

**EX 4.0**

*THE NEXT LEVEL OF  
EXPLOSION PROTECTION.*



THE STRONGEST LINK.

**STAHL**

**GRUNDLAGEN  
EXPLOSIONSSCHUTZ**



# VORWORT

In vielen Industrien entstehen oder entweichen bei der Herstellung, der Verarbeitung, dem Transport und der Lagerung von brennbaren Stoffen Gase, Dämpfe, Nebel oder Stäube. In Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft kann eine explosionsfähige Atmosphäre entstehen. Entzündet sich diese, treten Explosionen auf, die schwerwiegende Personen- und Sachschäden zur Folge haben können.

Zu den betroffenen Branchen gehören beispielsweise die chemische und petrochemische Industrie, die Pharmazie, die Öl- und Gasförderung, der Bergbau – aber auch die Nahrungsmittelbranche, die Biokraftstoffindustrie und der Abwasserbereich. Zur Vermeidung von Explosionen sind weltweit Schutzvorschriften in Form von Gesetzen, Verordnungen und Normen entwickelt worden. Diese sollen ein hohes Sicherheitsniveau gewährleisten.

Die vorliegende Publikation gibt Fachleuten und interessierten Laien einen Überblick über das Gebiet des Explosionsschutzes. Sie beinhaltet weltweit geltende Rechtsgrundlagen und Normen, europäische Richtlinien und nordamerikanische Standards. Ergänzt um technische Grundlagen wie z. B. die Zoneneinteilung, Temperaturklassen und Zündschutzarten, gibt die Broschüre Auskunft über Errichtung und Betrieb von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen. Ferner dient sie als Nachschlagewerk, ersetzt aber nicht das Studium der jeweils aktuell geltenden Vorschriften.

# INHALT

<b>VORWORT</b>	<b>3</b>
<b>1. PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN UND DEFINITIONEN</b>	<b>6</b>
<b>2. RECHTLICHE GRUNDLAGEN</b>	<b>9</b>
2.1 Explosionsschutz weltweit	11
2.2 Explosionsschutz in der Europäischen Union	12
2.2.1 Errichtung und Betrieb	14
2.2.2 Auswahl von Geräten	16
2.3 Explosionsschutz in Nordamerika	18
2.3.1 Errichtung und Betrieb	18
2.3.2 Auswahl von Geräten	19
<b>3. TECHNISCHE GRUNDLAGEN</b>	<b>21</b>
3.1 Zoneneinteilung	23
3.2 Gerätekategorien und Geräteschutzniveau EPL	24
3.3 Gerätegruppen	26
3.4 Zündtemperatur und Temperaturklassen	28
3.5 Zündschutzarten	30
3.5.1 Anwendung der Zündschutzart Eigensicherheit „i“	35
3.5.2 Anwendung und Kombination der Zündschutzarten Druckfeste Kapselung „d“ und Erhöhte Sicherheit „e“	39
3.5.3 Anwendung der Zündschutzart Konstruktive Sicherheit „c“	40
3.6 Kennzeichnung	41
<b>4. ERRICHTUNG UND BETRIEB ELEKTRISCHER ANLAGEN IN EXPLOSIONSGEFÄHRDETEN BEREICHEN</b>	<b>43</b>
4.1 Pflichten der Betreiber, Errichter und Hersteller	44
4.2 Klassifizierung der Bereiche und Auswahl der Betriebsmittel	46
4.3 Installationstechniken	46
4.4 Instandhaltung und Wartung	48

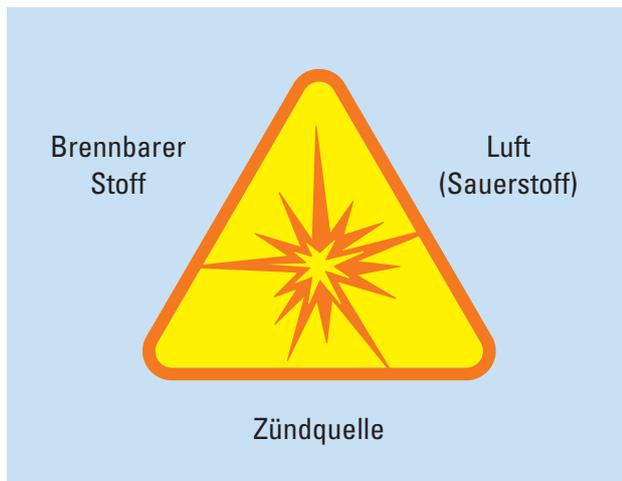
<b>5. ANHANG</b>	<b>50</b>
5.1 Sicherheitstechnische Kennzahlen brennbarer Gase und Dämpfe	50
5.2 Schutzarten von Gehäusen nach IEC 60529 – IPXXI	51
5.3 Schutzarten von Gehäusen nach NEMA-Standards	51
5.4 Kennzeichnung elektrischer Geräte	52
5.5 Kennzeichnung nicht-elektrischer Geräte	53
<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>54</b>

# 1. PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN UND DEFINITIONEN

Der Explosionsschutz ist ein zentraler Bereich der Sicherheitstechnik. Er hat in erster Linie die Funktion, Explosionen zu vermeiden. Aber was ist eine Explosion? Und welche Faktoren sind ausschlaggebend? Gibt es Schutzmaßnahmen, die man ergreifen kann? Im ersten Kapitel unserer Broschüre können Sie sich mit den wichtigsten Grundlagen und Begrifflichkeiten rund um den Explosionsschutz vertraut machen.

Unter einer Explosion versteht man die schlagartig verlaufende chemische Reaktion eines brennbaren Stoffes mit Sauerstoff unter Freisetzung hoher Energie. Eine Explosion kann nur ablaufen, wenn drei Faktoren gleichzeitig auftreten (s. Bild 1):

1. Brennbare Stoff.
2. Sauerstoff (Luft).
3. Zündquelle.



**Bild 1:** Eine Explosion kann nur ablaufen, wenn diese drei Faktoren zusammenkommen.

## Brennbarer Stoff

Brennbare Stoffe können in Form von Gasen, Nebeln, Dämpfen oder Stäuben vorliegen. Für die Charakterisierung von Gefahrenpotenzialen ist die Betrachtung sicherheitstechnischer Kenngrößen notwendig.

## Explosionsfähige Atmosphäre

Bei einer explosionsfähigen Atmosphäre handelt es sich um ein Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben unter atmosphärischen Bedingungen, in dem sich der Verbrennungsvorgang nach erfolgter Entzündung auf das gesamte unverbrannte Gemisch überträgt. Als atmosphärische Bedingungen gelten im Allgemeinen Umgebungsbedingungen von  $-20\text{ °C}$  bis  $+60\text{ °C}$ , ein Druckbereich von 0,8 bar bis 1,1 bar sowie ein Sauerstoffgehalt in der Luft von 21 %.

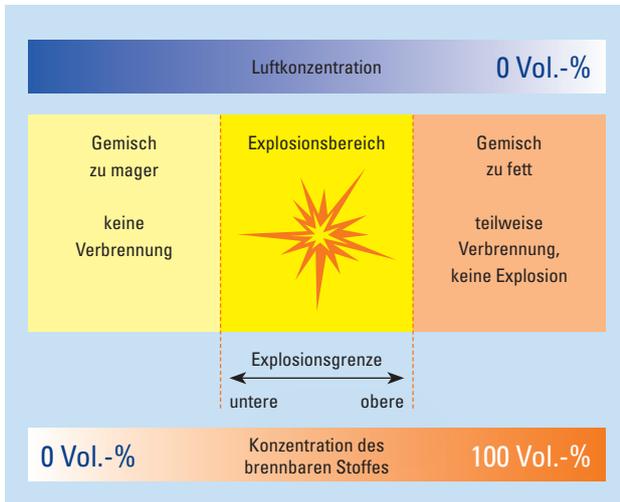
## Flammpunkt

Der Flammpunkt ist die niedrigste Temperatur einer brennbaren Flüssigkeit, bei der sich über dem Flüssigkeitsspiegel ein durch Fremdentzündung entflammbares Dampf-Luft-Gemisch bildet (bei normalem Luftdruck). Liegt der Flammpunkt einer solchen brennbaren Flüssigkeit deutlich über den maximal auftretenden Temperaturen, kann sich keine explosionsfähige Atmosphäre bilden. Der Flammpunkt einer Mischung verschiedener Flüssigkeiten kann aber auch tiefer liegen als der Flammpunkt der einzelnen Komponenten. In der Gefahrstoffverordnung dient der Flammpunkt einer Flüssigkeit – neben ihrem Siedebeginn – der Klassifikation von Flüssigkeiten (s. Tabelle 1).

**Tabelle 1:** Kriterien für entzündbare Flüssigkeiten

Kategorie	Kriterien
1	Flammpunkt $< 23\text{ °C}$ und Siedebeginn $\leq 35\text{ °C}$
2	Flammpunkt $< 23\text{ °C}$ und Siedebeginn $> 35\text{ °C}$
3	Flammpunkt $\geq 23\text{ °C}$ und $\leq 60\text{ °C}$ <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Für die Zwecke der EG-GHS-Verordnung können Gasöle, Diesel und leichte Heizöle, die einen Flammpunkt zwischen  $55\text{ °C}$  und  $75\text{ °C}$  haben, als zur Kategorie 3 gehörend gelten.



**Bild 2:** Explosionsgrenzen

**Tabelle 2:** Explosionsgrenzen ausgewählter Gase und Dämpfe

Stoffbezeichnung	untere Explosionsgrenze [Vol. %]	obere Explosionsgrenze [Vol. %]
Acetylen	2,3	100 (Selbsterfall!)
Ethylen	2,4	32,6
Benzin	~0,6	~8
Benzol	1,2	8
Heizöl/Diesel	~0,6	~6,5
Methan	4,4	17
Propan	1,7	10,8
Schwefelkohlenstoff	0,6	60,0
Wasserstoff	4,0	77,0

Auszug aus den Tabellenwerken „Sicherheitstechnische Kenngrößen, Band 1: Brennbare Flüssigkeiten und Gase“ von E. Brandes und W. Möller sowie von K. Nabert und G. Schön (6. Nachtrag).

## Explosionsgrenzen

Um eine explosionsfähige Atmosphäre zu bilden, muss der brennbare Stoff in einem bestimmten Konzentrationsbereich vorliegen (s. Bild 2). Bei zu geringer Konzentration (mageres Gemisch) und bei zu hoher Konzentration (fettes Gemisch) findet keine Explosion, sondern eine stationäre oder keine Verbrennungsreaktion statt. Lediglich im Bereich zwischen der oberen Explosionsgrenze (OEG) und der unteren Explosionsgrenze (UEG) reagiert das Gemisch bei Zündung explosionsartig. Die Explosionsgrenzen hängen vom Umgebungsdruck und vom Sauerstoffanteil der Luft ab (s. Tabelle 2).

## Zündquellen

Um die Entzündung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre zu verhindern, ist es notwendig, alle möglichen auftretenden Zündquellen zu kennen und sicherzustellen, dass diese nicht wirksam werden können. Die Zündung explosionsfähiger Atmosphäre kann beispielsweise durch die folgenden Zündquellen erfolgen:

- Heiße Oberflächen.
- Flammen und heiße Gase.
- Mechanisch erzeugte Funken.
- Elektrische Anlagen.
- Elektrische Ausgleichsströme, kathodischer Korrosionsschutz.
- Statische Elektrizität.
- Blitzschlag.
- Elektromagnetische Wellen (Hochfrequenz).
- Optische Strahlung.
- Ionisierende Strahlung.
- Ultraschall.
- Adiabatische Kompression und Stoßwellen.
- Exotherme Reaktionen.

# 1. PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN UND DEFINITIONEN

## Mindestzündenergie

Zur Zündung einer explosionsfähigen Atmosphäre ist die Zufuhr einer bestimmten Energie erforderlich. Unter der Mindestzündenergie versteht man die kleinstmöglich umgesetzte Energie, z. B. bei Entladung eines Kondensators, die das entsprechende zündwillige Gemisch gerade noch entzündet. Die Mindestzündenergie liegt im Bereich von etwa  $10^{-5}$  Joule für Wasserstoff und bis zu einigen Joule für bestimmte Stäube.

## Integrierter Explosionsschutz

Das Prinzip des integrierten Explosionsschutzes erfordert es, dass alle Maßnahmen zum Explosionsschutz in einer festgelegten Reihenfolge vorzunehmen sind. Hierbei wird zwischen primären, sekundären und tertiären (konstruktiven) Schutzmaßnahmen unterschieden.

## Primärer Explosionsschutz

Unter den primären Explosionsschutz fallen alle Maßnahmen, die verhindern, dass eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre entsteht – denn die Vermeidung der Gefahr ist besser als jeglicher Schutz. Deshalb sind diese Vorkehrungen immer als Erstes umzusetzen. Folgende Schutzmaßnahmen können ergriffen werden:

- Vermeidung brennbarer Stoffe (Ersatztechnologien).
- Inertisierung (Zugabe von Stickstoff, Kohlendioxid usw.).
- Begrenzung der Konzentration durch natürliche oder technische Belüftung.

## Sekundärer Explosionsschutz

Wenn Explosionsgefahren durch Maßnahmen zum Verhindern der Bildung explosionsfähiger Atmosphären nicht oder nur unvollständig auszuschließen sind, müssen Maßnahmen ergriffen werden, die eine Zündung explosionsfähiger Atmosphäre verhindern. Das erforderliche Sicherheitsniveau dieser Vorkehrungen ist abhängig vom möglichen Gefährdungspotenzial am Einsatzort.

## Tertiärer oder konstruktiver Explosionsschutz

Kann das Auftreten gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre nicht sicher vermieden werden und ist auch deren Zündung nicht auszuschließen, sind Maßnahmen vorzusehen, die die Auswirkungen einer Explosion auf ein ungefährliches Maß beschränken. Folgende Vorkehrungen sind möglich:

- Druckfeste oder druckstoßfeste Bauweise.
- Druckentlastungs- und Druckausgleichseinrichtungen.
- Explosionsunterdrückung durch Löscheinrichtung.



Bild 3: Explosionsschutzmaßnahmen



## 2. RECHTLICHE GRUNDLAGEN

---

Die Anforderungen an elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche sind sehr vielschichtig: Nationale wie internationale Bestimmungen, Richtlinien und Normen sind zu beachten und sorgen für ein Höchstmaß an Sicherheit. Um sich einen Überblick zu verschaffen, erhalten Sie im folgenden Kapitel Informationen über die wichtigsten Rechtsvorschriften und Empfehlungen weltweit, in der Europäischen Union und in Nordamerika.

