



**MANNESMANN  
Hartmann & Braun**

*für GVG*

# **Der Explosionsschutz in elektrischen, meß-, analysen- und regelungstechnischen Anlagen**

**(4. neubearbeitete Auflage)**



**Dokumentation 01 PD 11-4**

## 2.4 Prinzipielle Darstellung der organisatorischen Zusammenhänge in der europäischen und der internationalen Normung

Im Bild 4 wird in groben Zügen die Normenkopplung zwischen IEC und CENELEC aufgezeigt. Die Entwürfe zu den Europäischen Normen werden von Arbeitsgruppen, Unterkomitees resp. „Working Groups“ (WG) und „Subkomitees“ (SC), in die Fachleute von den jeweiligen nationalen Komitees entsandt werden, ausgearbeitet und mit dem technischen Komitee TC 31 von CENELEC zur Bekanntgabe und Einspruchsberatung an die Mitgliedsstaaten gegeben.

Nach der Einspruchsbehandlung (6 Monate) im TC 31 werden sie von CENELEC verabschiedet und in einer Einzelrichtlinie auf Vorschlag der EG-Kommission vom Rat im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft veröffentlicht. Damit sind sie schließlich in der EG rechtswirksam und werden in nationale Normen umgesetzt.

Mitglieder von CENELEC sind zur Zeit die folgenden 17 nationalen elektrotechnischen Komitees der Länder: Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Irland, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz und Spanien.

## 3 Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche nach Europäischen Normen EN

Dieser Abschnitt befaßt sich ausschließlich mit den neuen Europäischen Normen, wobei Kenner der Materie feststellen werden, daß diese in vielen Punkten mit den bisherigen VDE-Bestimmungen übereinstimmen. Wenn auch die herstellende Industrie in erster Linie nach diesen Normen arbeiten wird, so sei auch an dieser Stelle erwähnt, daß die bisherigen VDE-Bestimmungen noch bis zum 1. Mai 1988 gelten und bis dahin die danach gebauten Betriebsmittel in der Bundesrepublik noch geprüft und bescheinigt werden.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit soll auf die bisherigen VDE-Bestimmungen in dieser Dokumentation nur dann eingegangen werden, wenn es erforderlich erscheint. Siehe dazu auch Tabellen 2 und 3.

### 3.1 Allgemeine Bestimmungen EN 50014

3.1.1 Vorbemerkungen und Erläuterungen zur Tabelle 3, „Gegenüberstellung von Begriffen nach den Europäischen Normen EN 50014...50020, 50028, 50039 und den noch bis 1. Mai 1988 gültigen VDE-Bestimmungen 0170/0171/2.61 mit Änderungen d und f“

Um zu vermeiden, daß alte und neue Begriffe der bisherigen VDE-Bestimmungen und der Europäischen (harmonisierten) Normen durcheinandergebracht werden, wurden sie in Tab. 3 soweit wie möglich einander gegenübergestellt. Gleichermaßen sind die für die Kennzeichnung der Betriebsmittel erforderlichen Kurzzeichen anhand einiger Beispiele im Anschluß an die Tabelle erläutert.

### Erläuterungen zu den einzelnen Abschnitten der Tabelle 3

#### Zu Abschnitt 1: Schlagwetterschutz-Explosionsschutz

Aus dem bisherigen Zeichen (Sch)  $\hat{=}$  Schlagwetterschutz wurde das Zeichen EEX...I, in Worten: Europäischer Explosionsschutz für elektrische Betriebsmittel im schlagwettergefährdeten Grubenbau. Die römische Ziffer „I“ sagt aus, daß die so gekennzeichneten Betriebsmittel in durch Schlagwetter explosionsgefährdeten Bereichen errichtet werden dürfen. Dabei handelt es sich in erster Linie um solche Bereiche, die durch Methan gefährdet sind.

Aus dem bisherigen Zeichen (Ex)  $\hat{=}$  Explosionsschutz wurde das Zeichen EEX...II, in Worten: Europäischer Explosionsschutz für elektrische Betriebsmittel in explosionsgefährdeten Bereichen außer schlagwettergefährdeten Grubenbauen. Dabei werden die Unterteilungen A, B, C entsprechend den im Anhang A von EN 50014 aufgeführten Gasen an die römische Ziffer „II“ angefügt.

#### Zu Abschnitt 2: Zündschutzart

Im Vergleich zu den bisherigen Zündschutzarten — vor 1971 hießen sie lediglich Schutzarten — haben sich bei den Europäischen Normen nur geringfügige Änderungen ergeben. Neu hinzu kam lediglich die Zündschutzart Sandkapselung „q“, während die Zündschutzart Fremdbelüftung „f“ durch die ihr sehr ähnliche Zündschutzart Überdruckkapselung „p“ ersetzt wurde.

Neu sind auch die Bezeichnungen ia und ib innerhalb der Zündschutzart Eigensicherheit „i“, sowie die Zündschutzarten Eigensichere elektrische Systeme „i“ und Vergußkapselung „m“.

#### Anmerkung:

Die verschiedenen einzelnen Zündschutzarten für elektrische Betriebsmittel umfassen alle besonderen konstruktiven und schaltungstechnischen Maßnahmen, die verhindern, daß diese Betriebsmittel durch Funkenbildung und unzulässige Erwärmung (Oberflächentemperaturen) die Zündung einer umgebenden explosionsfähigen Atmosphäre verursachen.

#### Zu Abschnitt 3: Gruppe und Explosionsklasse

Hier ergeben sich gegenüber den früheren Begriffen erhebliche Unterschiede. Die bisherige Einteilung der Explosionsklassen 1, 2, 3a, 3b, 3c und 3n wurden nicht übernommen. Vielmehr wurde eine neue Gruppenbezeichnung eingeführt.

● Gruppe I — Betriebsmittel sind solche, die in schlagwettergefährdeten Grubenbauen errichtet werden dürfen und die entsprechende Baubestimmung der Europäischen Normen EN 50014...50020 erfüllen müssen.

● Gruppe II — Betriebsmittel sind demgegenüber solche, die in explosionsgefährdeten Bereichen — dies bedingt eine große Anzahl brennbarer Gase, die zu einer Unterteilung der Gruppe II in IIA, IIB und IIC führte — errichtet werden dürfen.

#### Anmerkung:

Die Angabe der Unterteilungen der Gruppen II in A, B und C muß normgemäß bei der Anwendung bestimmter Zündschutzarten auf dem Kennzeichnungsschild der betreffenden Betriebsmittel erscheinen. Die Zuordnung der brennbaren Gase in die Unterteilungen A, B und C richtet sich bei der Zündschutzart Druckfeste Kapselung „d“ nach der Grenzspaltweite (MESG) und bei der Zündschutzart Eigensicherheit „i“ nach dem Mindestzündstrom (MIC). Für beide Zündschutzarten ist die gleiche Einteilung der Gase gültig. Näheres siehe Anhang A von EN 50014 und Anhang A (Zündgrenzkurven) von EN 50020.

