Stoffe werden die explosionsgefährdeten Bereiche traditionell in Division 1 und Division 2 unterteilt.

In den USA wurde für Class I zusätzlich das nach IEC übliche Klassifizierungssystem eingeführt. Diese Änderung erfolgte durch Artikel 505 des NEC. Sie bietet dem Anwender die Möglichkeit, das für ihn technisch und wirtschaftlich optimale System zu wählen.

Auch in Kanada wurde das IEC-Zonenkonzept für Class I eingeführt. Alle neu errichteten Anlagen müssen dort nach diesem Konzept klassifiziert werden.

Im nordamerikanischen Klassifizierungssystem werden explosionsfähige Gase, Dämpfe und Nebel der Class I in die Gasgruppen (Groups) A, B, C und D eingeteilt und brennbare Stäube der Class II in die Gruppen E, F und G. Der Buchstabe A bezeichnet dabei die gefährlichste Gasgruppe, während nach IEC und nach der neuen Einteilung gemäß Artikel 505 Gruppe C die gefährlichste Gasgruppe darstellt. Die Festlegung der maximalen Oberflächentemperatur nach Artikel 505 im NEC erfolgt in Übereinstimmung mit IEC in sechs Temperaturklassen T1 bis T6, mit einer zusätzlichen Unterteilung in Temperaturunterklassen im Division-System.

Schutzarten von Gehäusen

Entsprechend der IEC 60529, welche IP-Schutzarten für Gehäuse festlegt, existiert in den USA unter anderem der Standard UL 50.

Diese Schutzarten können nicht direkt mit denen nach IEC verglichen werden, da zusätzliche Umgebungseinflüsse (z.B. Kühlflüssigkeiten, Schneideöle, Korrosion, Vereisung, Hagel) behandelt werden.

Die folgende Tabelle ist deshalb nur eine unverbindliche Richtlinie:

Schutzarten nach UL 50	Schutzarten nach IEC
1	IP10
2	IP11
3	IP54
3R	IP14
3S	IP54
4 und 4X	IP56
5	IP52
6 und 6P	IP67
12 und 12K	IP52
13	IP54

Hinweis

Da die Anforderungen an die Schutzarten nach UL 50 den IP-Schutzarten nach IEC entsprechen bzw. höher sind als diese, kann die Tabelle nicht dazu benutzt werden, die IEC-Schutzarten in entsprechenden Schutzarten nach UL 50 umzuwandeln.

Klassifizierung explosionsgefährdeter Bereiche				
Gase, Dämpfe oder Nebel Klassifizierung Class I		Stäube Klassifizierung Class II		Fasern und Flusen Klassifizierung Class III
Divison-System	Zonen-System	Divison-System	Zonen-System	Divison-System
NEC 500.5 (B) CEC J18-004	NEC 505.5 (B) CEC 18-006	NEC 500.5 (C) CEC J18-006	NEC 506.5 (B) CEC 18-008	NEC 500.5 (D) CEC J18-008
Division 1 Bereiche, in denen gefährliche Konzentrationen brennbarer Gase, Dämpfe oder Nebel ständig oder gelegentlich unter normalen Betriebsbedingungen vorhanden sind.	Zone 0 Bereiche, in denen gefährliche Konzentrationen brennbarer Gase, Dämpfe oder Nebel ständig oder langfristig unter normalen Betriebsbedingungen vorhanden sind.	Division 1 Bereiche, in denen gefährliche Konzentrationen brennbarer Stäube ständig oder gelegentlich unter normalen Betriebsbedingungen vorhanden sind.	Zone 20 Bereiche, in denen zündfähige Konzentrationen brennbarer Stäube bzw. entzündbarer Fasern oder Flusen ständig oder langfristig unter normalen Betriebsbedingungen vorhanden sind.	Division 1 Bereiche, in denen gefährliche Konzentrationen brennbarer Fasern und Flusen ständig oder gelegentlich unter normalen Betriebsbedingungen vorhanden sind.
Division 2 Bereiche, in denen zündfähige Konzentrationen brennbarer Gase, Dämpfe oder Nebel voraussichtlich unter normalen Betriebsbedingungen nicht vorhanden sind.	Zone 1 Bereiche, in denen gefährliche Konzentrationen brennbarer Gase, Dämpfe oder Nebel gelegentlich unter normalen Betriebsbedingungen vorhanden sind.	Division 2 Bereiche, in denen zündfähige Konzentrationen brennbarer Stäube voraussichtlich unter normalen Betriebsbedingungen nicht vorhanden sind.	Zone 21 Bereiche, in denen zündfähige Konzentrationen brennbarer Stäube bzw. entzündbarer Fasern oder Flusen gelegentlich unter normalen Betriebsbedingungen vorhanden sind.	Division 2 Bereiche, in denen leicht entzündliche Fasern oder Flusen gelagert oder außerhalb eines Herstellungsprozesses gehandhabt werden.
Division 2 Bereiche, in denen zündfähige Konzentrationen brennbarer Gase, Dämpfe oder Nebel voraussichtlich unter normalen Betriebsbedingungen nicht vorhanden sind.	Zone 2 Bereiche, in denen zündfähige Konzentrationen brennbarer Gase, Dämpfe oder Nebel voraussichtlich unter normalen Betriebsbedingungen nicht vorhanden sind.	Division 2 Bereiche, in denen zündfähige Konzentrationen brennbarer Stäube voraussichtlich unter normalen Betriebsbedingungen nicht vorhanden sind.	Zone 22 Bereiche, in denen zündfähige Konzentrationen brennbarer Stäube bzw. entzündbarer Fasern oder Flusen voraussichtlich unter normalen Betriebsbedingungen nicht vorhanden sind.	Division 2 Bereiche, in denen leicht entzündliche Fasern oder Flusen gelagert oder außerhalb eines Herstellungsprozesses gehandhabt werden.
Materialgruppen				
Class I		Class II		Class III
NEC 500.6 (A) CEC J18-050	NEC 505.6 CEC 18-050	NEC 500.6 (B) CEC J18-050	NEC 500.6 CEC 18-050	
Division 1 und 2 A (Acetylen) B (Wasserstoff) C (Äthylen) D (Propan)	Zone 0, 1 und 2 IIC (Acetylen + Wasserstoff) IIB (Äthylen) IIA (Propan)	Division 1 und 2 E (Metallstaub) F (Kohlestaub) G (Getreidestaub)	Zone 20, 21, 22 IIIC (Metallstaub) IIIB (Staub außer Metallstaub) IIIA (feste Partikel und Fasern >0,5mm)	Division 1 und 2 keine
Temperaturklassen				
Class I Division 1 und 2	Class I Zone 0, 1 und 2	Class II Division 1 und 2	Class II Zone 20, 21 und 22	Class III Division 1 und 2
T1 (≤ 450 °C)	T1	T1	T1	keine
T2 (≤ 300 °C)	T2	T2	T2	
T2A (≤ 280 °C)	–	T2A, T2B, T2C, T2D	–	
T2B (≤ 260 °C)				
T2C (≤ 230 °C)				
T2D (≤ 215 °C)				
T3 (≤ 200 °C)	T3	T3	T3	
T3A (≤ 180 °C)	–	T3A, T3B, T3C	–	
T3B (≤ 165 °C)				
T3C (≤ 160 °C)				
T4 (≤ 135 °C)	T4	T4	T4	
T4A (≤ 120 °C)	–	T4A	–	
T5 (≤ 100 °C)	T5	T5	T5	
T6 (≤ 85 °C)	T6	T6	T6	