## 2. RECHTLICHE GRUNDLAGEN

**Tabelle 3: Normen für explosionsgefährdete Bereiche**

	IEC	EN
Geräte – allgemeine Anforderungen	IEC 60079-0	EN 60079-0
Geräteschutz durch druckfeste Kapselung „d“	IEC 60079-1	EN 60079-1
Einteilung der Bereiche – gasexplosionsgefährdete Bereiche	IEC 60079-10-1	EN 60079-10-1
Einteilung der Bereiche – staubexplosionsgefährdete Bereiche	IEC 60079-10-2	EN 60079-10-2
Geräteschutz durch Eigensicherheit „i“	IEC 60079-11	EN 60079-11
Geräteschutz durch überdruckgekapselte Räume	IEC 60079-13	EN 60079-13
Projektierung, Auswahl und Errichtung elektrischer Anlagen	IEC 60079-14	EN 60079-14
Elektrische Betriebsmittel der Zündschutzart „n“	IEC 60079-15	EN 60079-15
Künstliche Belüftung zum Schutz von Analyseräumen	IEC/TR 60079-16	
Prüfung und Instandhaltung elektrischer Anlagen	IEC 60079-17	EN 60079-17
Geräteschutz durch Vergusskapselung „m“	IEC 60079-18	EN 60079-18
Geräte-reparatur, Überholung und Regenerierung	IEC 60079-19	EN 60079-19
Geräteschutz durch Überdruckkapselung „p“	IEC 60079-2	EN 60079-2
Eigensichere Systeme	IEC 60079-25	EN 60079-25
Betriebsmittel mit Geräteschutzniveau (EPL) Ga	IEC 60079-26	EN 60079-26
Schutz vor Einrichtungen und Übertragungssysteme, die mit optischer Strahlung arbeiten	IEC 60079-28	EN 60079-28
Gasmessgeräte – Anforderungen an das Betriebsverhalten von Geräten für die Messung brennbarer Gase	IEC 60079-29-1	EN 60079-29-1
Gasmessgeräte – Auswahl, Installation, Einsatz und Wartung von Geräten für die Messung brennbarer Gase und Sauerstoff	IEC 60079-29-2	EN 60079-29-2
Gasmessgeräte – Leitfaden zur funktionalen Sicherheit von ortsfesten Gaswarnsystemen	IEC 60079-29-3	EN 60079-29-3
Gasmessgeräte – Geräte mit offener Messstrecke: allgemeine Anforderungen und Prüfverfahren	IEC 60079-29-4	EN 60079-29-4
Elektrische Widerstands-Begleitheizungen – allgemeine Anforderungen und Prüfanforderungen	IEC 60079-30-1	EN 60079-30-1
Elektrische Widerstands-Begleitheizungen – Anwendungsleitfaden für Entwurf, Installation und Instandhaltung	IEC 60079-30-2	EN 60079-30-2
Geräte-Staubexplosionsschutz durch Gehäuse „t“	IEC 60079-31	EN 60079-31
Elektrostatische Gefährdungen – Leitfaden	IEC/TS 60079-32-1	
Elektrostatische Gefährdungen – Prüfverfahren	IEC 60079-32-2	EN 60079-32-2
Geräteschutz durch Sonderzündschutzart „s“	IEC 60079-33	
Eigensichere Systeme mit elektronisch gesteuerter Begrenzung der Funkendauer	IEC/TS 60079-39	
Geräteschutz durch Sandkapselung „q“	IEC 60079-5	EN 60079-5
Geräteschutz durch Ölkapselung „o“	IEC 60079-6	EN 60079-6
Geräteschutz durch erhöhte Sicherheit „e“	IEC 60079-7	EN 60079-7
Stoffliche Eigenschaften zur Klassifizierung von Gasen und Dämpfen – Prüfmethode und Daten	ISO/IEC 80079-20-1	EN ISO/IEC 80079-20-1
Werkstoffeigenschaften – Prüfverfahren für brennbare Stäube	ISO/IEC 80079-20-2	EN ISO/IEC 80079-20-2
Nicht-elektrische Geräte – Grundlagen und Anforderungen	ISO 80079-36	EN ISO 80079-36
Nicht-elektrische Geräte – Konstruktive Sicherheit „c“, Zündquellenüberwachung „b“, Flüssigkeitskapselung „k“	ISO 80079-37	EN ISO 80079-37
Sicherheitseinrichtungen für den sicheren Betrieb von Geräten im Hinblick auf Explosionsgefahren		EN 50495

## 2.1 EXPLOSIONSSCHUTZ WELTWEIT

Für die weltweiten Normen auf dem Gebiet der Elektrotechnik ist die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) zuständig. IEC-Publikationen, die sich mit dem Explosionsschutz elektrischer Geräte und Anlagen befassen, werden vom Technischen Komitee TC31 erarbeitet und sind Empfehlungen gleichzustellen. An diesen orientieren sich weitestgehend alle Normen. Bis vor wenigen Jahren wurden Vorschriften für gasexplosionsgefährdete Bereiche in der Normenreihe 60079 und für Bereiche mit brennbarem Staub in der Reihe 61241 festgelegt. Da viele Anforderungen für beide Bereiche gleich sind, wurden beide Normenreihen unter der **IEC 60079** zusammengefasst.

Die verschiedenen Methoden, den **Zündschutz bei Geräten** zu gewährleisten, werden als Zündschutzarten bezeichnet. Diese sind in den verschiedenen Teilen der **IEC 60079** beschrieben. Es handelt sich um Bauvorschriften, die in vielen Ländern anerkannt sind (s. Tabelle 3).

**Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen** müssen nach ihrem **Gefährdungsgrad** hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit des Auftretens von explosionsfähiger Atmosphäre in Zonen eingeteilt werden. Dazu hat die IEC zwei Normen erarbeitet:

- IEC 60079-10-1: Einteilung der Bereiche – Gasexplosionsgefährdete Bereiche.
- IEC 60079-10-2: Einteilung der Bereiche – Staubexplosionsgefährdete Bereiche.

Für die **Errichtung und den Betrieb** elektrischer Anlagen stehen weitere Normen zur Verfügung:

- IEC 60079-14: Projektierung, Auswahl und Errichtung elektrischer Anlagen.
- IEC 60079-17: Prüfung und Instandhaltung elektrischer Anlagen.
- IEC 60079-19: Gerätereparatur, Überholung und Regenerierung.

In 2016 sind außerdem Normen für **nicht-elektrische Geräte** für den Einsatz in explosionsfähigen Atmosphären veröffentlicht worden:

- ISO 80079-36: Nicht-elektrische Geräte für explosionsfähige Atmosphären – Grundlagen und Anforderungen.
- ISO 80079-37: Nicht-elektrische Geräte für explosionsfähige Atmosphären – Konstruktive Sicherheit „c“, Zündquellenüberwachung „b“, Flüssigkeitskapselung „k“.
- ISO/IEC 80079-38: Geräte und Komponenten in explosionsfähigen Atmosphären in untertägigen Bergwerken

Nationale Vorschriften können jedoch von den IEC-Normen abweichen. Aus diesem Grund muss man prüfen, in welchem Umfang diese in den einzelnen Ländern angewendet werden können. Das erfordert vor allem für global operierende Unternehmen einen hohen Entwicklungs- und Zulassungsaufwand. Deshalb lag es nahe, die Zulassungsbedingungen für elektrische Geräte einer weltweiten Regelung zu unterstellen, um über länder- oder regionalneutrale Zertifikate den freien globalen Warenverkehr zu ermöglichen. Weiterhin sollen über den gesamten Lebenszyklus von Ex-Produkten höchste Sicherheit nach einheitlichen Standards gewährleistet werden. Die IEC hat somit ein Verfahren eingerichtet, das diese Vereinheitlichung zum Ziel hat: das **IECEx Scheme**.

## 2. RECHTLICHE GRUNDLAGEN

Weltweit gibt es anerkannte IECEx-Zertifizierungsstellen (ExCB = Certification Body) und anerkannte IECEx-Testlabors (ExTLs), die nach hohen einheitlichen Maßstäben akkreditiert und regelmäßig überwacht werden. Ein IECEx-Zertifikat wird erst dann ausgestellt, wenn sowohl die Typprüfungen an Prüfmustern bestanden als auch das Vorhandensein eines wirksamen Qualitätsmanagementsystems durch ein Audit nachgewiesen wurde. Aktuell gibt es jedoch überall auf der Welt weiterhin eigene regionale und nationale Zulassungsverfahren, wie beispielsweise die ATEX-Richtlinie im Gebiet der Europäischen Union oder nationale Zulassungen in den USA (UL, FM).

Neben dem IECEx Scheme zur Prüfung und **Zertifizierung von Neuprodukten** (IECEx Equipment Scheme) sieht das System seit einigen Jahren eine **Zertifizierung von Dienstleistern** (IECEx Certified Service Facilities Program) vor. Der Dienstleister muss ein Qualitätssicherungssystem nachweisen. Er wird alle 3 Jahre durch eine akkreditierte Prüfstelle (Ex-CB) auditiert.

In eine ähnliche Richtung zielt die dritte Komponente des IECEx Schemes (IECEx Certification of Personnel Competencies). Dabei geht es um die **Zertifizierung der persönlichen Kompetenzen** von Fachleuten, die in explosionsgefährdeten Bereichen tätig sind. Damit soll weltweit tätigen Betreibern eine Sicherheit gegeben werden, dass das eingesetzte Personal über die erforderliche Qualifikation und Erfahrung verfügt, um die teilweise sehr komplexen Arbeiten in explosionsgefährdeten Bereichen richtig ausführen zu können.

Beim „Recognized Training Provider (RTP)“-Programm wird die Kompetenz von Anbietern von Seminaren zum Thema Explosionsschutz von der IECEx-Organisation überprüft. Eine Liste der Trainingsanbieter findet man auf der IECEx-Homepage.

### 2.2 EXPLOSIONSSCHUTZ IN DER EUROPÄISCHEN UNION

In der Europäischen Union ist der Explosionsschutz durch Richtlinien und Normen geregelt.

#### Richtlinien

Der Rat der Europäischen Gemeinschaft hat bereits 1976 mit der „Richtlinie zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten betreffend elektrischer Betriebsmittel zur Verwendung in explosionsfähiger Atmosphäre (76/117/EWG)“ die Grundlage für den freien Warenverkehr für explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel in der Europäischen Union geschaffen. Diese Richtlinie ist seither durch Einzel- und Ergänzungsrichtlinien stets an den Stand der Technik angepasst worden, die jedoch nur elektrische Betriebsmittel betraf.

Eine vollständige Harmonisierung und Erweiterung auf alle Arten von Geräten – sowohl elektrische wie auch nicht-elektrische – erfolgte im Jahre 1994 durch die neue Richtlinie 94/9/EG (ATEX). Dieser folgte 1999 die Richtlinie 1999/92/EG, die den Betrieb in explosionsgefährdeten Bereichen regelt und Maßnahmen zur Sicherheit der dort Beschäftigten festlegt. Im Februar 2014 wurde die Richtlinie 2014/34/EU (ATEX) veröffentlicht. Die eigentliche Umsetzung in Bezug auf die Gerätezertifizierung geschah zum 20. April 2016. Sie ersetzt die Richtlinie 94/9/EG.

#### Normen

Mit der Herausgabe der Europäischen Normen für elektrische Betriebsmittel EN 50014-EN 50021 im Jahr 1978 wurden die bis dahin gültigen nationalen Normen für diese Geräte durch europaweit gültige Normen ersetzt. Neben den Normen für elektrische Betriebsmittel (veröffentlicht durch das Europäische Komitee für elektrotechnische Normung CENELEC) wurden durch das Europäische Komitee für Normung (CEN) entsprechende Normen für nicht-elektrische explosionsgeschützte Geräte erarbeitet.

Aufgrund einer Vereinbarung zwischen der europäischen Normenorganisation CENELEC und der internationalen Normenorganisation IEC werden die internationalen Normen für elektrische Betriebsmittel seit einigen Jahren in der Regel ohne Abweichungen von der CENELEC übernommen. Die Reihe EN 50014 ff, die die Anforderungen an die Geräte für gasexplosionsgefährdete Bereiche festlegt, wurde in Schritten durch die Reihe EN 60079 (auf internationaler Ebene IEC 60079) ersetzt. In Deutschland sind diese Normen als VDE 0170 erschienen.

Die Anforderungen an die Zündschutzarten für Bereiche mit brennbarem Staub waren in der Normenreihe IEC 61241 hinterlegt. In Europa lösten diese Normen als EN 61241 die alte Reihe EN 50281 ab. Da viele Anforderungen jedoch gleich den Normen für gasexplosionsgefährdete Bereiche sind, wurden beide Normenreihen in Zukunft unter der Reihe IEC bzw. EN 60079 zusammengefasst (s. Tabelle 3).

Nach Erscheinen der Richtlinie 94/9/EG legte man in Europa durch die Normenreihe EN 13463 auch Bauvorschriften für nicht-elektrische Geräte fest. Einige Schutzprinzipien für elektrische Geräte wurden übernommen. Dabei gab es jedoch Anpassungen, um den speziellen Anforderungen an nicht-elektrische Geräte Rechnung zu tragen. Die in 2016 erschienenen Normen ISO 80079-36 und -37 wurden als EN ISO 80079-36 und -37 übernommen und ersetzen die Normen der Reihe EN 13463.

Als weitere wichtige harmonisierte Normen zum Explosionsschutz sind die EN 1127-1 und -2 zu erwähnen. Diese legen Methoden zum Erkennen und Beurteilen von Explosionsgefährdungen fest und erläutern entsprechende Schutzmaßnahmen. Sowohl der vorbeugende Explosionsschutz (Vermeiden von explosionsfähiger Atmosphäre und wirksamen Zündquellen) als auch der konstruktive Explosionsschutz (Beschränken der Explosionsauswirkung) werden behandelt. Bei der Zündquellenvermeidung als Schutzmaßnahme sind sämtliche Zündquellen beschrieben und mögliche Maßnahmen zu deren Vermeidung definiert. Während Teil 2 für Bergwerke relevant ist, werden im Teil 1 die anderen Bereiche (über Tage) behandelt:

- EN 1127-1: Explosionsfähige Atmosphären – Explosionsschutz – Teil 1: Grundlagen und Methodik.
- EN 1127-2: Explosionsfähige Atmosphären – Explosionsschutz – Teil 2: Grundlagen und Methodik in Bergwerken.

## 2. RECHTLICHE GRUNDLAGEN

### 2.2.1 ERRICHTUNG UND BETRIEB

Die **EG-Richtlinie 1999/92/EG** „Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphäre gefährdet werden können“ betrifft den Betrieb explosionsgefährdeter Anlagen. Sie richtet sich somit an den Betreiber (Arbeitgeber). Dieser muss die Explosionsgefahr der Anlage beurteilen, die Anlage in Gefahrzonen einteilen und im Explosionsschutzdokument alle Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten dokumentieren.

### Beurteilung der Explosionsrisiken

Bei der Beurteilung der Explosionsrisiken ist Folgendes zu berücksichtigen:

- Wahrscheinlichkeit und Dauer des Auftretens explosionsfähiger Atmosphäre.
- Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins, der Aktivierung und des Wirksamwerdens von Zündquellen.
- Die verwendeten Stoffe, Verfahren und deren mögliche Wechselwirkung.
- Das Ausmaß der zu erwartenden Auswirkung von Explosionen.

**Tabelle 5:** Technische Regeln für Gefahrstoffe und Technische Regeln für Betriebssicherheit (Explosionsgefahr)

TRBS 1111	Gefährdungsbeurteilung
TRBS 1112	Instandhaltung
TRBS 1112 Teil 1	Explosionsgefährdungen bei und durch Instandhaltungsarbeiten – Beurteilung und Schutzmaßnahmen
TRBS 1122	Änderungen von Gasfüllanlagen, Lageranlagen, Füllstellen, Tankstellen und Flugfeldbetankungsanlagen – Ermittlung der Prüfpflicht nach Anhang 2 Abschnitt 3 BetrSichV und der Erlaubnispflicht gemäß § 18 BetrSichV
TRBS 1123	Prüfpflichtige Änderungen von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen – Ermittlung der Prüfnotwendigkeit gemäß § 15 Absatz 1 BetrSichV
TRBS 1201	Prüfungen und Kontrollen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen
TRBS 1201 Teil 1	Prüfung von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen
TRBS 1201 Teil 3	Instandsetzung an Geräten, Schutzsystemen, Sicherheits-/Kontroll- und Regelvorrichtungen im Sinne der RL 2014/34/EU
TRBS 1203	Zur Prüfung befähigte Personen
TRGS 720	Gefährliche explosionsfähige Gemische – Allgemeines
TRGS 721	Gefährliche explosionsfähige Gemische – Beurteilung der Explosionsgefährdung
TRGS 722	Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Gemische
TRGS 723	Gefährliche explosionsfähige Gemische – Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Gemische
TRGS 724	Gefährliche explosionsfähige Gemische – Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken
TRGS 725	Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen im Rahmen von Explosionsschutzmaßnahmen
TRGS 727	Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen
TRGS 751 / TRBS 3151	Vermeidung von Brand-, Explosions- und Druckgefährdungen an Tankstellen und Gasfüllanlagen zur Befüllung von Landfahrzeugen

### Zoneneinteilung

Der Betreiber muss die Bereiche, in denen explosionsfähige Atmosphäre vorhanden sein kann, in Zonen einteilen. Weiterhin soll er die Einhaltung der in der Richtlinie geforderten Mindestvorschriften (organisatorischer und technischer Art) gewährleisten.