#### Zu Abschnitt 4: Temperaturklassen und Zündgruppen\*)

Der frühere Begriff der Zündgruppen G 1 bis G 5, der sich auf die Zündtemperaturen der aus den verschiedenen brennbaren Gasen gebildeten explosionsfähigen Gemische bezog, wurde nicht

\*) s.a. Fußnote 1) der Tabelle 3

Abschnitt	Grundbegriffe	Kennzeichen und Begriffe nach Europäischer Norm EN und DIN EN 500.../VDE 0170/0171 Teil			Kennzeichen und Begriffe nach VDE 0170/0171/2.61 bis 2.69 mit Änderungen d und f		
1	Kurzzeichen	EEx...I für Bergbau EEx...II für alle anderen explosionsgefährdeten Bereiche			(Sch) für Schlagwetterschutz (Ex) für Explosionsschutz		
2	Allgemeine Bestimmungen Ölkapselung Überdruckkapselung Sandkapselung Druckfeste Kapselung Erhöhte Sicherheit Eigensicherheit Kategorien: Sonderschutz Vergußkapselung (in Vorbereitung) Eigensichere Systeme	Zündschutzart	EN..	DIN EN.../VDE 0170/0171	Schutzart		
		"o"	50014	Teil 1	-		
		"p"	50015	Teil 2	o		
		"q"	50016	Teil 3	Fremdbelüftung f		
		"d"	50017	Teil 4	-		
		"e"	50018	Teil 5	d		
		"i"	50019	Teil 6	e		
		"ia", "ib"	50020	Teil 7	i		
		"m"	50028	Teil 9	s		
		"j"	50039	Teil 10	-		
3	Gruppe und Explosionsklasse	Gruppe (Explosionsgruppe) I IIA, IIB, IIC Unterteilung A, B, C: nach Grenzspaltweite bei „d“ oder nach Mindestzündstrom bei „i“			Explosionsklasse  Spaltweite bei „d“: 1 > 0,6 mm 2 ≥ 0,4...0,6 mm 3a...3n < 0,4 mm		
4	Temperaturklasse und Zündgruppe	Temperaturklasse der Betriebsmittel	Zündtemperatur der Gase und Dämpfe	Maximale Oberflächentemperatur <sup>1)</sup>	Zündgruppe der Gase	Zündtemperatur der Gase und Dämpfe	Zulässige Grenztemperatur der Oberfläche
			°C	°C		°C	°C
		T1	> 450	450	G1	> 450	360
		T2	> 300	300	G2	> 300	240
		T3	> 200	200	G3	> 200	160
		T4	> 135	135	G4	> 135	110
		T5	> 100	100	G5	> 100	80
		T6	> 85	85			

<sup>1)</sup> Bei einer Umgebungstemperatur von +40°C bis -20°C  
Umgebungstemperatur ist die Temperatur am Ort des installierten Betriebsmittels, wenn dieses selbstabgeschaltet ist. Für den Fall, daß weitere Betriebsmittel unmittelbar in der Nähe errichtet sind, z. B. in einer Schalttafel oder einem Geräteschrank, müssen diese zur Feststellung der oberen Grenze der Umgebungstemperatur (maximal +40°C) eingeschaltet bzw. zur Feststellung der unteren Grenze (minimal -20°C) abgeschaltet sein.

**Tabelle 3** Gegenüberstellung von Kennzeichen und Begriffen nach den Europäischen Normen EN 50014...50020, 50028 und 50039 und den noch bis 1. Mai 1988 gültigen VDE-Bestimmungen 0170/0171/2.61 einschließlich der Änderungen d und f.

in die Europäischen Normen übernommen. Vielmehr stufte man die Betriebsmittel selbst in Temperaturklassen T 1 bis T 5 ein, die von den jeweils unteren Grenzen der Zündtemperaturen der bisherigen Zündgruppen G 1 bis G 5 abgeleitet wurden. Hinzu kam eine weitere Temperaturklasse T 6, entsprechend einer unteren Temperatur eines explosionsfähigen Gemisches von 85 °C. Die Temperaturklasse bedeutet, daß die Oberflächentemperatur des in einer explosionsgefährdeten Anlage errichteten Betriebsmittels niedriger sein muß als die niedrigste Zündtemperatur der an Ort möglicherweise auftretenden explosionsfähigen Atmosphäre bzw. des explosionsfähigen Gemisches. Unter der Zündtemperatur eines explosionsfähigen Gemisches ist die Temperatur zu verstehen, bei der ein Gemisch zündet, wenn es nach der in der IEC-Publikation 79-4 festgelegten Methode geprüft wird.

## Beispiele für Betriebsmittelkennzeichnungen nach den Europäischen Normen und nach den bisherigen VDE-Bestimmungen

### Nach den Europäischen Normen EN

#### 1. Beispiel: EEx d IIC T5

Explosiongeschütztes Betriebsmittel der Zündschutzart Druckfeste Kapselung "d" der Gruppe II für Gase der Unterteilungen A, B und C, der Temperaturklasse T5, d. h. maximale Oberflächentemperatur 100 °C\*).

\*) s.a. Fußnote 1) der Tabelle 3

#### 2. Beispiel: EEx d I

Explosiongeschütztes Betriebsmittel der Zündschutzart Druckfeste Kapselung "d" der Gruppe I (Bergbau).

Hinweis!

Die Angabe der Temperaturklasse bei Gruppe I — Betriebsmitteln entfällt.

#### 3. Beispiel: EEx ia IIC T5

Explosiongeschütztes Betriebsmittel der Zündschutzart Eigensicherheit "i" der Kategorie "ia", (d. h. Zündschutz auch bei Auftreten von 2 Fehlern vorhanden), der Gruppe II für Gase der Unterteilung A, B und C der Temperaturklasse T5, d. h. maximale Oberflächentemperatur 100 °C.

Hinweis!

Die Kategorie "ia" bedeutet, daß eine Errichtung in Zone 0 unter Beachtung besonderer Bedingungen (s. Prüfbescheinigung) möglich ist, und in den Zonen 1 und 2 ohne solche Bedingungen erlaubt ist.

#### 4. Beispiel: [EEx ib] IIC

Zugehöriges Betriebsmittel der Zündschutzart Eigensicherheit der Kategorie "ib" der Gruppe II für Gase der Unterteilung A, B, C.

Hinweis!  
Die Errichtung des Betriebsmittels muß außerhalb des explosionsgefährdeten Bereiches erfolgen. Dies wird durch eckige Klammern angedeutet. Die Angabe der Temperaturklasse entfällt, da außerhalb des explosionsgefährdeten Bereiches keine Zündgefahr (Explosionsgefahr) möglich ist. Weiteres siehe Prüfbescheinigung.

#### 5. Beispiel: EEx eib IIB T4

Explosiongeschütztes Betriebsmittel der Zündschutzarten Erhöhte Sicherheit "e" und Eigensicherheit "i" der Kategorie "ib" der Gruppe II für Gase der Unterteilung A oder B der Temperaturklasse T4, d. h. maximale Oberflächentemperatur 135 °C.

#### 6. Beispiel: EEx ep II 125 °C oder

EEx ep II 125 °C (T4)

Explosiongeschütztes Betriebsmittel der Zündschutzarten Erhöhte Sicherheit "e" und Überdruckkapselung "p" für alle Gase. Das Betriebsmittel darf keine höhere Oberflächentemperatur als 125 °C haben und gehört demnach in die Temperaturklasse T4 mit Limit 125 °C.

Hinweis!

Für "e" und "p" sind keine Unterteilungen A, B, C zur Kennzeichnung vorgeschrieben.

### Anmerkung zu den obigen Beispielen

Die obigen Gegenüberstellungen erlauben nur einen teilweisen Vergleich der betroffenen Betriebsmittel. Ein exakter Vergleich ist erst dann möglich, wenn die vollständigen Kennzeichnungen, wie sie in den Normen bzw. Bestimmungen laut vorliegender Dokumentation vorgeschrieben sind, zusammen mit den Baumersterprüfbescheinigungen vorliegen.

### Nach den bisherigen VDE-Bestimmungen

#### (Ex) d3n G5

Explosiongeschütztes Betriebsmittel der Zündschutzart Druckfeste Kapselung "d" der Explosionsklasse 3 und alle Gase (n) mit Zündtemperaturen der Zündgruppen G1 bis G5, entsprechend 100...135 °C, maximale Oberflächentemperatur des Betriebsmittels 80 °C.

#### (Sch) d

Schlagwettergeschütztes Betriebsmittel der Zündschutzart Druckfeste Kapselung "d".

#### (Ex) i G5 Zone 0

Explosiongeschütztes Betriebsmittel mit eigensicheren Stromkreisen der Zündschutzart Eigensicherheit "i" für Gase der Zündgruppen G1...G5 (siehe auch 1. Beispiel).

Hinweis!

Die Ergänzung „Zone 0“ bedeutet, daß eine Errichtung in den Zonen 0, 1 und 2 erlaubt ist.

#### (Ex) i G5 (Prüfungsschein-Nr. mit „S“ gekennzeichnet)

Explosiongeschütztes Betriebsmittel mit zum Teil eigensicheren Stromkreisen der Zündschutzart Eigensicherheit "i" für Gase der Zündgruppen G1...G5, d. h. maximale Oberflächentemperatur 80 °C.