Errichtungsbestimmungen

Für elektrische Betriebsmittel und Anlagen in explosionsgefährdeten Betriebsstätten gilt in den USA der National Electrical Code (NEC) bzw. in Kanada der Canadian Electrical Code (CEC). Diese haben in allen Bereichen den Charakter von Errichtungsbestimmungen für elektrische Anlagen und verweisen auf eine Reihe weiterer Standards anderer Institutionen, welche die Bestimmungen für die Installation und den Bau geeigneter Betriebsmittel enthalten.

Baubestimmungen

Die Bestimmungen des National Electrical Code und des Canadian Electrical Code geben vor, welche Betriebsmittel bzw. Zündschutzarten in einzelnen explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden dürfen.

Für den Bau und die Prüfung explosionsgeschützter elektrischer Anlagen und Betriebsmittel gelten in Nordamerika verschiedene Normen und Bestimmungen. In den USA sind dies vor allem die Standards von Underwriters Laboratories Inc. (UL), Factory Mutual Research Corporation (FM) sowie der International Society for Measurement and Control (ISA). In Kanada gelten die Standards der Canadian Standards Association (CSA).

Zertifizierung und Kennzeichnung

In den USA und Kanada sind elektrische Ausrüstungen und Betriebsmittel in explosionsgefährdeten Betriebsstätten in der Regel zulassungspflichtig. Ausnahmen bilden elektrische Betriebsmittel, die aufgrund ihrer Konstruktion und Eigenart eine explosionsfähige Atmosphäre nicht zünden können. Über die Zulassungspflicht entscheidet die zuständige Behörde.

Geräte für explosionsgefährdete Bereiche werden in den USA und Kanada durch national anerkannte Prüfstellen geprüft und zugelassen. In den USA sind dies unter anderem die Prüfstellen Underwriters Laboratories oder Factory Mutual und in Kanada die Canadian Standards Association. Die Prüfstellen UL und FM dürfen Zulassungen für Kanada ausstellen.

Zusätzlich zu den Basis-Daten, wie z.B. Herstellerbezeichnung, Typ, Serien-Nr. und elektrische Daten, müssen die den Explosionsschutz betreffenden Daten in die Kennzeichnung des Betriebsmittels aufgenommen werden. Die Vorgaben dazu sind im NEC, dem CEC sowie in den entsprechenden Baubestimmungen der Prüfstellen enthalten.

Zulassungs- und Prüfstellen

Europäische Prüfstellen

Eine vollständige und aktuelle Liste steht auf den Internetseiten der EU:

<http://www.ec.europa.eu/>