### Explosionsschutzdokument

Das Explosionsschutzdokument muss mindestens Angaben zu folgenden Punkten enthalten:

- Gefährdungsbeurteilung.
- Getroffene Schutzmaßnahmen.
- Zoneneinteilung.
- Einhaltung der Mindestvorschriften. Diese teilen sich in organisatorische (z. B. Unterweisung der Arbeitnehmer) und technische Maßnahmen (Explosionsschutzmaßnahmen) auf.

Die EG-Richtlinie 1999/92/EG enthält ausnahmslos Mindestvorschriften, die bei der Umsetzung ins nationale Recht von den einzelnen Staaten frei erweitert werden dürfen. In Deutschland wurde beispielsweise die Umsetzung dieser Richtlinie zusammen mit weiteren europäischen Vorschriften des Arbeitsschutzes realisiert.

Seit Juni 2015 wird der Explosionsschutz in der Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung GefStoffV) geregelt. Die Anforderungen an die Prüfungen in explosionsgefährdeten Bereichen regelt die neue Betriebssicherheitsverordnung BetrSichV (Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln). Zur Konkretisierung der Verordnungen (GefStoffV und BetrSichV) wurde jeweils ein Ausschuss gebildet. Dieser hat beispielsweise die Aufgabe, technische Regeln zu erstellen. Diese sollen aufzeigen, wie die Anforderungen der Gefahrstoffverordnung bzw. der Betriebssicherheitsverordnung erfüllt werden können:

- TRGS: Technische Regeln für Gefahrstoffe.
- TRBS: Technische Regeln für Betriebssicherheit.



## 2. RECHTLICHE GRUNDLAGEN

### 2.2.2 AUSWAHL VON GERÄTEN

Zur weiteren Vereinheitlichung des Explosionsschutzes in der EU und zur Anpassung an ein neues Richtlinienkonzept, wurde 1994 die EG-Richtlinie 94/9/EG zur „Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen“ erlassen. Diese wurde im Jahr 2014 durch die **EU-Richtlinie 2014/34/EU (ATEX)** ersetzt. Sie regelt die Anforderungen an die Beschaffenheit explosionsgeschützter Geräte und Schutzsysteme (z. B. durch Festlegungen zu Konformitätsbewertung, Schutzniveau, Zertifizierung, Herstellung und Qualitätssicherung, Kennzeichnung, Betriebsanleitung und Konformitätserklärung), indem sie wesentliche Gesundheits- und Sicherheitsanforderungen vorschreibt, die vom Hersteller bzw. vom Importeur einzuhalten sind. Die Richtlinie stellt somit den freien Warenverkehr innerhalb der Europäischen Union sicher und muss ohne Abweichung ins nationale Recht übernommen werden. In Deutschland erfolgte dies beispielsweise durch den Erlass der Explosionsschutzprodukteverordnung als 11. Verordnung des Produktsicherheitsgesetzes (11. ProdSV). Sie gilt für alle industriellen explosionsgefährdeten Bereiche (einschließlich Bergbau).



Die Richtlinie betrifft **Geräte, Komponenten** und **Schutzsysteme** für die Verwendung in **explosionsgefährdeten Bereichen**. Sie gilt auch für Sicherheits-, Kontroll- und Regelvorrichtungen außerhalb des gefährdeten Bereiches, wenn diese hinsichtlich der Explosionsgefahren für den sicheren Betrieb von Geräten im gefährdeten Bereich erforderlich sind. Die Richtlinie nimmt keinen Bezug auf festgelegte Normen, sondern legt grundlegende Sicherheitsanforderungen fest, die als verbindliche Beschaffenheitsanforderungen gelten. Auch der Schutz vor sonstigen Gefahren (z. B. elektrischer Schlag), die von diesen Geräten ausgehen, muss berücksichtigt werden.

Als **Geräte** gelten Maschinen, Betriebsmittel, stationäre oder ortsbewegliche Vorrichtungen, Steuerungs- und Ausrüstungsteile sowie Warn- und Vorbeugungssysteme, die einzeln oder kombiniert zur Erzeugung, Übertragung, Speicherung, Messung, Regelung und Umwandlung von Energien und zur Verarbeitung von Werkstoffen bestimmt sind, die eigene Zündquellen aufweisen und dadurch eine Explosion verursachen können.

**Komponenten** sind solche Bauteile, die für den sicheren Betrieb von Geräten und Schutzsystemen erforderlich sind, ohne jedoch selbst eine autonome Funktion zu erfüllen.

Als **Schutzsysteme** bezeichnet man alle Vorrichtungen, die anlaufende Explosionen umgehend stoppen und/oder den von einer Explosion betroffenen Bereich begrenzen sollen und als autonome Systeme gesondert in den Verkehr gebracht werden.

Ein **explosionsgefährdeter Bereich** ist ein Bereich, in dem die Atmosphäre aufgrund der örtlichen und betrieblichen Verhältnisse explosionsfähig werden kann.

### Gerätekategorien

Hersteller, deren Geräte eine potenzielle Zündquelle aufweisen und dadurch eine Explosion verursachen können, müssen diese einer Zündgefahrenbewertung unterziehen. Weiterhin sollen Maßnahmen entsprechend den grundlegenden Sicherheitsanforderungen vorgesehen werden, um eine Zündgefahr durch diese Geräte auszuschließen. Die Richtlinie teilt Geräte für explosionsgefährdete Bereiche (außer Grubenbaue) in drei Kategorien mit unterschiedlich hohem Sicherheitsniveau ein. Die erforderlichen Schutzmaßnahmen sind dem jeweiligen erforderlichen Sicherheitsniveau angepasst (Kapitel 3.2).

### Konformitätsbewertung und Zertifizierung

Geräte zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen dürfen erst dann in Verkehr gebracht oder auf dem Markt bereitgestellt werden, wenn sie dem von der Richtlinie vorgegebenen Konformitätsbewertungsverfahren unterzogen wurden. Für Geräte der Kategorie 1 und M1 ist eine Baumusterprüfung und Zertifizierung durch eine notifizierte Prüfstelle durchzuführen. Gleiches gilt für elektrische Betriebsmittel und Verbrennungsmotoren der Kategorie 2 und M2. Für sonstige nicht-elektrische Betriebsmittel dieser Kategorie sowie für Betriebsmittel der Kategorie 3 kann der Hersteller die Konformität mit den Anforderungen der Richtlinie feststellen und dokumentieren. Prüfbescheinigungen einer benannten europäischen Prüfstelle werden innerhalb der gesamten EU anerkannt. Auch unter der neuen EU-Richtlinie 2014/34/EU bleiben die bestehenden EG-Baumusterprüfbescheinigungen weiterhin gültig.

### Kennzeichnung

Die EU-Richtlinie 2014/34/EU verlangt eine besondere Kennzeichnung:

- CE-Kennzeichnung.
- Symbol  mit Gruppe, Kategorie und Zusatzbuchstabe G oder D.

(Weitere Informationen siehe Kapitel 3.6.)

### Betriebsanleitung

Die Betriebsanleitung des Herstellers muss den bestimmungsgemäßen Gebrauch des Gerätes durch den Betreiber klar definieren. Mindestanforderungen an die Betriebsanleitung sind Angaben zur sicheren Inbetriebnahme, Verwendung, Montage und Demontage, Instandhaltung (Wartung und Störungsbeseitigung) sowie zum sicheren Rüsten. Zusätzlich kann es erforderlich sein, besondere Bedingungen für die sichere Verwendung (einschließlich der Hinweise auf sachwidrige Nutzung) anzugeben.

Geräte und Systeme dürfen nur in Verkehr gebracht werden, wenn diese mit dem CE-Zeichen gekennzeichnet sind und eine Betriebsanleitung und EU-Konformitätserklärung des Herstellers beigelegt ist. Die CE-Kennzeichnung sowie die schriftliche EU-Konformitätserklärung bestätigen die Übereinstimmung des Produktes mit allen Anforderungen und Bewertungsverfahren, die in den EU-Richtlinien festgelegt sind.

## 2. RECHTLICHE GRUNDLAGEN

**Tabelle 6a:** Traditionelle Klassifizierung explosionsgefährdeter Bereiche in Nordamerika

Gase, Dämpfe oder Nebel Klassifizierung Class I	Stäube Klassifizierung Class II	Fasern und Flusen Klassifizierung Class III
NEC 500 CEC J18	NEC 500 CEC J18	NEC 500 CEC J18
Division 1 Bereiche, in denen gefährliche Konzentrationen von zündfähigen Gasen oder Dämpfen <ul style="list-style-type: none"> <li>unter normalen Betriebsbedingungen vorhanden sein können</li> <li>bei Reparatur- und Wartungsarbeiten häufig auftreten können</li> <li>bei Betriebsstörungen oder unter Fehlerbedingungen auftreten können und zur gleichen Zeit Störungen an den elektrischen Geräten auftreten, die zu einer Zündquelle führen.</li> </ul>	Division 1 Bereiche, in denen gefährliche Konzentrationen von explosionsfähigen Staubatmosphären <ul style="list-style-type: none"> <li>unter normalen Betriebsbedingungen vorhanden sein können</li> <li>bei Betriebsstörungen oder unter Fehlerbedingungen auftreten können und zur gleichen Zeit Störungen an den elektrischen Geräten auftreten, die zu einer Zündquelle führen, sowie Bereiche mit gefährlicher Menge an leitendem Staub (Gruppe E).</li> </ul>	Division 1 Bereiche, in denen brennbare Fasern und Flusen entstehen oder verarbeitet werden.
Division 2 Bereiche, in denen gefährliche Konzentrationen von zündfähigen Gasen oder Dämpfen in geschlossenen Behältern oder Systemen gehalten werden und die nur unter Fehlerbedingungen freigesetzt werden können.	Division 2 Bereiche, in denen gefährliche Konzentrationen von explosionsfähigen Staubatmosphären nur unter Fehlerbedingungen freigesetzt werden können.	Division 2 Bereiche, in denen brennbare Fasern gelagert oder anders als im Fertigungsprozess gehandhabt werden.

### 2.3 EXPLOSIONSSCHUTZ IN NORDAMERIKA

Die Grundprinzipien des Explosionsschutzes sind auf der ganzen Welt gleich. Dennoch haben sich in Nordamerika Techniken und Systeme entwickelt, die wesentlich von der IEC-Technik abweichen. Die Unterschiede liegen dabei beispielsweise in der Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche, der Konstruktion der Betriebsmittel und der Installation der elektrischen Anlagen.

#### 2.3.1 ERRICHTUNG UND BETRIEB

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

Explosionsgefährdete Bereiche fallen in Nordamerika unter den Begriff „hazardous (classified) locations“. Traditionell werden die explosionsgefährdeten Bereiche in Nordamerika in „Class“ und „Divisions“ eingeteilt. Sie umfassen Bereiche, in denen brennbare Gase, Dämpfe, Nebel (Class I), Stäube (Class II) oder Fasern und Flusen (Class III) in gefahrdrohender 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.

**Tabelle 6b: Gruppen**

Gas	Staub
A (Acetylen)	E (Metall)
B (Wasserstoff)	F (Kohle)
C (Ethylen)	G (Getreide)
D (Propan)	

**Tabelle 6c: Temperaturklassen**

Zündtemperatur der Gase und Dämpfe in °C	Temperaturklasse	Maximale Oberflächentemperatur am Betriebsmittel in °C
> 450	T1	450
> 300 bis 450	T2	300
> 280 bis 300	T2A	280
> 260 bis 280	T2B	260
> 230 bis 260	T2C	230
> 215 bis 230	T2D	215
> 200 bis 300	T3	200
> 180 bis 200	T3A	180
> 165 bis 180	T3B	165
> 160 bis 165	T3C	160
> 135 bis 200	T4	135
> 120 bis 135	T4A	120
> 100 bis 135	T5	100
> 85 bis 100	T6	85

1996 wurde in den USA für Class I zusätzlich das nach IEC übliche Klassifizierungssystem (Zoneneinteilung) eingeführt. Diese Änderung erfolgte durch Artikel 505 des NEC, womit dem Anwender die Möglichkeit geboten wird, das für ihn technisch und wirtschaftlich optimale System zu wählen. Im Jahr 2005 wurden die Zonen 20, 21 und 22 für Bereiche mit brennbarem Staub (Artikel 506) eingeführt.

Auch in Kanada wurde das IEC-Zonenkonzept für Class I eingeführt (CEC Ausgabe 1998), nachdem alle neu errichteten Anlagen nach diesem Konzept klassifiziert werden müssen. Mit der Ausgabe 2015 des CEC wurde das Zonenkonzept auch für staubexplosionsgefährdete Bereiche übernommen.

### 2.3.2 AUSWAHL VON GERÄTEN

Im traditionellen 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 kennzeichnet die gefährlichste Gasgruppe, während nach IEC und nach der neuen Einteilung gemäß Artikel 505 die Gruppe IIC als riskanteste Gasgruppe gilt.

Die Festlegung der maximalen Oberflächentemperatur nach Artikel 505 im NEC erfolgt in Übereinstimmung mit dem IEC entsprechend in sechs Temperaturklassen T1 bis T6 – mit einer zusätzlichen Unterteilung in Temperaturunterklassen im Division-System. Auch im CEC 2015 wurde das bestehende System der Temperaturklassen nicht geändert.

## 2. RECHTLICHE GRUNDLAGEN

Die Installationsmethoden für das Zonenkonzept nach dem NEC 505 entsprechen weitestgehend dem des traditionellen Class-Division-Systems. Neben der Verwendung von starren Rohrleitungen und mineralisierten Kabeln Typ MI in Class I, Division 1 bzw. Zone 1, ist auch der Einsatz von zugelassenen Kabeln möglich. Auch in Kanada können spezielle Kabel für explosionsgefährdete Bereiche eingesetzt werden.

Außerdem gibt es für den Bau und die Prüfung von explosionsgeschützten elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln in Nordamerika verschiedene Normen und Bestimmungen. In den USA sind dies vorwiegend die Standards der International Society for Measurement and Control (ISA) bzw. von Underwriters Laboratories Inc. (UL) oder Factory Mutual Research Corporation (FM). In Kanada gelten die Standards der Canadian Standards Association (CSA).

### **Schutzarten von Gehäusen**

Ebenso wie nach IEC 60529 die IP-Schutzarten (Anhang 5.2) für Gehäuse festgelegt wurden, gibt es in den USA u. a. den Standard Publ. No. 250 der NEMA (National Electrical Manufacturing Association) (Anhang 5.3), welcher die Schutzart von Gehäusen behandelt. Diese Schutzarten können nicht direkt mit denen nach IEC verglichen werden, da zusätzliche Umgebungseinflüsse (z. B. Kühlflüssigkeiten, Schneidöle, Korrosion, Vereisung, Hagel) behandelt werden. Zu beachten ist, dass es sich bei den Gehäuse-Typen 7, 8, 9 und 10 um Gehäuse für explosionsgefährdete Bereiche handelt.