Hinweis!

Aus dem Kurzzeichen geht nicht hervor, daß das Betriebsmittel außerhalb des explosionsgefährdeten Bereiches errichtet werden muß. Dies wird erst aus einem „S“ hinter der Prüfungsschein-Nummer ersichtlich.

#### (Ex) ei G4

Explosiongeschütztes Betriebsmittel der Zündschutzarten Erhöhte Sicherheit "e" und Eigensicherheit "i", letztere mit eigensicheren Stromkreisen der Zündschutzart "i" für Gase der Zündgruppen G1...G4, d. h. maximale Oberflächentemperatur des Betriebsmittels 110 °C.

#### (Ex) ef G4

Explosiongeschütztes Betriebsmittel mit den Zündschutzarten Erhöhte Sicherheit "e" und Fremdbelüftung "f", für Gase der Zündgruppen G1...G4, maximale Oberflächentemperatur 110 °C.

Hinweis!

Für den Fall, daß von der Prüfstelle 125 °C als maximale Oberflächentemperatur zugelassen werden, wird dies im Prüfungsschein vermerkt. Kennzeichnung evtl. durch ein „B“ unter „Besondere Bedingungen“.

\*) s. a. Fußnote 1) der Tabelle 3

Zur vollständigen Kennzeichnung gehören nach EN 50014:

- Name des Herstellers oder das Firmenzeichen.
- Typenbezeichnung des Betriebsmittels, auch Kurzzeichen.
- Die Kennzeichnung nach Tabelle 3, (beachte die Aufzählung aller in dem Betriebsmittel verwendeten Zündschutzarten, siehe Beispiele!).
- Fertigungsnummer bzw. Nummer zur Identifizierung des Betriebsmittels.
- Prüfstelle und Nummer der Baumusterprüfbescheinigung mit Erteilungsjahr.
- Falls „Besondere Bedingungen“ für die Verwendung, z. B. für Errichtung, Inbetriebnahme usw., von der Prüfstelle vorgeschrieben werden, ein "X" hinter der Nummer der Baumusterprüfbescheinigung.
- Für „Ex-Bauteile“, die nicht für sich allein verwendet werden dürfen, das Zeichen "U"
- Besondere Angaben, die nach den Normen der einzelnen Zündschutzarten noch zusätzlich gefordert werden, sowie die nach den Konstruktionsnormen geforderten Angaben für nicht-explosionsgeschützte Betriebsmittel, z. B. Nennspannung, Leistung.
- Abweichend von Abschnitt 5 kann bei Verwendung des Betriebsmittels einer bestimmten Gasatmosphäre statt der Unterteilung A, B oder C die Angabe des betreffenden Gases — auch als chemische Formel — hinter dem Gruppenzeichen II erfolgen.
- Des weiteren kann die maximale Oberflächentemperatur auch als Zahl (s. 6. Beispiel, 3.1.1) anstelle der Temperaturklasse oder mit beiden Angaben versehen angegeben werden.

An allen Betriebsmitteln, bei denen aus Platzgründen die oben geforderten Angaben zur Kennzeichnung nicht angebracht werden können, ist mindestens folgendes anzubringen:

- Zeichen EEx
- Name bzw. Kurzzeichen der Prüfstelle (z. B. PTB)
- Nr. der Baumusterprüfbescheinigung
- Das Zeichen X, falls in der Baumusterprüfbescheinigung vorhanden und für Ex-Bauteile das Zeichen "U".
- Name des Herstellers bzw. sein Firmenzeichen.

Als Beispiel einer vollständigen Betriebsmittel-Kennzeichnung zeigt Bild 5 das Typschild eines nach EN gekennzeichneten Betriebsmittels.

Zusammen mit den oben beschriebenen „Allgemeinen Bestimmungen“ gelten die im folgenden beschriebenen „Besonderen Baubestimmungen“. Die dort beschriebenen Zündschutzarten sind in der Reihenfolge so gewählt, wie sie etwa der Häufigkeit ihrer Anwendung in der Meß-, Steuerungs- und Regelungstechnik sowie in der Analysen- und Nachrichtentechnik entspricht. Die Zündschutzarten treten bei diesen Geräten „meist gemischt“ und nur in wenigen Fällen „reinrassig“ auf. Sie werden nur insoweit beschrieben, wie das notwendig erscheint. (ohne Prüfbestimmungen).

Zur Kommentierung der Baubestimmungen mit Anwendungsbeispielen für die verschiedenen Zündschutzarten wurden insbesondere Geräte gemäß dem Titel der vorliegenden Schrift gewählt.

### 3.2 Zündschutzart Erhöhte Sicherheit "e" nach EN 50019


Die Bestimmungen dieser Zündschutzart beziehen sich auf die inneren und äußeren Bauteile elektrischer Betriebsmittel. Diese sind so ausgeführt, daß sie mit einem höheren Grad an Sicherheit als bei den nichtexplosionsgeschützten Bauarten das Auftreten sowie das Entstehen von unzulässig hohen Temperaturen und/oder von Funken oder Lichtbögen im normalen Betrieb verhindern. Damit ist die Zündung einer umgebenden explosionsfähigen Atmosphäre ausgeschlossen.

#### 3.2.1 Anwendungen

Diese Zündschutzart bietet ein breites Anwendungsgebiet in der Starkstromtechnik, aber auch in den in dieser Dokumentation beschriebenen Techniken. In den Betriebsmitteln tritt sie dort fast immer in Verbindung mit anderen Zündschutzarten auf. Dies betrifft z. B. folgende Betriebsmittel oder Baugruppen:

- MSR = Meß-, Steuer- und Regel- und Analysengeräte in Kompaktbauweise, als anschlussfertige Geräte an das Wechselstromnetz von z. B. 220 V oder an andere nichteigensichere Versorgungsspannungen
- Kollektorlose Klein- und Kleinstmotoren für z. B. Stellglieder in Regelanlagen oder für den Papierantrieb in Registriergeräten
- Klein-Transformatoren als Netztransformatoren oder Meßwandler
- Anschlußteile, z. B. Lötleisten, Klemmenleisten, Anschlußleisten für wire wrap-Technik, Steckvorrichtungen und ähnliches. Angesprochen sind alle blanken Teile, die zur Herstellung von Verbindungen und Anschlüssen sowie innerhalb von Verdrahtungen explosionsgeschützter Betriebsmittel benötigt werden und die in unmittelbarer Berührung mit einer explosionsfähigen Atmosphäre stehen können. Bei solchen Teilen, die an nichteigensichere Stromkreise angeschlossen werden, müssen die Luft- und Kriechstrecken nach der Zündschutzart Erhöhte Sicherheit "e" eingehalten sein.

In Bild 6 sind die Hauptmerkmale der Zündschutzart Erhöhte Sicherheit "e" dargestellt. Es sind auch Beispiele nichtzulässiger, d. h. im Sinne der Bestimmung funkenerzeugender Teile aufgeführt, wie z. B. einfache Steckverbindungen ohne zusätzlichen Zündschutz, ebenso Schalter, Sicherungen, Elektronenröhren, Transistoren, Kollektormotoren, Drehspulgeräte. An der im Bild mit „Zugentlastung“ bezeichneten Stelle für die Kabel-/Leitungseinführung muß selbstverständlich nur dann eine Zugentlastung angebracht werden, wenn es sich um ein ortsveränderliches Betriebsmittel handelt, an dem eine Kabelbefestigung in der unmittelbaren Nähe des Betriebsmittels nicht möglich ist.

<b>H&amp;B</b>			<b>Hartmann &amp; Braun AG</b>		
<b>Frankfurt am Main</b>					
Punktschreiber — Dotted line Recorder — Enregistreur par points					
Arucomp KK - Ex		B - Nr 40211-0-	F-Nr		
Hilfsenergie — Power supply — Alimentation — Anchl. 1.2					
		[EEx ib] IIC bzw. IIB		Ex gepr.	
PTB Nr. Ex - 83 / 2188 X					
Das Gerät muß außerhalb des explosionsgefährdeten Bereiches errichtet werden.					
Made in Germany					

Z-13081

Bild 5 Typschild eines nach EN 50014 und 50020 geprüften explosionsgeschützten Scheibers

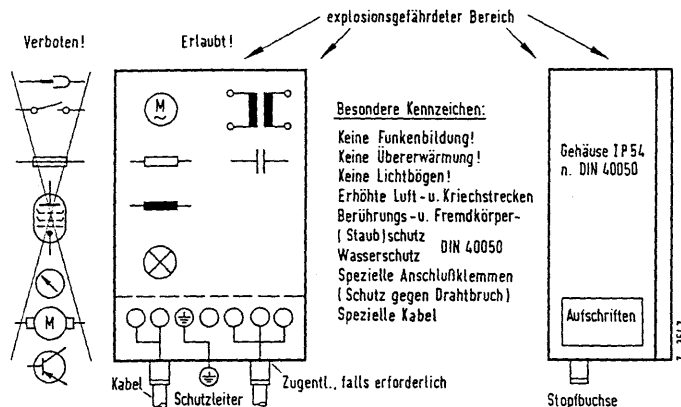


Bild 6 Zündschutzart Erhöhte Sicherheit "e"

### 3.2.2 Erläuterungen zu wesentlichen Begriffen der Zündschutzart "e"

#### ● Grenztemperatur

Sie ist die für ein Betriebsmittel oder Teile davon höchste zulässige Temperatur. Die Grenztemperatur ist die niedrigere der beiden folgenden Temperaturen:

max. Oberflächentemperatur nach EN 50014, Allgemeine Bestimmungen,

max. Temperatur, die durch die Grenze der Temperaturbeständigkeit der verwendeten Werkstoffe bestimmt ist.

#### ● Thermischer Grenzstrom $I_{th}$

Dies ist der Effektivwert des Stromes, durch den ein Leiter sich innerhalb einer Sekunde von seiner Endtemperatur im Nennbetrieb bei höchstzulässiger Umgebungstemperatur bis zur Grenztemperatur erwärmt.

#### ● Dynamischer Grenzstrom $I_{dyn}$

Dies ist der Scheitelwert des Stromes, dessen Kraftwirkung das elektrische Betriebsmittel ohne Beschädigungen überstehen kann.

#### ● Kriechstrecke

Sie ist die kürzeste Strecke zwischen zwei leitenden Teilen längs einer Isolierstoffoberfläche.

#### ● Luftstrecke

Sie ist die kürzeste Strecke zwischen zwei blanken leitenden Teilen.

### 3.2.3 Ergänzende Baubestimmungen der Zündschutzart "e" zu EN 50014 (auszugsweise)

● Anschlußklemmen müssen so bemessen sein, daß sie einen zuverlässigen Anschluß äußerer Leitungen gewährleisten. Sie müssen im Klemmensockel fest verankert sein, d. h. die Zuleitungen dürfen sich nicht aus der Klemme lösen, aber auch nicht beim Anklemmen beschädigt werden. Die Anschlußklemmen dürfen keine scharfen Kanten und keine drehbaren Teile, die unmittelbar den Anschlußdraht berühren, besitzen.

● Innere Leiterverbindungen dürfen nicht unzulässig mechanisch beansprucht werden. Sichere Verbindungen können durch Schraub- oder Bolzenverbindungen, die gegen Selbstlockerung gesichert sind, hergestellt werden.

Ebenso sind zulässig:

Preßverbindungen (z. B. wire wrap)

weich gelötete Verbindungen (dürfen nicht mechanisch beansprucht werden)

hart gelötete Verbindungen.

geschweißte Verbindungen

● Innere Leitungsverlegungen müssen so vorgenommen werden, daß die Leitungen keine blanken Teile berühren können und gegen Beschädigung geschützt sind.

● Luftstrecken zwischen den blanken Teilen richten sich nach der Höhe der Nennisolationsspannungen. So beträgt z. B. die Luftstrecke zwischen blanken Teilen, an denen eine Netzspannung von 220 V liegt, mindestens 5 mm (Nennisolationsspannung 250 V). Näheres s. Tab. 1 der EN 50019 mit zugehörigem Text.

● Kriechstrecken hängen ab von der Höhe der Nennisolationsspannung, der Kriechstromfestigkeit der Isolierstoffe und deren Oberflächengestaltung. Sie werden durch Nuten von mindestens 3 mm Tiefe und Breite oder durch Rippen von mindestens 3 mm Höhe und 3 mm Dicke\*) graduell verkürzt. Näheres s. Tabellen 2 und 3 sowie Bilder 1a bis 5 der EN 50019. Die Kriechstromfestigkeit der Isolierstoffe unterliegt außer bei keramischen Werkstoffen einer Prüfung.

● Feste Isolierstoffe müssen auch bei Temperaturen, die 20 K über der Temperatur des Dauernennbetriebs liegen, eine ausreichende mechanische Festigkeit bzw. Widerstandsfähigkeit haben. Sie müssen für eine Mindesttemperaturbeanspruchung von 80 °C geeignet sein.

Teile aus Formpreßstoff, deren Oberfläche oder Preßhaut bei der Bearbeitung beschädigt wurden, müssen einen Lacküberzug mit der gleichen Kriechstromfestigkeit wie diejenige des betreffenden Teils erhalten. Dieser kann entfallen, wenn der Wert der Kriechstromfestigkeit des Isolierstoffes durch die Beschädigung nicht verändert wird oder die Beschädigung der Oberfläche nicht zwischen den betreffenden blanken Teilen aufgetreten ist.

#### ● Wicklungen, Bandagierung, Tränkung

Die Isolierung blanker Teile muß mindestens zweilagig ausgeführt sein. Ausnahmen bilden Lackdrähte, die bestimmte Bedingungen erfüllen müssen (s. 3.6.2 EN 50019). Die Wicklungen müssen bandagiert sein und nach Vortrocknung getränkt werden.

Wicklungen aus Drähten mit kleinerem Nenn- $\varnothing$  als 0,25 mm sind nicht zulässig.

#### Anmerkung:

Bei geringerem Drahtdurchmesser Anwendung der Zündschutzart Eigensicherheit "i" mit ihren Baubestimmungen oder nach Veröffentlichung der Zündschutzart Vergußkapselung "m", EN 50028, Anwendung dieser mit ihren dortigen Baubestimmungen.

● Bei Überschreitung der Grenztemperaturen für isolierte Wicklungen (s. Tab. 5, z. B. infolge Überlastung) müssen geeignete Schutzvorrichtungen, die innerhalb oder außerhalb des Betriebsmittels angebracht sind, dafür sorgen, daß rechtzeitig abgeschaltet wird. Dies gilt beispielsweise für Motoren, Transformatoren, Meßwandler u. ä.

\*) Geringere Maße siehe 3.4.3 Abs. 2 EN 50019

		Meß- ver- fahren	Isolierstoffklasse <sup>2</sup>				
			A	E	B	F	H
1. Alle isolierten Wicklungen mit Ausnahme der in 2. aufgeführten	Grenztemperatur (°C) bei Nennbetrieb	R	90	105	110	130	155
		T	80	95	100	115	135
	Grenzüber Temperatur (K) bei Nennbetrieb bezogen auf 40 °C Umgebungstemperatur	R	50	65	70	90	115
		T	40	55	60	75	95
2. Einlagige isolierte Wicklungen	Grenztemperatur (°C) bei Nennbetrieb	R	95	110	120	130	155
		T	95	110	120	130	155
	Grenzüber Temperatur (K) bei Nennbetrieb bezogen auf 40 °C Umgebungstemperatur	R	55	70	80	90	115
		T	55	70	80	90	115
Grenztemperatur <sup>1</sup> (°C) am Ende der Zeit t <sub>E</sub>		R	160	175	185	210	235
Grenzüber Temperatur (K) am Ende der Zeit t <sub>E</sub> bezogen auf 40 °C Umgebungstemperatur		R	120	135	145	170	195
R = Widerstandsverfahren T = Thermometerverfahren (nur zulässig, wenn das Widerstandsverfahren nicht durchführbar ist)							

<sup>1</sup> Diese Werte setzen sich zusammen aus der Umgebungstemperatur, der Über Temperatur der Wicklung bei Nennbetrieb und der Temperaturzunahme während der Zeit t<sub>E</sub>.