### **Zertifizierung**

In den USA und Kanada sind elektrische Ausrüstungen und Betriebsmittel in explosionsgefährdeten Betriebsstätten in der Regel zulassungspflichtig. Ausnahmen bilden solche elektrische Betriebsmittel, die aufgrund ihrer Konstruktion und Eigenart die explosionsfähige Atmosphäre, in der sie eingesetzt sind, nicht zünden können. Über die Zulassungspflicht entscheidet die zuständige Behörde. Geräte, die für explosionsgefährdete Bereiche entwickelt und gefertigt werden, muss man in den USA und Kanada durch national anerkannte Prüfstellen prüfen und zulassen.



## 3. TECHNISCHE GRUNDLAGEN

---

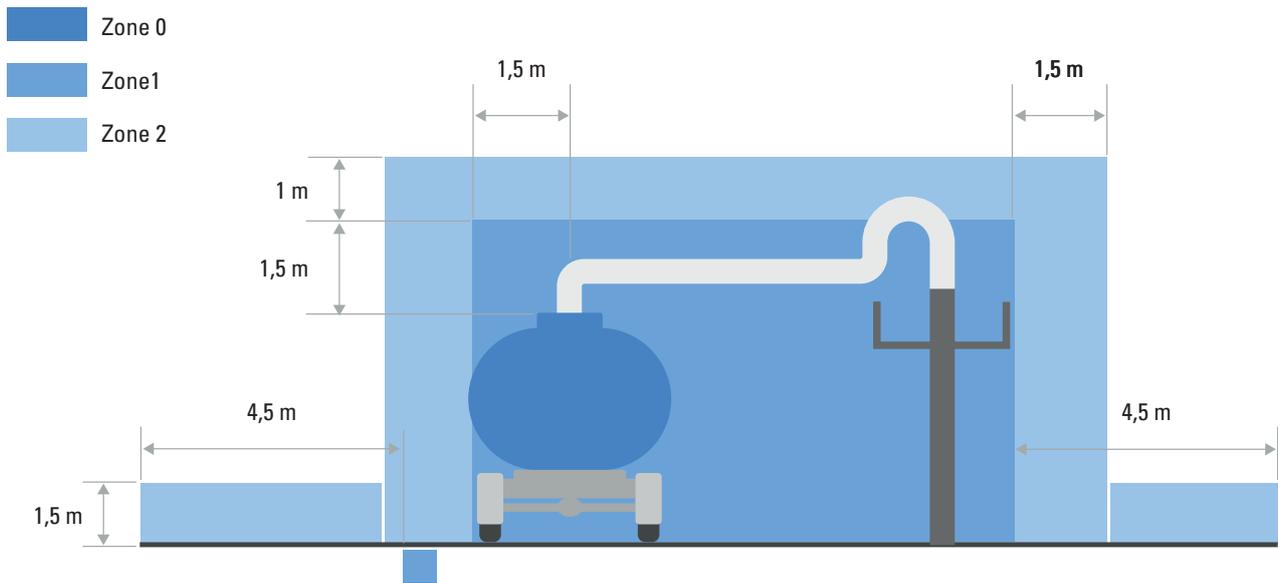
Ex-Bereiche sind nicht gleichermaßen gefährdet und somit ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an die Betriebsmittel. In Kapitel drei erfahren Sie mehr zur Zoneneinteilung, zu den Gerätekategorien und dem Geräteschutzniveau EPL, den unterschiedlichen Gerätegruppen und zur Zündtemperatur sowie den Temperaturklassen. Lernen Sie die verschiedenen Zündschutzarten kennen und machen Sie sich auch mit den Grundlagen der Kennzeichnung vertraut.

# 3. TECHNISCHE GRUNDLAGEN

**Tabelle 7: Zoneneinteilung**

Gas	<b>Zone 0*</b>	ist ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.
	<b>Zone 1*</b>	ist ein Bereich, in dem sich im Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann.
	<b>Zone 2*</b>	ist ein 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.
Staub	<b>Zone 20*</b>	ist ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus brennbarem Staub, der in der Luft enthalten ist, ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.
	<b>Zone 21*</b>	ist ein Bereich, in dem sich im Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub bilden kann.
	<b>Zone 22*</b>	ist ein Bereich, in dem im Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub normalerweise nicht auftritt, und wenn doch, dann nur selten und für kurze Zeit.

\* Definitionen aus der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)



**Tabelle 8:** Zoneneinteilung und Zuordnung von Geräten entsprechend ihrer Kategorie bzw. ihrem Schutzniveau EPL

	Zone	Dauer des Vorhandenseins explosionsfähiger Atmosphäre	Gerätekategorie	Geräteschutzniveau EPL
Gase, Dämpfe, Nebel	0	ständig, langfristig, dauernd	1G	Ga
	1	gelegentlich	2G	Gb
	2	selten	3G	Gc
Stäube	20	ständig, langfristig, dauernd	1D	Da
	21	gelegentlich	2D	Db
	22	selten	3D	Dc

### 3.1 ZONENEINTEILUNG

Explosionsgefährdete Bereiche werden in Zonen unterteilt, um die Auswahl zweckentsprechender Geräte sowie die Gestaltung von sachgerechten elektrischen Installationen zu erleichtern. Die Zoneneinteilung spiegelt die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von explosionsfähiger Atmosphäre wider (s. Tabelle 7).

Informationen und Vorgaben zur Zoneneinteilung findet man in IEC 60079-10-1 für gasexplosionsgefährdete Bereiche bzw. in IEC 60079-10-2 für Bereiche mit brennbarem Staub. Weiterhin gibt es nationale Regeln: Beispielsweise gelten in Deutschland die „Explosionsschutz-Regeln (ExRL) – Regeln für das Vermeiden der Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre mit Beispielsammlung“ (DGUV 113-100, früher BRG 104) oder die Technischen Regeln für Betriebssicherheit TRBS 2152. In der EU sind die Zonen in der EG-Richtlinie 1999/92/EG bzw. in den nationalen Umsetzungen dieser Richtlinie (z. B. in Deutschland: Gefahrstoffverordnung GefStoffV, Österreich: VEXAT) definiert.

Bei der Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche in Zonen und der Festlegung der notwendigen Schutzmaßnahmen ist jeweils das höchstmögliche Gefahrenpotenzial zu berücksichtigen. Steht im Unternehmen keine fachkundige Person zur Beurteilung der Explosionsgefahr und zur Festlegung der notwendigen Maßnahmen zur Verfügung, sollte eine fachkundige Stelle eingeschaltet werden.

Die in der festgelegten Gefahrenzone eingesetzten Geräte müssen die Anforderungen der entsprechend zugeordneten Gerätekategorie bzw. das Geräteschutzniveau erfüllen. Einen Überblick über die Zoneneinteilung und die Zuordnung von Geräten entsprechend ihrer Kategorie ist in der Tabelle 8 dargestellt.

# 3. TECHNISCHE GRUNDLAGEN

## 3.2 GERÄTEKATEGORIEN UND GERÄTESCHUTZNIVEAU EPL

Je nach Wahrscheinlichkeit des Auftretens von explosionsfähiger Atmosphäre werden unterschiedliche Sicherheitsanforderungen an die verwendeten Geräte gestellt. Das Sicherheitsniveau der Geräte ist auf das Gefahrenpotenzial in den unterschiedlichen Zonen abgestimmt.

Durch die EU-Richtlinie 2014/34 (ATEX) werden in Europa explosionsgeschützte Geräte in Kategorien eingeordnet. Auf internationaler Ebene wurde durch die IEC 60079-0 von 2007 das Geräteschutzniveau EPL (Equipment Protection Level) eingeführt.

Betriebsmittel sind je nach Kategorie oder Geräteschutzniveau EPL mit Explosionsschutzmaßnahmen von unterschiedlich hohem Schutzniveau (Schutzgrad) auszuliegen.

### Geräte kategorien

Für Geräte zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen – außer schlagwettergefährdeten Grubenbauen – sind drei Kategorien vorgesehen:

**Kategorie 1:** Geräte dieser Kategorie zeichnen sich durch ein **sehr hohes Maß** an Sicherheit aus. Sie müssen selbst bei selten auftretenden Gerätestörungen sicher sein und weisen daher Explosionsschutzmaßnahmen auf, damit:

- beim Versagen einer apparativen Schutzmaßnahme mindestens eine zweite unabhängige apparative Schutzmaßnahme die erforderliche Sicherheit garantiert.
- beim Auftreten von zwei unabhängigen Fehlern die erforderliche Sicherheit gewährleistet wird.

**Kategorie 2:** Geräte und Systeme bieten ein **hohes** Maß an Sicherheit. Die apparativen Explosionsschutzmaßnahmen dieser Kategorie sind bei **häufigen** Gerätestörungen oder Fehlerzuständen (die üblicherweise zu erwarten sind) sicher.

**Kategorie 3:** Geräte dieser Kategorie gewährleisten bei **normalem** Betrieb das **erforderliche** Maß an Sicherheit.

Durch den Zusatzbuchstaben **G** oder **D** wird auf die Verwendung des Gerätes für gasexplosionsgefährdete Bereiche (G) oder für Bereiche mit brennbarem Staub (D, dust) hingewiesen.

Bei Geräten zum Einsatz in schlagwettergefährdeten Grubenbauen werden zwei Kategorien unterschieden:

**Kategorie M1:** Geräte dieser Kategorie zeichnen sich durch ein **sehr hohes** Maß an Sicherheit aus. Sie müssen selbst bei **seltene**n Gerätestörungen in vorhandener explosionsfähiger Atmosphäre weiterbetrieben werden können und weisen daher Explosionsschutzmaßnahmen auf, damit:

- beim Versagen einer apparativen Schutzmaßnahme mindestens eine zweite unabhängige apparative Schutzmaßnahme die erforderliche Sicherheit gewährleistet.
- beim Auftreten von zwei unabhängigen Fehlern noch die erforderliche Sicherheit garantiert wird.

**Kategorie M2:** Geräte und Systeme der Kategorie M2 bieten ein **hohes Maß** an Sicherheit. Beim Auftreten einer explosionsfähigen Atmosphäre müssen die Geräte aber abgeschaltet werden können. Die apparativen Explosionsschutzmaßnahmen innerhalb dieser Kategorie gewährleisten das erforderliche Maß an Sicherheit bei normalem Betrieb – auch unter schweren Betriebsbedingungen und insbesondere bei rauer Behandlung und wechselnden Umgebungseinflüssen.

### Geräteschutzniveau EPL

Nach IEC 60079-0 werden Geräte für explosionsgefährdete Bereiche in drei Schutzniveaus eingestuft.

**EPL Ga oder Da:** Gerät mit **sehr hohem** Schutzniveau zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen. Bei diesen Geräten besteht bei Normalbetrieb, vorhersehbaren oder seltenen Fehlern/Fehlfunktionen keine Zündgefahr.

**EPL Gb oder Db:** Geräte mit **hohem** Schutzniveau zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen, bei denen im Normalbetrieb oder bei vorhersehbaren Fehlern/Fehlfunktionen keine Zündgefahr vorliegt.

**EPL Gc oder Dc:** Gerät mit **erweitertem** Schutzniveau zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen. Während des normalen Betriebes existiert keine Zündgefahr. Die Geräte weisen einige zusätzliche Schutzmaßnahmen auf, die gewährleisten, dass bei üblicherweise vorhersehbaren Störungen des Gerätes keine Zündgefahr besteht.

Die Buchstaben **G** und **D** legen fest, ob die Geräte und Systeme für gasexplosionsgefährdete Bereiche (G) oder für Bereiche mit brennbarem Staub (D, dust) geeignet sind.

Für Geräte in schlagwettergefährdeten Grubenbauen sind zwei Schutzniveaus definiert.

**EPL Ma:** Gerät mit **sehr hohem** Schutzniveau, das das erforderliche Maß an Sicherheit gewährleistet. Bei diesen Geräten besteht bei Normalbetrieb, vorhersehbaren oder seltenen Fehlern/Fehlfunktionen keine Zündgefahr – selbst wenn das Gerät während eines Gasaustritts noch in Betrieb ist.

**EPL Mb:** Gerät mit **hohem** Schutzniveau, das das erforderliche Maß an Sicherheit garantiert. Bei Normalbetrieb oder vorhersehbaren Fehlern/Fehlfunktionen liegt in der Zeit zwischen Gasaustritt und Ausschalten des Geräts keine Zündgefahr vor.

Der Anwendungsbereich von Betriebsmitteln einer bestimmten Kategorie bzw. eines bestimmten Schutzniveaus EPL in den entsprechenden Gefahrzonen wird in der Tabelle 8 dargestellt.

# 3. TECHNISCHE GRUNDLAGEN

## 3.3 GERÄTEGRUPPEN

### Einteilung nach der europäischen Richtlinie 2014/34/EU (ATEX)

Die explosionsgeschützten Geräte werden in zwei Gruppen unterteilt.

#### Gerätegruppe I:

Geräte zur Verwendung in Untertagebetrieben von Bergwerken sowie deren Übertageanlagen, die durch Grubengas und/oder brennbare Stäube gefährdet werden können.

#### Gerätegruppe II:

Geräte zur Verwendung in den übrigen Bereichen, die durch eine explosionsfähige Atmosphäre gefährdet werden können.

Elektrische Geräte für Grubenbaue, in denen zusätzlich zum Schlagwetter Anteile anderer Gase als Methan auftreten können, müssen neben den Bestimmungen der Gruppe I auch die zutreffenden Anforderungen der Gruppe II einhalten. Geräte der Gruppe II werden nach dem Anwendungsbereich weiter unterschieden in Geräte für durch Gase, Dämpfe, Nebel gefährdete Bereiche und solche für durch Stäube gefährdete Bereiche.

### Einteilung nach IEC 60079

Früher wurden bei explosionsgeschützten Geräten zwei Gruppen definiert.

#### Gruppe I:

Geräte für schlagwettergefährdete Grubenbaue.

#### Gruppe II:

Geräte für explosionsgefährdete Bereiche – außer Grubenbaue.

Mit Veröffentlichung der IEC 60079-0 von 2007 wurde die Gruppe III für staubexplosionsgefährdete Bereiche eingeführt. Die Gruppe II ist den Geräten für gasexplosionsgefährdete Bereiche vorbehalten.

#### Gruppe II:

Geräte für gasexplosionsgefährdete Bereiche – außer Grubenbaue.

#### Gruppe III:

Geräte für staubexplosionsgefährdete Bereiche – außer Grubenbaue.

Elektrische Geräte der Gruppe II (Gas) werden entsprechend den Eigenschaften der explosionsfähigen Atmosphäre (für die sie bestimmt sind) unterteilt in die Gruppen IIA, IIB und IIC (Tabelle 9). Diese Zuordnung betrifft die Zündschutzarten Druckfeste Kapselung und Eigensicherheit. Sie beruht für die Druckfeste Kapselung auf der experimentell ermittelten Grenzspaltweite (MESG), die ein Maß für das Durchschlagverhalten einer heißen Flamme durch einen engen Spalt ist. Für die Eigensicherheit ist der Mindestzündstrom (MIC) ausschlaggebend – eine Größe für die Mindestzündenergie der auftretenden Gase und Dämpfe. Geräte für staubexplosionsgefährdete Bereiche (Gruppe III) unterteilt man entsprechend der Art des Staubes in die Gruppen IIIA (brennbare Flusen), IIIB (nicht leitfähiger Staub) und IIIC (leitfähiger Staub). Die letzten beiden Gruppen unterscheiden sich im spezifischen elektrischen Widerstand, der bei den Stäuben der Gruppe IIIC bei einem Wert kleiner oder gleich  $10^3 \Omega\text{m}$  liegt.