<sup>2</sup> nach IEC-Publikation 85.

**Tabelle 5** Grenztemperaturen und Grenzüber temperaturen für isolierte Wicklungen (Abdruck der Tab. 5 der EN 50019)

- Gemäß der Klassifizierung der Gehäuse-Schutzarten nach IEC-Publikation 529 und IEC-Publikation 34-5 müssen Gehäuse, die blanke, unter Spannung stehende Teile enthalten, IP 54 genügen. Solche, die ausschließlich isolierte spannungsführende Teile enthalten, müssen IP 44 genügen.

- Meßgeräte und Meßwandler dürfen auch bei Überlastung mit dem 1,2fachen Nennstrom bzw. der 1,2fachen Nennspannung die vorgesehenen Grenztemperaturen (s.Tab. 5) nicht überschreiten.

- Thermische Grenzströme dürfen in keinem Fall zu einer höheren Temperatur als 200 °C führen. Im übrigen gelten die Temperaturwerte der Tabelle 5.

- Stromwandler und Strompfade von Meßgeräten (gilt nicht für Spannungspfade) müssen einer zeitlich festgelegten thermischen und dynamischen Stoßbeanspruchung (s. 4.5.2 EN 50019) standhalten.

- Meßgeräte mit beweglichen Spulen sind nicht zulässig, ausgenommen solche, deren Stromzuführungen als bruchsicher gelten, z. B. bei Spulen bzw. Tauchspulen mit sehr kleinen Weglängen (0,5 mm).

**Anmerkung:**

Diese Einschränkung für die MSR-Technik läßt sich durch die Anwendung der Zündschutzart Eigensicherheit "i" umgehen, indem eine entsprechende Schutzschaltung, z. B. eine modifizierte Sicherheitsbarriere vor die bewegliche Spule geschaltet wird, s. Abschnitt 6.2.1.

**3.2.4 Ergänzende Kennzeichnung**

Außer der Kennzeichnung nach EN 50014 sind bei der Zündschutzart Erhöhte Sicherheit "e" erforderlich:

- Nennspannung und Nennstrom
- Anzugsstromverhältnis I<sub>A</sub> zu I<sub>N</sub> und die Zeit T<sub>E</sub> für umlaufende elektrische Maschinen und Wechselstrommagnete
- Thermischer Grenzstrom I<sub>th</sub> und dynamischer Grenzstrom I<sub>dyn</sub> für Meßgeräte und Meßwandler
- Elektrische Daten von Lampen für Leuchten

- Einsatzauflagen, z. B. Errichtung nur in sauberen Räumen; nur in Verbindung mit zusätzlicher Schutz einrichtung...(genaue Angaben zur Schutz einrichtung erforderlich!).

**3.2.5 Abschließende Bemerkungen zur Zündschutzart Erhöhte Sicherheit "e"**

Die Einstufung der Isolierstoffe nach ihrer Kriechstromfestigkeit erfolgt im Gegensatz zu den früheren VDE-Bestimmungen nach der IEC-Publikation 112 über Tropfenzahl und Prüfspannung (s. Tab. 2 EN 50019). Außerdem ergeben sich bei der Bemessung der Kriech- und Luftstrecken gegenüber „früher“ gewisse Abweichungen.

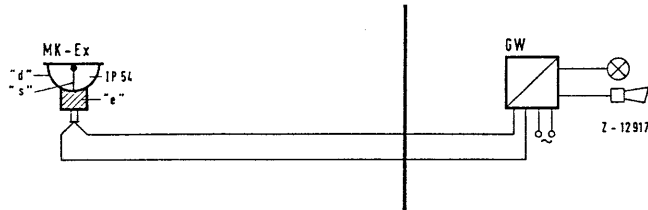
**3.3 Zündschutzart Eigensicherheit "i" nach EN 50020**

Die Bestimmungen dieser Zündschutzart beziehen sich auf Schutzmaßnahmen nicht nur für das einzelne Betriebsmittel, sondern auch für die Stromkreise der daran angeschlossenen weiteren Betriebsmittel. Die Schutzmaßnahmen bestehen zum einen darin, daß in den inneren und den daran angeschlossenen äußeren Stromkreisen der Betriebsmittel so geringe Spannungen, Ströme und Leistungen bzw. Energien verwendet werden, daß damit im Störfall und auch beim Öffnen, Schließen und Erden der Stromkreise durch auftretende Erwärmung bzw. durch entstehende Funken eine Zündung der umgebenden explosionsfähigen Atmosphäre verhindert wird. Zum anderen bestehen die Schutzmaßnahmen darin, daß bei der Erzeugung eines eigensicheren Stromes bzw. einer eigensicheren Spannung aus dem Netz oder einer anderen Stromquelle die Eigensicherheit nicht durch den Ausfall der sie bestimmenden Bauelemente, z. B. Transformatoren, Halbleiter, Widerstände, sowie Induktivitäten und Kapazitäten eingeschränkt oder aufgehoben wird.

Weiterhin werden Sicherheitsschaltungen, u. a. in Form von Sicherheitsbarrieren, angegeben, die eine sichere Abblockung der eigensicheren von den nicht eigensicheren Stromkreisen durch eine entsprechende galvanische, transformatorische oder kapazitive Kopplung der beiden Kreise erlauben.

## Problemlösung 20.3

Überwachung der Atmosphäre in der Zone 1 auf brennbare Gase bzw. Dämpfe



Gerätetyp	Listenblatt	Baumuster- prüfbescheinigung	Kennzeichnung
MK-Ex Meßkopf Meßkopf CGEX M1	21-1.30	49/21-15 Ex	(Ex) d3n G5
GW Gaswarngerät Explosionswarngerät CGEX 1	21-1.30	49/21-16 <sup>1)</sup> 49/21-18 <sup>2)</sup> 49/21-20 <sup>3)</sup>	

<sup>1)</sup>Zur Messung von Wasserstoff und Methan im Gemisch mit Luft  
<sup>2)</sup>Zur Messung von Propan, n- Butan und Benzin im Gemisch mit Luft  
<sup>3)</sup>Zur Messung von Otto-Kraftstoff Normal und Super, Benzol und Toluol im Gemisch mit Luft

### Erläuterung:

Zur Durchführung primärer Explosionsschutzmaßnahmen muß die Atmosphäre auf brennbare Gase bzw. Dämpfe überwacht werden. Bleibt die überwachte Atmosphäre unter entsprechenden Werten der unteren Explosionsgrenze, können dort nichtexplosionsschutzgeschützte elektrische Betriebsmittel Verwendung finden. Wird der eingestellte Wert überschritten, werden durch das Explosionswarngerät entsprechende Maßnahmen ausgelöst (Alarm, Abschaltung, Zwangslüftung o. ä.).

(Um die sichere Funktion des Gaswarngerätes und des Meßkopfes zu gewährleisten, muß neben einer Prüfung des Meßkopfes auf Explosionsschutz durch eine anerkannte Prüfstelle eine Eignungsprüfung des Gesamtgerätes durch die BAM erfolgen).

Als Explosion wird eine schnell ablaufende Verbrennung mit hohen Temperaturen und starkem Druckanstieg bezeichnet. Voraussetzung für eine Explosion ist immer das Vorliegen einer explosionsfähigen Atmosphäre (brennbare Substanz + Sauerstoff) sowie einer Zündquelle. Unter der Bezeichnung Explosionsschutz werden alle Maßnahmen zusammengefaßt, die als Schutz vor Gefahren (verursacht durch Explosionen) dienen können. Der folgende Beitrag stellt die Grundlagen praxisgerecht vor und geht besonders auf sekundäre Explosionsschutzmaßnahmen ein.

Rapid combustion characterised by high temperatures and a pronounced pressure rise is called an explosion. A prerequisite for an explosion is always the presence of an atmosphere capable of explosion (combustible substance + oxygen) and an ignition source. Explosion prevention embraces all measures which can serve as protection against danger (caused by explosion). This article presents the fundamentals in practically-oriented manner, and focusses particularly upon secondary explosion prevention.