**Tabelle 9: Unterteilung der Gruppe II**

Gruppe	Typisches Gas	Grenzsplattweite (MESG) in mm	Mindestzündstromverhältnis* (MIC)
IIA	Propan	> 0,9	> 0,8
IIB	Ethylen	0,5 ... 0,9	0,45 ... 0,8
IIC	Wasserstoff	< 0,5	< 0,45

\* Mindestzündstromverhältnis bezogen auf Methan

Somit werden die Stoffe und damit die explosionsgefährdeten Bereiche, in denen diese vorkommen, in Gruppen eingestuft. Die eingesetzten Geräte müssen für die Anforderungen der Gruppe ausgelegt sein, die von IIA nach IIC bzw. IIIA nach IIIC ansteigen. Ein Gerät, das den Kriterien für IIC genügt, kann ebenso in Bereichen IIB und IIA eingesetzt werden. Geräte der Gruppe IIB darf man auch in den Bereichen IIA verwenden. IIA-Geräte können nur im Bereich IIA eingesetzt werden. Dies gilt analog für Geräte der Gruppen IIIA, IIIB und IIIC.



# 3. TECHNISCHE GRUNDLAGEN

## 3.4 ZÜNDTEMPERATUR UND TEMPERATURKLASSEN

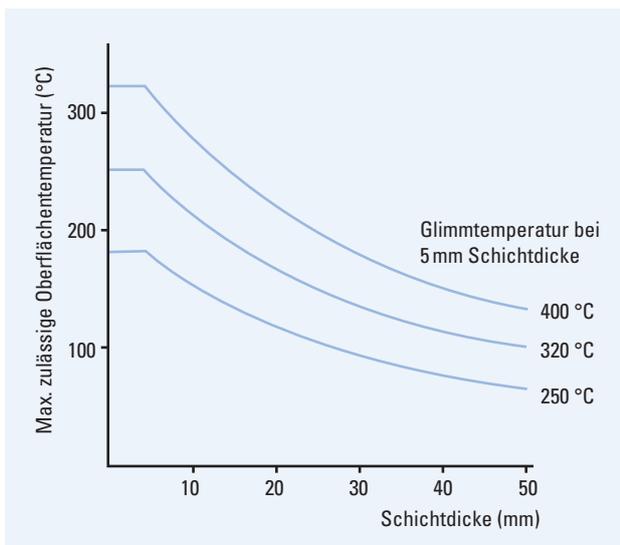
Die Zündtemperatur einer explosionsfähigen Gasatmosphäre oder Staubwolke ist die niedrigste Temperatur einer erhitzten Oberfläche, bei der unter festgelegten Bedingungen eine Entzündung brennbarer Stoffe in Form von Gas oder Dampf bzw. Staub im Gemisch mit Luft eintritt.

### **Brennbare Gase**

Brennbare Gase und Dämpfe werden nach ihrer Entzündbarkeit in Temperaturklassen eingeteilt (Tabelle 10). Die maximale Oberflächentemperatur eines elektrischen Betriebsmittels muss stets kleiner sein als die Zündtemperatur des Gas- bzw. Dampf-Luft-Gemisches, in dem es eingesetzt wird. Selbstverständlich sind Betriebsmittel, die einer höheren Temperaturklasse entsprechen (z. B. T5), auch für Anwendungen zulässig, bei denen eine niedrigere Temperaturklasse gefordert ist (z. B. T2 oder T3). In Nordamerika existiert ein System mit einer weiteren Unterteilung in Untertemperaturklassen (Kapitel 2.3).

**Tabelle 10:** Temperaturklassen

Zündtemperatur der Gase und Dämpfe in °C	Temperaturklasse	Maximale Oberflächentemperatur am Betriebsmittel in °C
> 450	T1	450
> 300 bis 450	T2	300
> 200 bis 300	T3	200
> 135 bis 200	T4	135
> 100 bis 135	T5	100
> 85 bis 100	T6	85

**Bild 4:** Ermittlung der max. Oberflächentemperatur bei Staubschichten 5 mm bis 50 mm

### Brennbare Stäube

Bei brennbaren Stäuben wird keine Einteilung in Temperaturklassen vorgenommen. Die Zündtemperatur der Staubwolke muss mit der maximalen zulässigen Oberflächentemperatur des Gerätes verglichen werden. Dabei ist ein Sicherheitsfaktor zu berücksichtigen. Die maximale Oberflächentemperatur des Gerätes darf nur 2/3 der Zündtemperatur der Staubwolke betragen. Da sich Stäube aber auch auf den Geräten ablagern können, muss zusätzlich die Zündtemperatur der Staubschicht (Glimmtemperatur) betrachtet werden. Die Glimmtemperatur ist die niedrigste Temperatur einer heißen Oberfläche, auf der sich eine Staubschicht von 5 mm entzünden kann.

Der Abgleich mit der maximalen Oberflächentemperatur des Gerätes ist mit einem Sicherheitsfaktor von 75 °C durchzuführen. Bei höheren Schichtdicken nimmt die Wärmedämmung zu. Deshalb soll die maximal zulässige Oberflächentemperatur am Gerät weiter reduziert werden. Diese wird nach dem Schema (Bild 4) aus IEC 60079-14 ermittelt. Wenn die Schichtdicke über 50 mm liegt, muss die Glimmtemperatur über Laborversuche ermittelt werden. Dies gilt auch für Schichtdicken größer als 5 mm, wenn die Glimmtemperatur bei 5 mm Schichtdicke kleiner als 250 °C ist. Laborversuche sind ebenfalls beim kompletten Einschütten der Geräte mit brennbarem Staub notwendig. Das Gerät darf an den kritischen Oberflächen nicht heißer werden als die niedrigere der beiden ermittelten zulässigen Oberflächen in Bezug auf die Staubwolke und die Staubschicht.

# 3. TECHNISCHE GRUNDLAGEN

## 3.5 ZÜNDSCHUTZARTEN

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

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

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

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

# 3. TECHNISCHE GRUNDLAGEN

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

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

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

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

# 3. TECHNISCHE GRUNDLAGEN

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

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

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

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

### 3.5.1 ANWENDUNG DER ZÜNDSCHUTZART EIGENSICHERHEIT „i“

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

#### Eigensicherer Stromkreis

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

#### Eigensichere elektrische Betriebsmittel

Ein elektrisches Betriebsmittel, in dem alle Stromkreise eigensicher sind.

#### Zugehörige elektrische Betriebsmittel

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

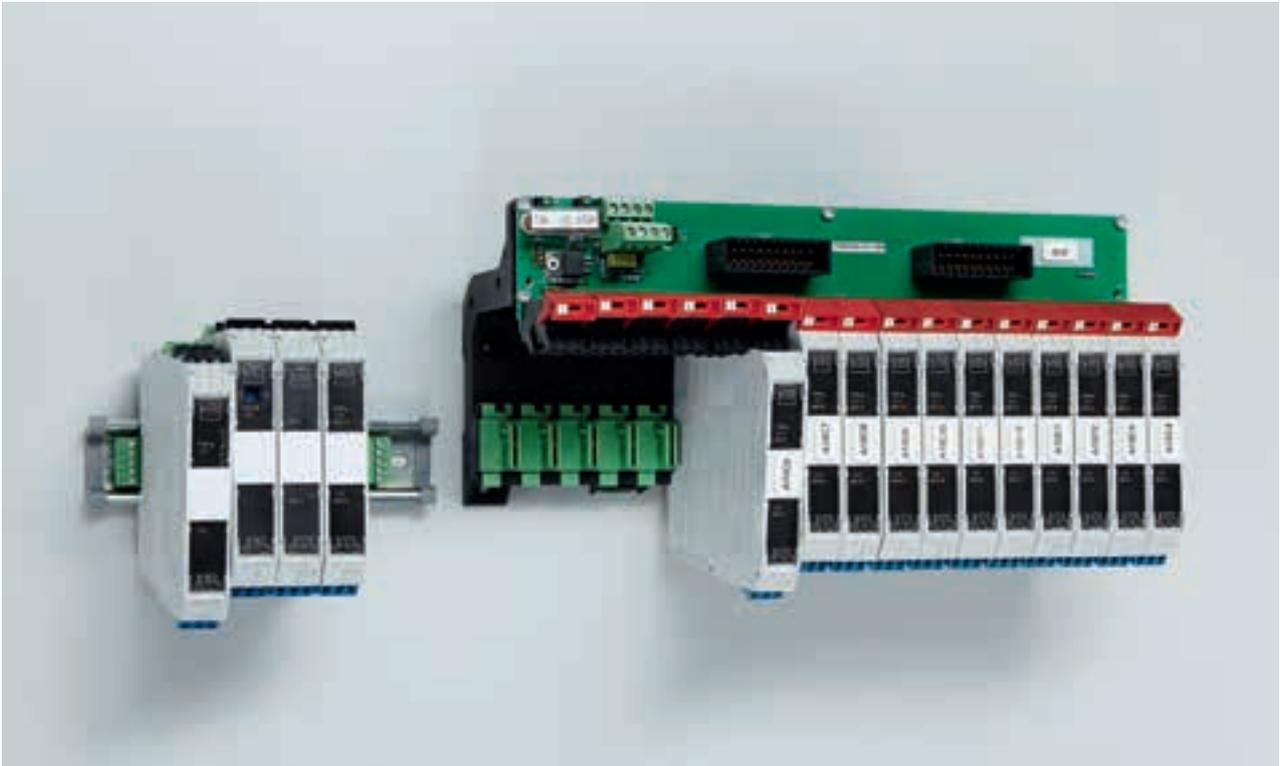
Wesentlicher Gesichtspunkt der Zündschutzart Eigensicherheit ist die Frage der Zuverlässigkeit bezüglich der Einhaltung der Spannungs- und Stromgrenzen – auch unter Annahme bestimmter Fehler. Eigensichere elektrische Betriebsmittel und eigensichere Teile von zugehörigen Betriebsmitteln werden hinsichtlich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

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

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

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

# 3. TECHNISCHE GRUNDLAGEN



**Bild 5:** Trennstufen mit galvanischer Trennung IS pac

Die **Zusammenschaltung einzelner Betriebsmittel zu einem eigensicheren Stromkreis** ist unter Beachten bestimmter Anforderungen in Verantwortung des Planers zulässig. Werden zugehörige Betriebsmittel mit eigensicheren Geräten zusammenschaltet, so ist bei der Errichtung des Stromkreises darauf zu achten, dass die sicherheitstechnischen Werte des zugehörigen und des eigensicheren Betriebsmittels aufeinander abgestimmt sind. (Weitere Details zur Zusammenschaltung siehe IEC 60079-14 und IEC 60079-25.) Der Betreiber muss über einen **Nachweis der Eigensicherheit** für alle eigensicheren Stromkreise verfügen. Sofern eine Systembescheinigung vorliegt, gilt diese als Nachweis.

### **Der eigensichere Feldbus nach FISCO (Fieldbus Intrinsically Safe Concept)**

Bei manchesterkodierten busgespeisten Systemen, die in Übereinstimmung mit IEC 61158-2 („physical layer standard“ für Feldbus-Installationen) gestaltet sind, werden mehrere Feldgeräte an einer 2-Draht-Leitung zusammengeschaltet und über ein Feldbus-Speisegerät mit Energie versorgt. Durch diese komplexe Zusammenschaltung vieler Geräte würden sich nach der klassischen Eigensicherheitsbetrachtung (Entity Concept) deutliche Einschränkungen in Bezug auf die Anzahl der Teilnehmer und Leitungslängen ergeben. Der erforderliche Nachweis der Eigensicherheit wäre sehr umfangreich und komplex. Aus diesem Grund hat die PTB Mitte der neunziger Jahre auf Basis umfangreicher Untersuchungen und Analysen eine Vereinfachung entwickelt. Diese lässt durch die Verwendung realer Randbedingungen mehr Teilnehmer und größere Leitungslängen zu und vereinfacht den Nachweis der Eigensicherheit deutlich. Bedingung zur Anwendung dieses als **FISCO** bekannten Modells ist eine entsprechende Prüfbescheinigung nach FISCO für alle Teilnehmer in einem FISCO-Feldbus-System.

FISCO wurde zunächst in der EN 60079-27 standardisiert, aber in den letzten Jahren in die EN 60079-11:2008 und EN 60079-25:2011 überführt. Heute werden meistens keine durchgängigen FISCO-Feldbusse mehr installiert, da sich hierbei trotz der Vereinfachungen nur eine limitierte Anzahl von Teilnehmern an einem Bus anschließen lassen. Beim gängigeren **High-Power-Trunk-Konzept** ist die Anzahl der Teilnehmer durch die Verwendung von Ex i Feldbus-Kopplern (eine Art Feldbus-Trennstufe) nicht mehr limitiert. Die Anschaltung der Feldbusgeräte und der vereinfachte Nachweis der Eigensicherheit an diesen Ex i Kopplern erfolgt aber weiterhin nach FISCO.

# 3. TECHNISCHE GRUNDLAGEN

**Tabelle 16: Normen**

	Ex ic	Ex nL	NI
Beschreibung	Eigensicherheit	Energiebegrenzte Stromkreise	„Non incendive field wiring“
Norm	IEC 60079-11	IEC 60079-15:2005	FM 3611
Feldbus	IEC 60079-27-FISCO	IEC 60079-27-FNICO:2005	--
Installation	IEC 60079-14	IEC 60079-14	NEC 500
Instandhaltung	IEC 60079-17	IEC 60079-17	ANSI/ISA 12.12.01

Anmerkung: Ex nL ist durch Ex ic ersetzt. Die Übergangszeit ist in 2011 ausgelaufen.