Explosionsfähige Atmosphären bestehen in der Regel aus Sauerstoff und einem gas- oder staubförmigen, brennbaren Stoff. Bei ausreichendem Dispersionsgrad des brennbaren Mediums kann es durch eine Zündquelle, in Form eines Funkens oder eines heißen Betriebsmittels, zu einer Explosion kommen. In den Industrie- und Produktionsbereichen, in denen mit der Bildung explosionsfähiger Atmosphären zu rechnen ist (z. B. in der chemischen Industrie oder im Bergbau), müssen also geeignete Maßnahmen zum Schutz von Menschen und Anlagen getroffen werden. Dabei unterscheidet man zwischen dem primären und dem sekundären Explosionsschutz. Durch den primären Schutz wird das Zustandekommen eines gefährlichen explosionsfähigen Gemisches verhindert. Dies kann z.B. durch den Ersatz brennbarer durch nicht brennbare Substanzen erreicht werden. Ist das nicht möglich, kann die Bildung eines explosionsfähigen Gemisches in manchen Fällen durch den Austausch der Luft bzw. des Luftsauer-

## Grundlagen für den Ex-Schutz in der Praxis

Dipl.-Ing. W. Bansemir, Dipl.-Ing. W.-D. Dose, R. Krück

stoffs durch ein Gas wie Stickstoff verhindert werden (Inertisierung). Die primären Maßnahmen des Explosionsschutzes sind stets vorrangig, aber in der Praxis nicht immer durchführbar.

Die sekundären Explosionsschutzmaßnahmen beziehen sich auf die Betriebsmittel. Durch konstruktive Maßnahmen

Gruppe II gilt für alle anderen Einsatzbereiche, wie chemische Industrie, Kohle- und Getreideverarbeitung, Tankanlagen mit brennbaren Stoffen etc. Betriebsmittel der Gruppe II kommen also in Bereichen zur Anwendung, in denen sehr verschiedene brennbare Stoffe vorhanden sein können. In Abhängigkeit der unterschiedlichen Zündenergien, die die Stoffe/Gase als Kennwerte aufweisen, wird eine Unterteilung in die Gruppen IIA, IIB und IIC vorgenommen. Jeder Gruppe ist ein repräsentatives Gas zugeordnet:

- I Methan
- IIA Propan
- IIB Ethylen
- IIC Wasserstoff

Die Explosionsgefahr ist in Gruppe IIC am höchsten, da ein Gemisch aus Wasserstoff und Sauerstoff mit der geringsten Zündenergie zur Zündung gebracht werden kann. Deshalb werden an die Betriebsmittel der Gruppe IIC die höchsten Ansprüche gestellt.

### Temperaturklassen

Zusätzlich werden die Explosionsgruppen in sechs Temperaturklassen unterteilt. Jede dieser Klassen definiert die maximal zulässige Oberflächentemperatur des Betriebsmittels (Tab. 1).

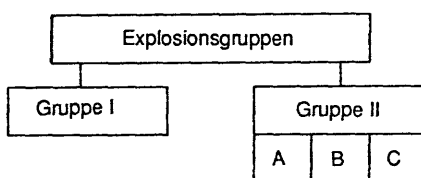


Abb. 1. Explosionsgruppen.

wird verhindert, daß Temperaturen oberhalb des Zündpunktes oder Funken in einer explosionsfähigen Atmosphäre entstehen können.

### Explosionsgruppen

Die elektrischen Betriebsmittel werden in Gruppen (Abb. 1) eingeteilt.

Gruppe I umfaßt Betriebsmittel in schlagwettergefährdeten Grubenbauten. Hier ist in der Regel mit dem Auftreten von Methan zu rechnen.

Explosionsgruppen	Temperaturklassen (max. Temperaturen)					
	T1 (450 °C)	T2 (300 °C)	T3 (200 °C)	T4 (135 °C)	T5 (100 °C)	T6 (85 °C)
I	Methan					
IIA	Aceton Acetan Ethylacetat Ethyloxyd Ammoniak Benzol Essigsäure Kohlenoxid Methanol Methylchlorid Naphthalin Phenol Propan Toluol	Ethylalkohol i-Amylacetat n-Butan n-Butylalkohol Cyclohexan 1,2-Dichlorethan Essigsäure-Anhydrid	Benzine Dieselkraftstoffe Düsenkraftstoffe Heizöl n-Hexan	Acetaldehyd		
IIB	Stadtgas	Ethylalkohol Ethylen Ethylenoxid	Schwefelwasserstoff	Ethylether		
IIC	Wasserstoff	Acetylen				Schwefelwasserstoff

Tabelle 1.

# EXPLOSIONSSCHUTZ

## Zoneneinteilung

Die Einsatzbereiche der Betriebsmittel sind zusätzlich, je nach Gefährdungspotential, in Zonen eingeteilt.

Ist die brennbare Substanz, die mit Luft ein explosionsfähiges Gemisch bilden kann, gas- oder nebelförmig, so gilt eine Einteilung in drei Zonen:

- **Zone 0** das Gemisch liegt ständig oder langfristig vor;
- **Zone 1** das Gemisch liegt gelegentlich vor;
- **Zone 2** das Gemisch liegt selten und kurzzeitig vor.

Handelt es sich bei den brennbaren Substanzen um Stäube, die feinverteilt in Luft ebenfalls explosionsfähige Atmosphären bilden können (wie z. B. bei der Kohle- oder Getreideverarbeitung), wird in zwei weitere Zonen unterteilt (Staub-Explosionszonen):

- **Zone 10** das Gemisch liegt häufig oder langfristig vor;
- **Zone 11** das Gemisch liegt gelegentlich und kurzzeitig vor.

## Normen

Die Explosionsschutzrichtlinien der Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie und die Ex-Richtlinien enthalten konkrete Angaben zur Festlegung der Zonen und Temperaturklassen in der Praxis.

Werden elektrische Betriebsmittel in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt, müssen sie bestimmte Bedingungen erfüllen. Diese werden von Normengremien festgelegt. Das weltweit zuständige Normengremium ist die IEC\*. In Europa werden die Normen durch CENELEC\*, das Europäische Komitee für elektronische Normung, als Europeanormen veröffentlicht. Diese Europeanormen werden von den EG-Mitgliedsländern übernommen, das heißt harmonisiert und als nationale Normen verabschiedet.

Für die Bundesrepublik gelten die DIN\* bzw. EN\*. Entspricht ein Betriebsmittel der Europeanorm, so erhält der Hersteller auf Antrag eine Konformitätsbescheinigung. Diese wird von einer autorisierten CENELEC-Prüfstelle vergeben und ist im ge-

## Abkürzungen:

**BASEEFA** British Approvals Service for Electrical Equipment in Flammable Atmospheres

**CENELEC** Europäisches Komitee für elektrotechnische Normungen

**DIN** Deutsche Industrie Norm

**EEEx** Europeanorm, EX-Rahmenrichtlinien

**EN** Europeanorm

**IEC** Internationale Elektronische Kommission

**PTB** Physikalisch-Technische Bundesanstalt

**VDE** Verband Deutscher Elektrotechniker

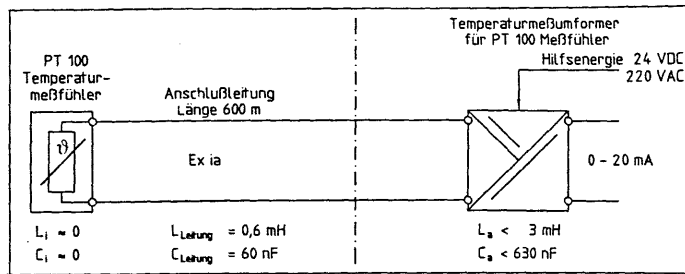


Abb. 2. Einfacher eigensicherer Meßkreis.

samten EG-Bereich gültig. In der Bundesrepublik ist es z. B. die PTB\*, in Großbritannien die BASEEFA\*. In CENELEC-Mitgliedsstaaten, die nicht in der EG sind, ist eine zusätzliche Bescheinigung ihrer zuständigen Prüfstellen notwendig. Nach ähnlichen Überlegungen wird auch außerhalb der CENELEC verfahren.

Das Ex-Symbol ist ein Zeichen für die erteilte Konformitätsbescheinigung. Das EEEx\* zeigt, daß das Gerät in der Zündschutzart einer Europeanorm entspricht.

## Zündschutzarten

Je nach der technischen Lösung, die der Hersteller als geeignete Schutzmaßnahme wählt, sind die explosionsgeschützten Betriebsmittel nach Zündschutzarten gegliedert. Folgende Unterteilung gilt:

- **'p'**: Überdruckkapselung der Zündquelle durch Schutzgas.
- **'q'**: Sandkapselung des Betriebsmittels durch feinkörniges Schüttgut.
- **'d'**: Druckfeste Kapselung der Zündquelle durch entsprechendes Gehäuse.
- **'o'**: Ölkapselung der Zündquelle.
- **'e'**: Erhöhte Sicherheit durch Ausschließen von Funkenbildung, Kriechströmen oder zu hohen Temperaturen mittels geeigneter Maßnahmen.
- **'m'**: Vergußkapselung durch eine Vergußmasse.
- **'i'**: Eigensicherheit durch Energiebegrenzung.

Das 'i' ist eine Abkürzung des englischen 'intrinsic safety'. Dabei wird die Energie im Stromkreis auf einen Wert begrenzt, der nicht zur Zündung führen kann. Außerdem wird durch die Energiebegrenzung verhindert, daß an irgendeiner Stelle des Betriebsmittels eine zu hohe Temperatur das explosionsfähige Gemisch zünden kann.

Bei der Zündschutzart Eigensicherheit wird unterschieden in:

- **'ia'**: Im Normalbetrieb beim Auftreten von einem Fehler oder einer beliebigen Kombination von zwei Fehlern darf eine Zündung nicht verursacht werden. Geräte dieser Schutzart sind für den Einsatz in Zone 0 zulassungsfähig.
- **'ib'**: Im Normalbetrieb und beim Auftreten eines Fehlers darf eine Zündung nicht verursacht werden. Zugelassen für den Einsatz in Zone 1 und Zone 2.

Die Zündschutzart Eigensicherheit eignet sich besonders für die Realisierung von MSR-Einrichtungen. Sollen größere Leistungen umgesetzt werden, wie beispielsweise in der Antriebstechnik, so kommen andere der oben genannten Zündschutzarten zum Einsatz.

## Kennzeichnung von Betriebsmitteln der Zündschutzart Eigensicherheit

Es werden eigensichere Betriebsmittel und zugehörige Betriebsmittel unterschieden. Im Gegensatz zu den zugehörigen sind eigensichere Betriebsmittel für den Betrieb im explosionsgefährdeten Bereich direkt vor Ort geeignet. Abb. 2 zeigt einen einfachen, eigensicheren Meßkreis.

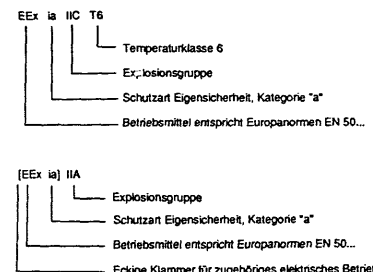


Abb. 3. Klassifizierungsbeispiele für ex-geschützte elektrische Betriebsmittel.

- a) eigensicheres elektrisches Betriebsmittel
- b) zugehöriges elektrisches Betriebsmittel

Ein ex-geschütztes elektrisches Betriebsmittel muß immer mit einer Kennzeichnung versehen sein. In Abb. 3 sind zwei Beispiele solcher Kennzeichnungen dargestellt.

## Energiebegrenzung eigensicherer Stromkreise

Die Energiebegrenzung wird durch das Begrenzen von Strom und Spannung der aktiven Betriebsmittel erreicht. Zur Dimensionierung eigensicherer Stromkreise wird auf Zündgrenzkurven gemäß der EN 500 20

Feldgerät + Kabel	Vergleich	zugehöriges Betriebsmittel
$U_{max}$	$\geq$	$U_{max}$
$I_{max}$	$\geq$	$I_{max}$
$P_{max}$	$\geq$	$P_{max}$
$C_i$ Feldgerät + $C_i$ Kabel	$\leq$	$C_{max}$
$L_i$ Feldgerät + $L_i$ Kabel	$\leq$	$L_{max}$

Tabelle 2.

# EXPLOSIONSSCHUTZ

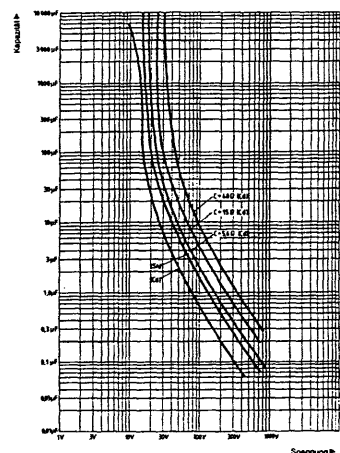
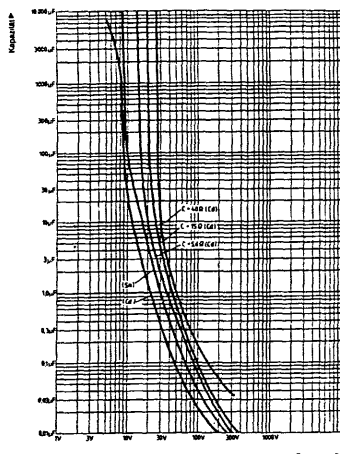


Abb. 4. Zündgrenzkurven (Bild: VDE).  
a) Ohmsche Stromkreise  
b) Induktive Stromkreise

zurückgegriffen. Die Kurven (Abb. 4) beschreiben für einen weiten Anwendungsbereich die Grenzwerte von Strom, Spannung, Induktivität und Kapazität. Durch Einbeziehen des sogenannten Sicherheitsfaktors können die Maximalwerte ermittelt werden.

### Ein Beispiel:

Ein Ohmscher Stromkreis mit einer vorgegebenen maximalen Leerlaufspannung soll in der Explosionsgruppe IIC installiert werden. Aus der Zündkurve ergibt sich der Strom. Dieser wird durch den Sicherheitsfaktor 1,5 geteilt. Das Ergebnis ist der maximal zulässige Kurzschlußstrom.

In einem Stromkreis können Energiespeicher in Form von Induktivitäten und Kapazitäten vorliegen. Die Maximalwerte für Induktivität und Kapazität werden aus den entsprechenden genormten Zündkurven entnommen. Dabei ist die in der Kapazität gespeicherte Energie ( $W_C = 1/2CU^2$ ) abhängig von der Spannung, während die in der Induktivität gespeicherte Energie ( $W_L = 1/2LI^2$ ) vom Strom abhängt. Für einen eigensicheren Stromkreis muß die Leerlaufspannung bzw. der Kurzschlußstrom mit dem Sicherheitsfaktor 1,5 multipliziert werden, bevor die maximale Induktivität bzw. Kapazität aus den Zündkurven abgelesen werden darf.

### Realisierung zugehöriger Betriebsmittel

Zur Begrenzung der Spannung werden Zenerdioden eingesetzt. Sie bewirken, daß die Spannung im eigensicheren Stromkreis einen bestimmten Wert nicht

überschreitet. Durch eine Schmelzsicherung werden die Zenerdioden vor Überlastung geschützt. Zur Strombegrenzung dient ein Ohmscher Widerstand. Die Zenerdioden sind redundant vorhanden, damit beim Ausfall einer Diode die Funktion der Schaltung weiterhin gewährleistet ist. Zenerbarrieren müssen stets in den Potentialausgleich einbezogen sein. Dies stellt sicher, daß keine unzulässigen Erdströme fließen.

Mit Strom- und Spannungsbegrenzungen ist das Prinzip der Eigensicherheit erfüllt. Häufig werden jedoch Steuerstrom-

nicht eigensichere Anschlußteile voneinander. Es isoliert auch für den Fall, daß sich Anschlüsse lösen sollten.