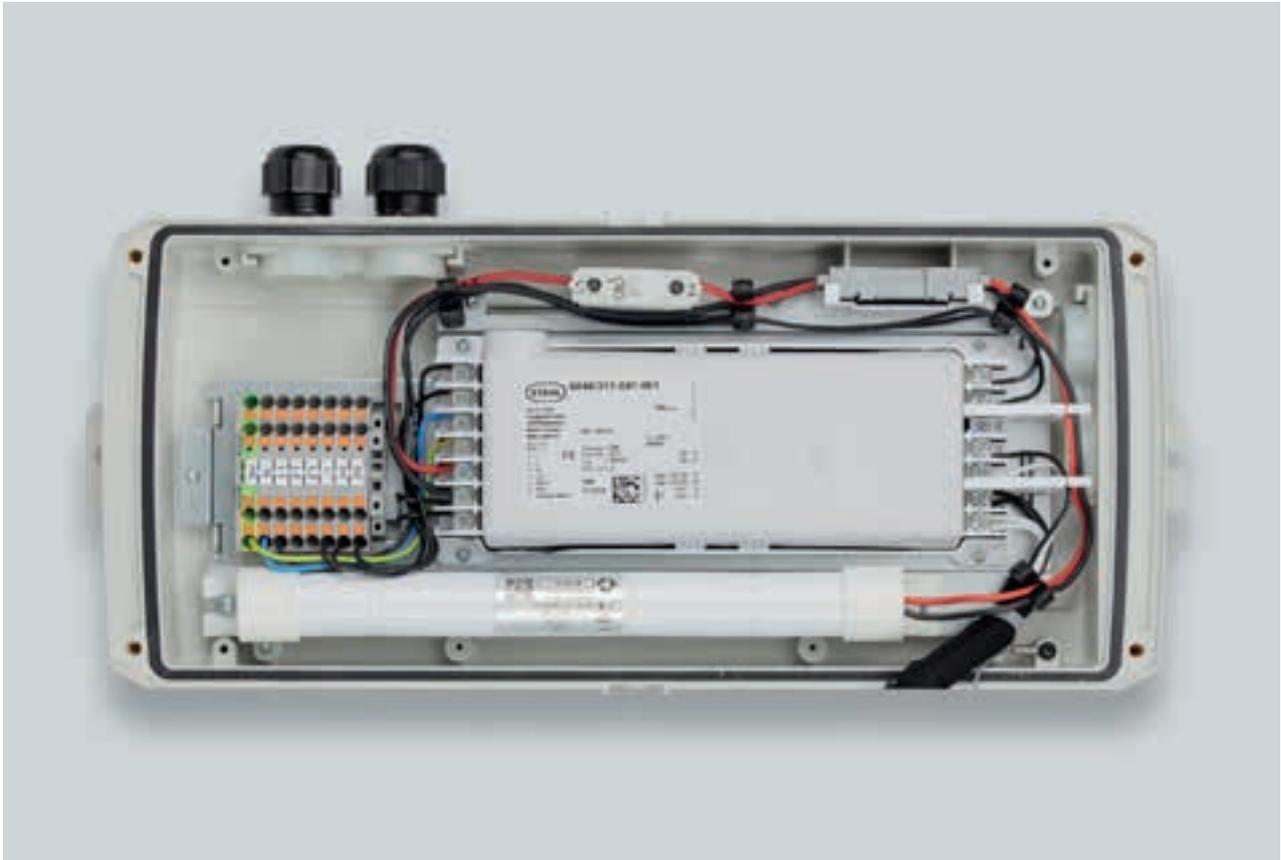
**Tabelle 17: Installation und Instandhaltung**

	Ex ic	Ex nL	NI
Einsatzbereich (Gas)	Zone 2	Zone 2	Class I, Div. 2
Einsatzbereich (Staub)	Zone 22	Zone 22	Class II + III, Div. 2
Kabel und Leitungen	IEC 60079-14	IEC 60079-14	US-Standard
Kennzeichnung	Ja. Wenn Farbe, dann Blau.	Keine besonderen Anforderungen.	Keine besonderen Anforderungen.
Abstand zu normalen Stromkreisen	50 mm	Nein (50 mm zu Ex i)	Trennung
Nachweis der Energiebegrenzung	Ja	Ja	Ja
Abstand zu blanken leitenden Teilen	Zu Nicht-Ex i: 50 mm; Zu anderen Ex i: 6 mm; Zu Erde: 3 mm	Keine besonderen Anforderungen	Trennung
Wartung*	Ja	Ja	Ja
Instandsetzung*	Ja	Ja	Nein

\* Im NEC 500 wird zwischen Wartung und Instandsetzung unterschieden. Bei der Instandsetzung ist zum Beispiel der Austausch unter Spannung von defekten „Non-incendive“-Komponenten nicht erlaubt.

## Zone 2 und Division 2: Eigensicherheit ic – energiebegrenzte Stromkreise nL – non incendive NI

In den USA wird das Prinzip der Energiebegrenzung je nach Anwendungsbereich unterschiedlich behandelt. Die Anforderungen an Geräte für die Class I, Zone 2 entsprechen weitestgehend den IEC-Anforderungen. Die Eigensicherheit Typ ic hat die energiebegrenzten Stromkreise Typ nL abgelöst – wie es auch bei den IEC-Normen vorgesehen ist. Für Class I, Division 2 wird die Energiebegrenzung als „Non-incendive field wiring (NI)“-Stromkreise umgesetzt. Der Unterschied der verschiedenen Methoden ist in den Tabellen 16 und 17 dargestellt.



**Bild 6:** Kombination von Zündschutzarten bei einer Notlichtleuchte

### 3.5.2 ANWENDUNG UND KOMBINATION DER ZÜND-SCHUTZARTEN DRUCKFESTE KAPSELUNG „d“ UND ERHÖHTE SICHERHEIT „e“

Die bei Schaltgeräten wichtigste Zündschutzart ist die **Druckfeste Kapselung** – meist gemeinsam mit der Zündschutzart **Erhöhte Sicherheit**. Die Zündschutzart **Erhöhte Sicherheit** beruht darauf, dass Maßnahmen getroffen werden, um mit einem erhöhten Grad an Sicherheit das Entstehen von Zündquellen zu vermeiden.

Da Schaltgeräte jedoch betriebsmäßig Zündquellen produzieren, können die Geräte allein in dieser Schutzart nicht explosionsgeschützt ausgeführt werden. Gemeinsam mit der druckfesten Kapselung spielt die erhöhte Sicherheit auch für Schaltanlagen eine wichtige Rolle. Ebenso wird bei modernen explosionsgeschützten Leuchten die Kombination mehrerer Zündschutzarten angewendet, um sicherheitstechnisch, funktionell und wirtschaftlich das Optimum zu erzielen (Bild 6).

# 3. TECHNISCHE GRUNDLAGEN

## 3.5.3 ANWENDUNG DER ZÜNDSCHUTZART KONSTRUKTIVE SICHERHEIT „c“

Nicht-elektrische Geräte werden häufig in der Zündschutzart **Konstruktive Sicherheit** ausgeführt. Bei dieser Zündschutzart wird durch konstruktive Maßnahmen das Risiko von Fehlern, die zu Zündquellen an einem Gerät führen können, auf ein geringes Maß reduziert. So kann man zum Beispiel heiße Oberflächen oder mechanisch erzeugte Funken an bewegten Teilen durch bauliche Maßnahmen verhindern. Die Maßnahmen hängen im Wesentlichen von der Geräteart ab und können sehr unterschiedlich ausfallen. Hierbei spielt die Betrachtung der Materialpaarungen, der Dimensionierung, der Toleranzen und Schmiermittel an bewegten Teilen eine Rolle. Aber auch Wartungsintervalle und die Überwachung der Lebensdauer können von entscheidender Bedeutung sein. Der Hersteller legt in der Betriebsanleitung die bestimmungsgemäße Verwendung fest. Dazu gehören die Festlegung der Umgebungs- und Einsatzbedingungen sowie die zulässigen Betriebsparameter. Der Betreiber hat den Angaben in der Betriebsanleitung Folge zu leisten.



## 3.6 KENNZEICHNUNG

### Weltweit (IEC)

Die Kennzeichnung für elektrische Geräte ist in der IEC 60079-0 festgelegt. Zusätzlich zum Namen des Herstellers oder zu seinem Warenzeichen, der Typenbezeichnung, der Seriennummer und der Prüfstelle mit Zertifikatsnummer ist noch eine besondere Kodierung gefordert, die den Einsatz des Gerätes beschreibt:

- Das Symbol Ex.
- Das Symbol jedes verwendeten Schutzniveaus (bzw. Zündschutzart). (Bei zugehörigen elektrischen Betriebsmitteln, die in gefährdeten Bereichen installiert werden sollen, müssen die Symbole für das Schutzniveau (bzw. Zündschutzart) in eckigen Klammern angegeben werden.)
- Gruppe IIA, IIB oder IIC für gasexplosionsgefährdete Bereiche bzw. Gruppe IIIA, IIIB oder IIIC für staubexplosionsgefährdete Bereiche.
- Temperaturklasse für gasexplosionsgefährdete Bereiche bzw. max. Oberflächentemperatur in °C für staubexplosionsgefährdete Bereiche.
- Das Geräteschutzniveau (EPL: Equipment Protection Level).

Beispiele:

Ex db eb IIC T4 Gb  
Ex ta IIIC T120°C Da

Bei zugehörigen elektrischen Betriebsmitteln, die in nicht-explosionsgefährdeten Bereichen installiert werden dürfen, müssen die Symbole für die Schutzniveaus (bzw. Zündschutzarten) in eckigen Klammern angegeben werden.

Beispiel:

Ex db [ia Ga] IIB T5 Gb

Die Kennzeichnung von nicht-elektrischen Geräten gleicht weitestgehend der Kennzeichnung von elektrischen Geräten. Anstelle der verschiedenen Symbole für die Schutzniveaus (bzw. Zündschutzarten) wird jedoch grundsätzlich der Buchstabe „h“ gesetzt.

### Europa (ATEX)

In Europa muss zusätzlich zu der Kennzeichnung nach Norm (siehe IEC) noch die Anforderung nach der EU-Richtlinie 2014/34/EU (ATEX) erfüllt werden.

Folgende Daten sind aufzunehmen:

- Die Anschrift des Herstellers.
- CE-Kennzeichnung (gegebenenfalls mit Kennnummer der benannten Stelle).
- Das Symbol und die Gruppe (z. B.: II) sowie die Kategorie 1, 2 oder 3 und Buchstabe G (Gase) oder D (Staub).

Beispiel:

Ⓢ II 2 G

In der Vergangenheit wurde in Europa anstelle „Ex“ bei der Kennzeichnung nach Norm ein „EEx“ gesetzt, z. B. EEx d e IIC T4. Damit wurde Bezug auf die Europäischen Normen (EN 50014 ff.) genommen, die sich zu dieser Zeit von den IEC-Normen unterschieden. Dies ist mit dem aktuellen Normenstand nicht mehr notwendig, so dass auch in Europa die neuen Geräte nur noch mit „Ex“ gekennzeichnet werden.

Normen für nicht-elektrische Geräte wurden ursprünglich von CEN in Europa unter der Normenreihe EN 13463 erstellt. Die Kennzeichnung ähnelt dabei der Kennzeichnung für elektrische Geräte – mit folgenden Ausnahmen:

- „Ex“ wird nicht angegeben, da durch ATEX bereits das Ex-Zeichen auf den Explosionsschutz verweist.
- Das Geräteschutzniveau wird nicht ausgewiesen.

Auf internationaler Ebene wurden diese Normen überarbeitet und in 2016 veröffentlicht. In Europa werden sie als Normenreihe EN ISO 80079 übernommen. Danach wurde die Kennzeichnung noch stärker an die von elektrischen Geräten angepasst. Ausnahme: als Symbol für das Schutzniveau bzw. für die Zündschutzart wird immer ein „h“ angegeben.

Eine zusammenfassende Darstellung zur Kennzeichnung von elektrischen und nicht-elektrischen Geräten ist im Anhang ab S. 52 abgebildet.

# 3. TECHNISCHE GRUNDLAGEN

## Nordamerika

Zusätzlich zu den üblichen Daten (Hersteller, Typ, Serien-Nr., elektrische Daten), sind die den Explosionsschutz betreffenden Daten in die Kennzeichnung des Betriebsmittels aufzunehmen. Die Vorgaben dazu sind im NEC, dem CEC sowie in den entsprechenden Baubestimmungen der Prüfstellen vorgegeben.

Zugelassene elektrische Betriebsmittel für Class I, Class II und Class III, Division 1 und Division 2 nach NEC 500 - 504 (USA) bzw. für Kanada nach CEC Anhang J18 sollen so gekennzeichnet sein, dass sie die folgenden Angaben enthalten:

- Class(es), Division(s) (optional für Division 1).
- Gas-/Staub-Gruppe(n).
- Betriebstemperatur oder Temperaturklasse (optional für T5 und T6).

Beispiel:

Class I Division 1 Groups C D T4

Geräte, die in den USA für Zonen nach NEC-Artikel 505 oder 506, bzw. nach CEC-Abschnitt 18 ausgewiesen sind, sollen folgendermaßen gekennzeichnet sein:

- Class (entfällt in USA für Staubatmosphären und komplett in Kanada).
- Zone (entfällt in Kanada).
- Symbol AEx (USA) bzw. Ex (Kanada).
- Kurzzeichen der verwendeten Zündschutzart(en).
- Gruppe des elektrischen Betriebsmittels II oder Gasgruppe(n) IIA, IIB oder IIC.
- Temperaturklasse bzw. max. Oberflächentemperatur bei Geräten für Staubatmosphären.
- Geräteschutzniveau EPL.

Beispiel:

Class I, Zone 0, AEx ia IIC T6

Es ist erlaubt, Division-Geräte in Zonen und Zonen-Geräte in Divisions einzusetzen. Hierbei sind aber die im NEC bzw. CEC festgelegten Regeln zu beachten

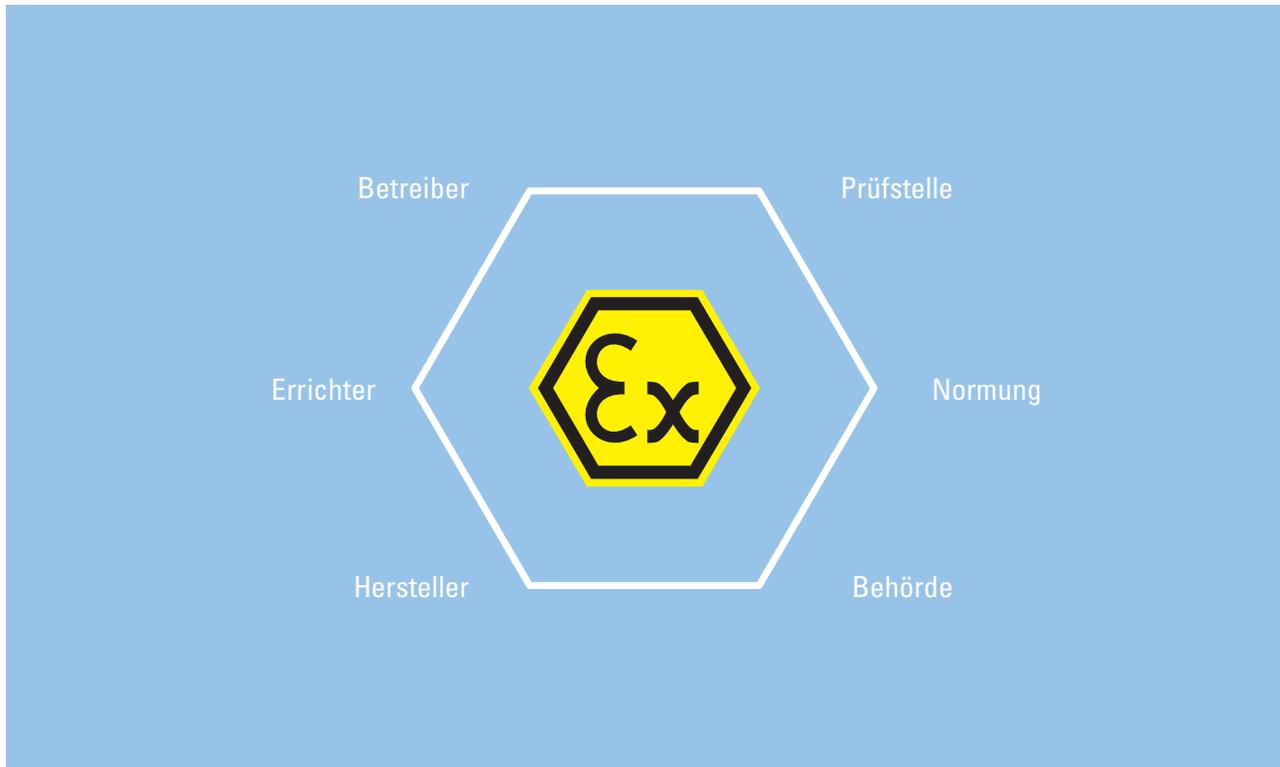


## 4. ERRICHTUNG UND BETRIEB ELEKTRISCHER ANLAGEN IN EXPLOSIONS- GEFÄHRDETEN BEREICHEN

---

In einem abschließenden Kapitel erhalten Sie grundlegende Informationen zur Errichtung und zum Betrieb elektrischer Anlagen in Ex-Bereichen. Ausführlichere Informationen zur Verantwortlichkeit von Betreibern, Errichtern und Herstellern finden Sie außerdem in unserer Broschüre „Pflichten und Aufgaben“.

# 4. ERRICHTUNG UND BETRIEB ELEKTRISCHER ANLAGEN IN EXPLOSIONS- GEFÄHRDETEN BEREICHEN



**Bild 7:** Zusammenarbeit der beteiligten Stellen

## 4.1 PFLICHTEN DER BETREIBER, ERRICHTER UND HERSTELLER

Sicherheit in explosionsgefährdeten Bereichen kann nur durch die enge und gute Zusammenarbeit aller beteiligten Stellen gewährleistet werden (Bild 7). Dazu gehören neben den Betreibern, Errichtern und Herstellern auch Prüfstellen, Normung und Behörden.

**Der Betreiber** ist verantwortlich für die Sicherheit seiner Anlagen. Er muss die Explosionsgefahren beurteilen und danach die Zoneneinteilung vornehmen. Er soll sicherstellen, dass die Anlage ordnungsgemäß errichtet und vor der ersten Inbetriebnahme geprüft wird. Durch die regelmäßige Prüfung und Wartung wird der ordnungsgemäße Zustand der Anlage aufrechterhalten.

**Tabelle 18:** Explosionsfähige Atmosphäre (Gas und brennbarer Staub)

	IEC	EN
Projektierung, Auswahl und Errichtung elektrischer Anlagen	IEC 60079-14	EN 60079-14
Prüfung und Instandhaltung elektrischer Anlagen	IEC 60079-17	EN 60079-17
Gerätereparatur, Überholung und Regenerierung	IEC 60079-19	EN 60079-19
Einteilung gasexplosionsgefährdete Bereiche	IEC 60079-10-1	EN 60079-10-1
Einteilung staubexplosionsgefährdete Bereiche	IEC 60079-10-2	EN 60079-10-2

Die Anforderungen für den Betrieb von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen sind in den nationalen Vorschriften definiert. In Europa sind die Mindestvorschriften in der Richtlinie 1999/92/EG festgelegt. Die konkreten Anforderungen in den einzelnen Ländern werden den nationalen Vorschriften entnommen. In Deutschland ist die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) und die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) einzuhalten. Diese konkretisieren sich durch die verschiedenen Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) und durch die Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) (Tabelle 5).

Auf internationaler und europäischer Ebene sind verschiedene Normen erstellt worden, die in Deutschland als Erkenntnisquellen herangezogen werden können (Tabelle 18). Diese gelten jedoch nur dann, wenn es nicht in Widerspruch zur Betriebssicherheitsverordnung oder einer TRBS bzw. zur Gefahrstoffverordnung oder einer TRGS steht.

Der Errichter soll die Errichtungsanforderungen beachten und die elektrischen Betriebsmittel gemäß ihrer Verwendung richtig auswählen und installieren.

Hersteller explosionsgeschützter Betriebsmittel müssen bei der Produktion für besondere Maßnahmen des Qualitätssicherungssystems sorgen und sicherstellen, dass jedes gefertigte Gerät der geprüften Bauart entspricht.

# 4. ERRICHTUNG UND BETRIEB ELEKTRISCHER ANLAGEN IN EXPLOSIONSGEFÄHRDETEN BEREICHEN

## 4.2 KLASSIFIZIERUNG DER BEREICHE UND AUSWAHL DER BETRIEBSMITTEL

Bei der Planung neuer Anlagen stellt sich bereits in einer frühen Phase die Frage nach möglichen Explosionsgefahren. Für die Einstufung explosionsgefährdeter Bereiche ist neben der Stärke möglicher Freisetzungquellen brennbarer Stoffe auch der Einfluss der natürlichen oder technischen Lüftung zu berücksichtigen. Die explosionstechnischen Kennzahlen der verwendeten brennbaren Stoffe müssen ermittelt werden (Anhang 5.1). Erst dann kann man über die Zoneneinteilung der explosionsgefährdeten Bereiche und über die Auswahl der geeigneten Betriebsmittel entscheiden.

Betriebsmittel dürfen nur in dem in ihrer Kennzeichnung festgelegten Umgebungstemperaturbereich eingesetzt werden. Enthält die Kennzeichnung keine Angabe, gilt der Standardbereich von  $-20\text{ °C}$  bis  $+40\text{ °C}$ . Elektrische Betriebsmittel müssen einer Untergruppe IIA, IIB oder IIC entsprechen. Sie sind so auszuwählen und zu installieren, dass sie gegen äußere Einflüsse geschützt sind, die den Explosionsschutz beeinträchtigen könnten.

## 4.3 INSTALLATIONSTECHNIKEN

Für elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen kommen im Wesentlichen drei Installationssysteme zum Einsatz:

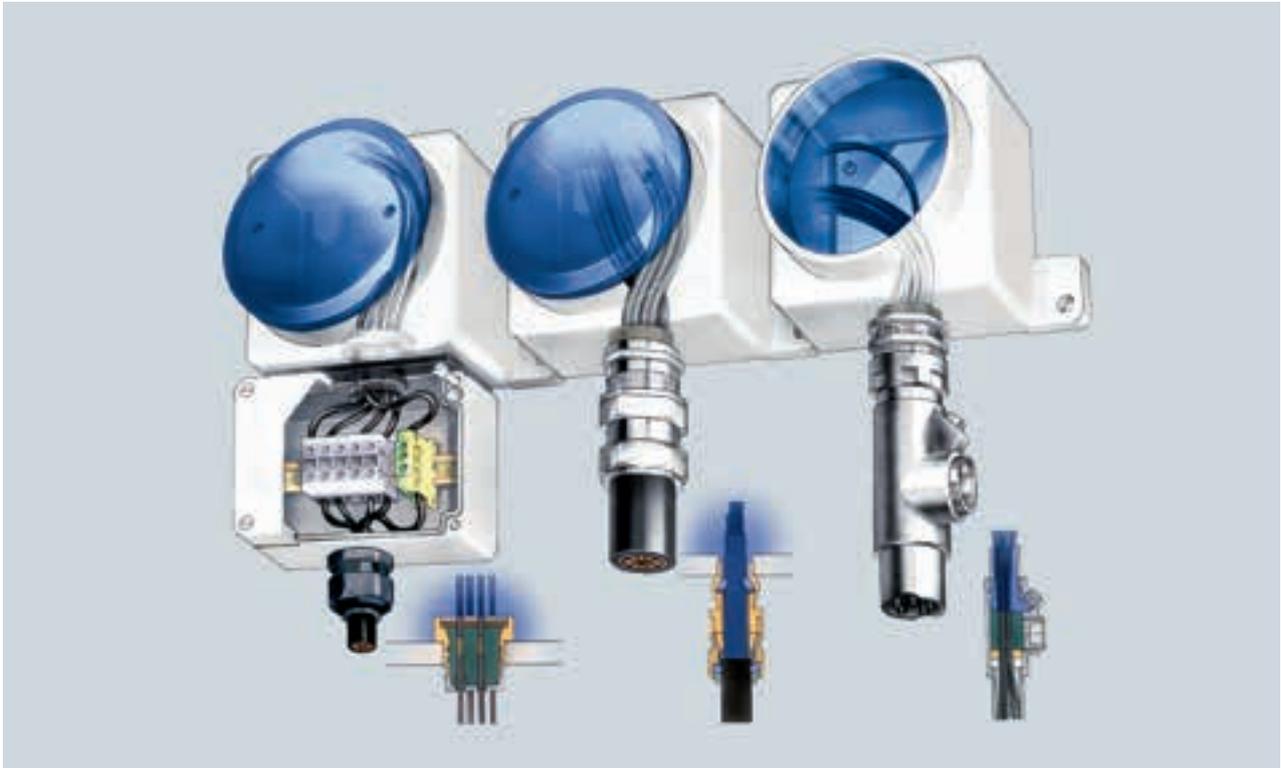
- Kabelsystem mit indirekter Einführung.
- Kabelsystem mit direkter Einführung.
- Rohrleitungssystem (Conduit-System).

Entsprechend unterschiedlich ist die technische Ausführung der bei den einzelnen Installationsarten verwendeten elektrischen Betriebsmittel.

In den USA ist nach NEC 501 für alle Anwendungen in Class 1, Division 1 nur das Conduit-System oder mineralisierte Kabel (MI) zulässig – wobei Letztere hauptsächlich als Heizleitungen und als feuerbeständige Signal- und Steuerleitungen zum Einsatz kommen. Unter bestimmten Bedingungen können auch Kabel von Typ MC-HL bzw. ITC-HL eingesetzt werden. In Division 2 sind außerdem Kabel und Leitungen bestimmter Typen erlaubt.

### Kabelsysteme

In Europa sind überwiegend Kabelsysteme gebräuchlich. Dabei werden hochwertige Kabel und Leitungen freiliegend installiert. Nur in Bereichen, in denen mit mechanischer Beschädigung zu rechnen ist, werden sie in beidseitig offenen Schutzrohren verlegt.



**Bild 8:** Die Installationstechniken weltweit. Links: Kabelsystem mit indirekter Einführung. Mitte: Kabelsystem mit direkter Einführung. Rechts: Rohrleitungssystem (Conduit-System).

Bei der **indirekten Einführung** werden die Kabel und Leitungen über Kabeleinführungen in einen Anschlussraum der Zündschutzart Erhöhte Sicherheit eingeführt und an den ebenfalls in der Zündschutzart Erhöhte Sicherheit ausgebildeten Klemmen angeschlossen. Von hier aus führt man die Einzeladern über druckfeste Leitungsdurchführungen in den druckfest gekapselten Geräteeinbauraum. Diese Leitungsdurchführungen baut der Hersteller ein, so dass im Gegensatz zur direkten Einführung eine Stückprüfung des kompletten, druckfest gekapselten Gehäuses im Werk erfolgen kann. Der Errichter muss für den Anschluss nur den Anschlussraum, nicht aber den druckfest gekapselten Geräteeinbauraum öffnen.

Bei der **direkten Einführung** der Kabel werden die Anschlussleitungen direkt in den druckfest gekapselten Geräteeinbauraum eingeführt. Für diese Art der Einführung darf man nur speziell hierfür ausgelegte und geprüfte Kabelverschraubungen verwenden. Der elastische Dichtring muss zusammen mit dem Kabelmantel einen zünddurchschlagsicheren Spalt bilden. Es ist daher zu beachten, dass je nach Art und Aufbau des Kabels sowie dem Einsatzort entsprechend die passende Kabelverschraubung ausgewählt wird. Bei einer Explosion innerhalb des druckfesten Gehäuses darf diese nicht durch das Kabel durchschlagen. Aus diesem Grund werden besondere Anforderungen an die Abdichtungen gestellt.

# 4. ERRICHTUNG UND BETRIEB ELEKTRISCHER ANLAGEN IN EXPLOSIONSGEFÄHRDETEN BEREICHEN

Bis zur Ausgabe 2007 der IEC 60079-14 musste ein Auswahl-schema angewendet werden, das abhängig von Gasgruppe, Zone und Gehäusevolumen festlegte, wann eine zusätzliche Dichtungsmasse in der Verschraubung notwendig ist. Mit der IEC 60079-14 von 2013 entfällt das Schema. Es sind weiterhin Verschraubungen mit Vergussmasse zu verwenden. Es kann allerdings darauf verzichtet werden, wenn in Verbindung mit einer für druckfeste Kapselung zugelassene Verschraubung ein rundes und dichtes Kabel\* mit einer minimalen Länge von 3 m verwendet wird. Die druckfeste Kapselung hängt hier maßgeblich von der Sorgfalt des Installateurs der Kabel und Leitungen ab.

## Rohrleitungssystem (Conduit-System)

Bei Installationen nach dem Rohrleitungssystem zieht man die elektrischen Leitungen als Einzeladern in geschlossene Metallrohre ein. Die Rohre werden über Verschraubungen mit den Gehäusen verbunden und an jeder Einführungsstelle mit einer Zündsperre (seal) versehen. Das gesamte Rohrleitungssystem ist druckfest ausgeführt. Die Zündsperre soll das Durchzünden von Explosionen, die im Inneren des Gehäuses auftreten können, in die Rohrleitung verhindern. Anderenfalls würde es durch Vorkompression in langen zylindrischen Rohren zu extrem hohen Explosionsdrücken kommen. Folglich ist es empfehlenswert, nicht nur an den Einführungsstellen, sondern auch in bestimmten Abständen Zündsperrern einzubauen. An tiefen Punkten, an denen sich Kondenswasser sammeln kann, müssen Entwässerungsstutzen eingesetzt werden.

## 4.4 PRÜFUNG UND INSTANDHALTUNG

Zur Aufrechterhaltung der Sicherheit von elektrischen Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen ist eine regelmäßige Wartung notwendig. Das Personal, das solche Prüf- und Instandhaltungsmaßnahmen ausführt, muss die für ihre Arbeit notwendige Fachkunde besitzen. In Deutschland muss für Prüfungen eine zur Prüfung befähigte Person beauftragt werden (BetrSichV).

Vor Änderungs- und Instandsetzungsarbeiten muss sichergestellt werden, dass während dieser Arbeiten keine Explosionsgefahr besteht. Hierüber ist normalerweise eine formelle schriftliche Erlaubnis bei der Betriebsleitung einzuholen.

Nach Abschluss der Arbeiten muss dokumentiert werden, welche Arbeiten durchgeführt wurden. Weiterhin muss man bestätigen, dass alle relevanten Vorschriften eingehalten wurden. In Deutschland ist nach Instandsetzungen, die den Explosionsschutz beeinträchtigen können, eine Prüfung durch eine von der Behörde anerkannte zur Prüfung befähigten Person oder durch den Hersteller durchzuführen. Beim Austausch von Komponenten oder kompletten Betriebsmitteln sind die explosionstechnischen und gerätetechnischen Kenndaten zu beachten.

Die Prüfungen können auch von einer zugelassenen Überwachungsstelle (ZÜS) durchgeführt werden.

Mit der vorliegenden Publikation konnten Sie sich einen ersten Eindruck über das umfassende Gebiet des Explosionsschutzes verschaffen. Weitere Broschüren und Informationen zum Thema finden Sie auf unserer Homepage [stahl.de](http://stahl.de). Damit Sie mit den Veränderungen im Explosionsschutz Schritt halten können, unterstützen wir Sie zusätzlich mit einem umfassenden Seminarprogramm. Von den Grundlagen, über Aufbaukurse bis hin zu aktuellen Entwicklungen – unter der Vielfalt der Angebote finden auch Sie das passende Seminar. Für weitere Fragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

\* Kabel und Leitungen mit einem thermoplastischen, duroplastischen oder elastomeren Werkstoff. Sie müssen kreisförmig und kompakt sein. Jegliche Einbettungen oder Mäntel müssen extrudiert sein. Füllstoffe – falls vorhanden – dürfen nicht hygroskopisch sein.



# 5. ANHANG

## 5.1 SICHERHEITSTECHNISCHE KENNZAHLEN BRENNBARER GASE UND DÄMPFE

**Tabelle 19:** Sicherheitstechnische Kennzahlen: Zündtemperatur, Temperaturklasse und Gruppe

Stoffbezeichnung	Zündtemperatur °C	Temperaturklasse	Gruppe
1,2-Dichlorethan	440	T 2	II A
Acetaldehyd	155	T 4	II A
Aceton	535	T 1	II A
Acetylen	305	T 2	II C <sup>3</sup>
Ammoniak	630	T 1	II A
Ottokraftstoffe	220 bis 300	T 3	II A
Benzol (rein)	555	T 1	II A
Cyclohexanon	430	T 2	II A
Dieselmotorkraftstoffe	220	T 3	II A
Essigsäure	485	T 1	II A
Essigsäureanhydrid	330	T 2	II A
Ethan	515	T 1	II A
Ethylacetat	470	T 1	II A
Ethylalkohol	400	T 2	II B
Ethylchlorid	510	T 1	II A
Ethylen	440	T 2	II B
Ethylenoxid	435 (Selbsterfall)	T 2	II B
Ethylether	175	T 4	II B
Ethylglykol	235	T 3	II B
Heizöl EL, L, M, S	220 bis 300	T 3	II A
i-Amylacetat	380	T 2	II A
Kohlenoxid	605	T 1	II A
Methan	595	T 1	II A
Methanol	440	T 2	II A
Methylchlorid	625	T 1	II A
Naphtalin	540	T 1	II A
n-Butan	365	T 2	II A
n-Butylalkohol	325	T 2	II B
n-Hexan	230	T 3	II A
n-Propylalkohol	385	T 2	II B*
Phenol	595	T 1	II A
Propan	470	T 1	II A
Schwefelkohlenstoff	95	T 6	II C <sup>1</sup>
Schwefelwasserstoff	270	T 3	II B
Toluol	535	T 1	II A
Wasserstoff	560	T 1	II C <sup>2</sup>

\* Für diesen Stoff ist die Explosionsgruppe noch nicht ermittelt worden.

<sup>1</sup> Auch Explosionsgruppe II B + CS<sub>2</sub>. <sup>2</sup> Auch Explosionsgruppe II B + H<sub>2</sub>. <sup>3</sup> Auch Explosionsgruppe II B + C<sub>2</sub> H<sub>2</sub>.

## 5.2 SCHUTZARTEN VON GEHÄUSEN NACH IEC 60529 – IPXX

**Tabelle 20:** Schutzarten von Gehäusen nach IEC 60529 – IPXX

Kennziffer	Erste Ziffer Berührungsschutz	Fremdkörper	Zweite Ziffer Wasserschutz
0	Kein Schutz	Kein Schutz	Kein Schutz
1	Schutz gegen Berühren mit Handrücken	Schutz gegen feste Fremdkörper 50 mm Ø	Schutz gegen senkrecht tropfendes Wasser
2	Schutz gegen Berühren mit Fingern	Schutz gegen feste Fremdkörper 12,5 mm Ø	Schutz gegen schräg (15°) tropfendes Wasser
3	Schutz gegen Berührung mit Werkzeugen	Schutz gegen feste Fremdkörper 2,5 mm Ø	Schutz gegen Sprühwasser schräg bis 60°
4	Schutz gegen Berührung mit einem Draht	Schutz gegen feste Fremdkörper 1,0 mm Ø	Schutz gegen Spritzwasser aus allen Richtungen
5	Schutz gegen Berührung mit einem Draht	Staubgeschützt	Schutz gegen Strahlwasser
6	Schutz gegen Berührung mit einem Draht	Staubdicht	Schutz gegen starkes Strahlwasser
7			Schutz gegen zeitweiliges Untertauchen in Wasser
8			Schutz gegen dauerndes Untertauchen in Wasser

## 5.3 SCHUTZARTEN VON GEHÄUSEN NACH NEMA-STANDARDS

**Tabelle 21:** Schutzarten von Gehäusen NEMA-Standards (Publication No. 250 Enclosures for Electrical Equipment 1000 Volts Maximum)

Kennziffer	Art des Schutzes	Aufstellungsort
Type 1	Schutz gegen zufälliges Berühren spannungsführender Teile.	Innenraum
Type 2	Schutz gegen Eindringen von Tropfwasser und fallendem Schmutz.	Innenraum
Type 3	Schutz gegen Eindringen von windgepeitschtem Staub, Regen und Hagel. Keine Beschädigung bei Eisbildung am Gehäuse.	Freiluft
Type 3R	Schutz gegen Eindringen von Hagel und windgepeitschtem Staub und Regen. Bei Vereisung bleiben außenliegende Mechanismen betätigbar.	Freiluft
Type 4	Schutz gegen Eindringen von fallendem Regen, Spritzwasser und Strahlwasser. Keine Beschädigung bei Eisbildung am Gehäuse.	Innenraum oder Freiluft
Type 4X	Schutz gegen Eindringen von fallendem Regen, Spritzwasser und Strahlwasser. Keine Beschädigung bei Eisbildung am Gehäuse, Korrosionsschutz.	Innenraum oder Freiluft
Type 5	Schutz gegen Staub und fallenden Schmutz und tropfende nichtkorrosive Flüssigkeiten.	Innenraum
Type 6	Schutz gegen Eindringen von Staub und Strahlwasser sowie von Wasser bei vorübergehendem Untertauchen. Keine Beschädigung bei Eisbildung am Gehäuse.	Innenraum oder Freiluft
Type 6P	Schutz gegen Eindringen von Staub und Strahlwasser sowie von Wasser bei längerzeitigem Untertauchen. Keine Beschädigung bei Eisbildung am Gehäuse.	Innenraum oder Freiluft
Type 7	Für Aufstellung in explosionsgefährdeten Bereichen, die als Class I, Groups A, B, C oder D eingestuft sind.	Innenraum
Type 8	Für Aufstellung in explosionsgefährdeten Bereichen, die als Class I, Groups A, B, C oder D eingestuft sind.	Innenraum oder Freiluft
Type 9	Für Aufstellung in explosionsgefährdeten Bereichen, die als Class II, Groups E, F oder G eingestuft sind.	Innenraum
Type 10	Gehäuse, die den Anforderungen der Mine Safety and Health Administration entsprechen.	Bergbau
Type 11	Schutz gegen Eindringen von Tropfwasser und Korrosionsschutz durch Eintauchen in Öl.	Innenraum
Type 12, 12K	Schutz gegen Eindringen von Staub, Schmutz und Tropfwasser.	Innenraum
Type 13	Schutz gegen Eindringen von Staub, Spritzwasser, Öl und nicht-korrosive Flüssigkeiten.	Innenraum

## 5.4 KENNZEICHNUNG ELEKTRISCHER GERÄTE

Zündschutzart	Symbol alternativ	Zone	Hauptanwendung	Norm
	eb ec	1 2	Klemmen und Anschlusskästen, Käfigläufermotoren, Leuchten	IEC 60079-7 EN 60079-7
	da db dc	0 1 2	Schaltgeräte, Schaltanlagen, Befehls- und Anzeigergeräte, Motoren	IEC 60079-1 EN 60079-1
	pxb pyb pzs	1, 21 1, 21 2, 22	Schalt- und Steuerschränke, große Motoren	IEC 60079-2 EN 60079-2
	ia ib ic	0, 20 1, 21 2, 22	Mess- und Regeltechnik, Feldbustechnik, Sensoren, Aktoren [Ex ib] = zugehöriges elektrisches Betriebsmittel – Installation im sicheren Bereich	IEC 60079-11 EN 60079-11
	ob oc	1 2	Transformatoren	IEC 60079-6 EN 60079-6
	q	1	Sensoren, elektronische Bauteile, elektronische Vorschaltgeräte	IEC 60079-5 EN 60079-5
	ma mb mc	0, 20 1, 21 2, 22	Sensoren, elektronische Bauteile	IEC 60079-18 EN 60079-18
	nA nC nR	2 2 2	Elektrische Geräte für Zone 2	IEC 60079-15 EN 60079-15
	ta tb tc	20 21 22	Schaltgeräte und Schaltanlagen, Steuer-, Anschluss- und Klemmenkästen, Motoren, Leuchten	IEC 60079-31 EN 60079-31

### Zündschutzart



Schlagwettergefährdete Bereiche		
Gruppe I		Methan
Gasexplosionsgefährdete Bereiche		
Gruppe II	IIA IIB IIC	Propan Ethylen Wasserstoff
Staubexplosionsgefährdete Bereiche		
Gruppe III	IIIA IIIB IIIC	brennbare Flusen nichtleitfähiger Staub leitfähiger Staub

Gasexplosionsgefährdete Bereiche: Temperaturklassen	
Gruppe I	Methan
Gasexplosionsgefährdete Bereiche	
450 °C	T1
300 °C	T2
200 °C	T3
135 °C	T4
100 °C	T5
85 °C	T6
Staubexplosionsgefährdete Bereiche: Oberflächentemperatur	
T ... °C (Bsp.: T 80°C)	

### ATEX-Kennzeichnung

Gerätegruppe I: Bergbau; Gerätegruppe II: übrige Bereiche

Einteilung	Zone 0	Zone 20	Zone 1	Zone 21	Zone 2	Zone 22	Bergbau
gefährliche explosionsfähige Atmosphäre	ständig, häufig oder langfristig		gelegentlich		selten und kurzzeitig		
Geräteklasse	1G	1D	2G	2D	3G	3D	M1 oder M2

### Geräteklasse und Geräteschutzniveau (EPL: Equipment protection level)

Einteilung	Zone 0	Zone 20	Zone 1	Zone 21	Zone 2	Zone 22	Bergbau
EPL (IEC/EN 60079-0)	Ga	Da	Gb	Db	Gc	Dc	Ma oder Mb

## 5.5 KENNZEICHNUNG NICHT-ELEKTRISCHER GERÄTE

Zündschutzart	Symbol Standard	Zone	Hauptanwendung	Norm	
	Konstruktive Sicherheit „c“	h	0, 1, 2 20, 21, 22	Kupplungen, Pumpen, Zahnradantriebe, Förderbänder	ISO 80079-37 EN ISO 80079-37
	Zündquellenüberwachung „b“	h	0, 1, 2 20, 21, 22	Pumpen, Förderbänder	ISO 80079-37 EN ISO 80079-37
	Flüssigkeitskapselung „k“	h	0, 1, 2 20, 21, 22	Tauchpumpen, Getriebe	ISO 80079-37 EN ISO 80079-37
	Druckfeste Kapselung „d“	h	1, 2	Bremsen, Kupplungen	IEC 60079-1 EN 60079-1
	Überdruckkapselung „p“	h	1, 2 21, 22	Pumpen	IEC 60079-2 EN 60079-2
	Schutz durch Gehäuse „t“	h	20, 21, 22	Geräte ausschließlich für staubexplosionsgefährdete Bereiche	IEC 60079-31 EN 60079-31

### Zündschutzart

**Ex II 2G Ex h IIC T6 Gb**

Schlagwettergefährdete Bereiche		
Gruppe I		Methan
Gasexplosionsgefährdete Bereiche		
Gruppe II	IIA IIB IIC	Propan Ethylen Wasserstoff
Staubexplosionsgefährdete Bereiche		
Gruppe III	IIIA IIIB IIIC	brennbare Flusen nichtleitfähiger Staub leitfähiger Staub

max. Oberflächentemperatur

Gasexplosionsgefährdete Bereiche: Temperaturklassen

450 °C	T1
300 °C	T2
200 °C	T3
135 °C	T4
100 °C	T5
85 °C	T6

Staubexplosionsgefährdete Bereiche: Oberflächentemperatur

T ... °C (Bsp.: T 80°C)

### ATEX-Kennzeichnung

Gerätegruppe I: Bergbau; Gerätegruppe II: übrige Bereiche

Einteilung	Zone 0	Zone 20	Zone 1	Zone 21	Zone 2	Zone 22	Bergbau
gefährliche explosionsfähige Atmosphäre	ständig, häufig oder langfristig		gelegentlich		selten und kurzzeitig		
Geräteklasse	1G	1D	2G	2D	3G	3D	M1 oder M2

### Geräteklasse und Geräteschutzniveau (EPL: Equipment protection level)

Einteilung	Zone 0	Zone 20	Zone 1	Zone 21	Zone 2	Zone 22	Bergbau
EPL (IEC/EN 60079-0)	Ga	Da	Gb	Db	Gc	Dc	Ma oder Mb

# LITERATURVERZEICHNIS

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),  
Amtsblatt der Europäischen Union L 96/309

Elfte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Explosionsschutzprodukteverordnung) – 11. ProdSV

Richtlinie 1999/92/EG über Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphäre gefährdet werden können ...  
16.12.1999,  
Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L23/57-64

Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV), 2015

Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV), 2015

Technische Regeln für Betriebssicherheit TRBS,  
[www.baua.de](http://www.baua.de)

Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS,  
[www.baua.de](http://www.baua.de)

Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit, Explosionsschutz-Regeln (Ex-RL) – DGUV 113-100  
Fachausschuss „Chemie“ der BGRCI

E. Brandes, W. Möller  
Sicherheitstechnische Kenngrößen  
Band 1: Brennbare Flüssigkeiten und Gase  
Wissenschaftsverlag NW,  
Verlag für neue Wissenschaft GmbH  
ISBN 978-3897017450

Molnarne, Schendler, Schröder  
Sicherheitstechnische Kenngrößen  
Band 2: Explosionsbereiche  
von Gasgemischen  
Wissenschaftsverlag NW,  
Verlag für neue Wissenschaft GmbH  
ISBN 978-3897018563

B. Dyrba  
Kompendium Explosionsschutz  
Carl Heymanns Verlag

Betreiber elektrischer Anlagen in  
Ex-gefährdeten Anlagen, Pflichten  
und Aufgaben  
R. STAHL Schaltgeräte GmbH  
[www.stahl.de](http://www.stahl.de)

Explosionsschutz – Antworten auf  
häufig gestellte Fragen  
Merkblatt T049 (BGI 5027)  
[www.bgchemie.de/medienshop](http://www.bgchemie.de/medienshop)

Explosionsschutz an Maschinen –  
Antworten auf häufig gestellte Fragen  
Merkblatt T050 (BGI/GUV-I 8612)  
[www.bgchemie.de/medienshop](http://www.bgchemie.de/medienshop)

Elektrostatik –  
Antworten auf häufig gestellte Fragen  
Merkblatt T051 (BGI/GUV-I 8613)  
[www.bgchemie.de/medienshop](http://www.bgchemie.de/medienshop)

Entzündbare Flüssigkeiten –  
Antworten auf häufig gestellte Fragen  
Merkblatt T053 (BGI/GUV-I 8615)  
[www.bgchemie.de/medienshop](http://www.bgchemie.de/medienshop)

Brennbare Stäube –  
Antworten auf häufig gestellte Fragen  
Merkblatt T054 (BGI/GUV-I 8616)  
[www.bgchemie.de/medienshop](http://www.bgchemie.de/medienshop)

IEC 60079 Teil 0 bis 35  
Explosive atmospheres  
[www.iec-normen.de](http://www.iec-normen.de)

EN 60079 Teil 0 bis 35  
Explosionsfähige Atmosphäre  
[www.vde-verlag.de](http://www.vde-verlag.de)

EN 60529  
Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)  
[www.vde-verlag.de](http://www.vde-verlag.de)

ISO 80079 Teil 36, 37  
Explosive atmospheres –  
Non-electrical equipment  
for explosive atmospheres  
[www.beuth.de](http://www.beuth.de)

EN 1127 Teil 1 und 2  
Explosionsfähige Atmosphären –  
Explosionsschutz-Grundlagen und Methodik  
[www.beuth.de](http://www.beuth.de)



**R. STAHL**  
Am Bahnhof 30  
74638 Waldenburg, Germany  
T +49 7942 943-0  
F +49 7942 943-4333  
[r-stahl.com](http://r-stahl.com)