### Aufbau eigensicherer Stromkreise

Werden eigensichere Betriebsmittel zusammengeschaltet, sind die jeweiligen sicherheitstechnischen Grenzwerte zu beachten. Die bescheinigten Werte für Strom, Spannung und Leistung müssen größer oder gleich den bescheinigten Werten der einzelnen Betriebsmittel sein. Die Gesamtinduktivität und -kapazität der Geräte sowie der Leitungen muß kleiner

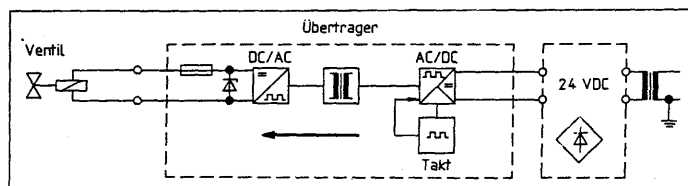


Abb. 5. Prinzip Eigensicherheit und galvanische Trennung.

kreise benötigt, die eigensicher und erdfrei sind, um eine Einstreuung unerwünschter Störpotentiale zu verhindern. Diese zusätzliche galvanische Trennung wird durch einen Transformator erreicht (Abb. 5).

oder gleich den zugelassenen Werten sein. Innerhalb der Bundesrepublik sind die Errichtungsvorschriften gemäß VDE 0165 zu erfüllen. Tab. 2 zeigt einen Vergleich der sicherheitsrelevanten Grenzwerte, Abb. 6 enthält ein Beispiel.

### Installation eigensicherer Stromkreise

Bei der Installation eigensicherer Stromkreise sind detaillierte Vorschriften gemäß VDE\* 0165 zu beachten. Hohe Anforderungen werden an die Isolation gestellt, um einer Spannungsverschleppung in den Ex-Bereich vorzubeugen. Deshalb müssen eigensichere und nicht eigensichere Aderleitungen immer getrennt verlegt wer-

### Zusammenschalten mehrerer eigensicherer Stromkreise

Beim Zusammenschalten mehrerer eigensicherer Stromkreise muß die Aufrechterhaltung der Eigensicherheit meßtechnisch oder rechnerisch nachgewiesen werden.

Sollen eigensichere Stromkreise, die nichtlineare Ausgangskennlinien enthalten, zusammengeschaltet werden, so ist

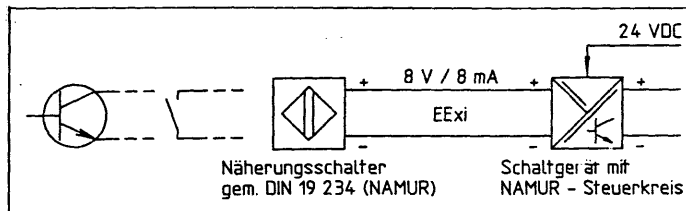


Abb. 6. Beispiel mit Zahlenwerten (NAMUR-Steuerkreis gemäß DIN 19 234).

den. Eine gemeinsame Verlegung in Kabeln, in Leitungsbündeln bzw. in Kabelbäumen ist nicht zulässig. So wird verhindert, daß im Fehlerfall eine zu große Energiemenge in den eigensicheren Stromkreis gelangt. Eine Trennung innerhalb von Leitungskanälen ist mit einer durchgehenden Isolierstoffzwischenlage oder auch mittels separater Schlauchleitungen möglich.

### Beispiel:

Bei der Verdrahtung eines 19 Zoll-Baugruppenträgers können eigensichere und nicht eigensichere Anschlußteile durch folgende Möglichkeiten getrennt werden:

- Die Anschlüsse werden durch Schumpfschlauch gesichert.
  - Die Trennung erfolgt durch das Trennkammersystem der Fa. Pepperl und Fuchs.
- Das Trennkammersystem trennt eigensichere und

hierfür die Vorgehensweise gemäß VDE 0165 nicht zulässig. Für diesen Fall beschreibt der PTB-Bericht W 39 die Vorgehensweise.

In der Bundesrepublik obliegt die Verantwortung über den Nachweis der Eigensicherheit dem Errichter oder Betreiber einer Anlage. Hierüber ist ein rechnerischer bzw. ein meßtechnischer Nachweis zu führen.

Eine detaillierte Betrachtung der Nachweise der Eigensicherheit würde den Rahmen dieses Beitrages sprengen. Es ist jedoch geplant, dies in einer eigenständigen Arbeit zusammenzufassen.

Pepperl+Fuchs

Weitere Informationen CT 611

### Gaswarngerät nach dem Wärmetönungsprinzip

Verbrennungsvorgänge sind immer mit einer Reaktionswärme verknüpft. Diesen Effekt nutzt man bei den Gaswarngeräten (GWG) aus, bei denen die Oxidation an einem mit Katalysatormasse beschichteten Widerstand stattfindet. Dieser Widerstand ist Teil einer Wheatstone-Meßbrücke und wird durch den Stromfluß permanent beheizt. Findet nun eine Verbrennung an diesem Katalysator statt, so entsteht eine Temperaturerhöhung des Widerstandes. Dies führt zu einer Verstimmung der Meßbrücke (Abb. 3) /6/.

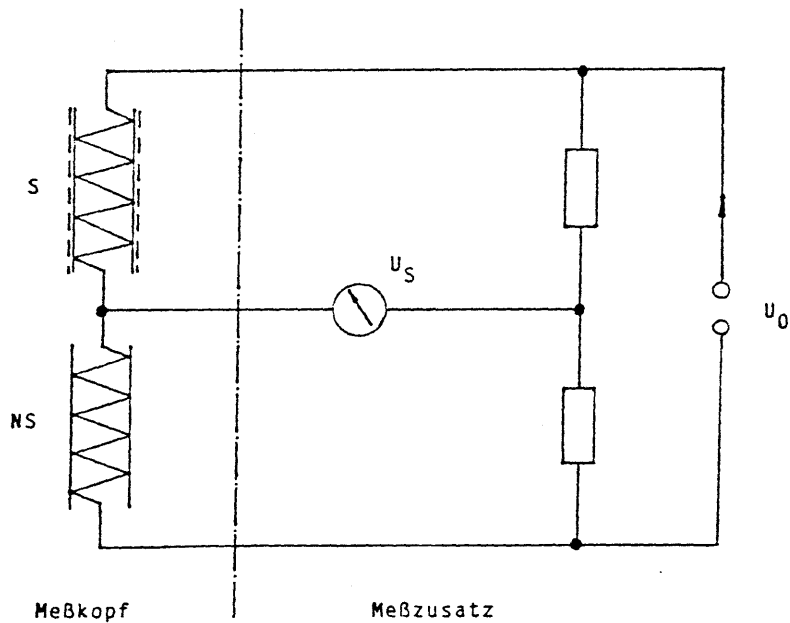


Abb. 3. Schaltschema des Gaswarngerätes (aus /6/)

S = katalytisch aktiver Widerstand

NS = nicht-sensitiver Kompensationswiderstand

U<sub>s</sub> = Signalspannung

U<sub>0</sub> = Versorgungsspannung

Zwischen Temperatur und Konzentration gilt folgende Beziehung:

$$\Delta T = \frac{\Delta H_R}{c_P} C_1$$

$\Delta T$  = Temperaturerhöhung am aktiven Widerstand [K]

$\Delta H_R$  = Reaktionsenthalpie [J/mol]

$c_P$  = Wärmekapazität des aktiven Widerstandes [J/mol\*K]

$C_1$  = Konzentration der Substanz i [Vol%]

Die Temperaturerhöhung  $T$  bewirkt eine Widerstandsänderung am Widerstand  $S$ . Dadurch verändert sich die Brückenspannung  $U_s$ , d. h. das Meßsignal.

Damit ist das Meßsignal auch abhängig von der Konzentration:

$$S_1 = k \cdot C_1$$

$S_1$  = Signal [Vol%]

$k$  = Konstante [1]

$C_1$  = Konzentration [Vol%]

Es können alle brennbaren Gase gemessen werden. Zur vollständigen Verbrennung muß aber der Sauerstoff im Überschuß vorhanden sein.

Der Katalysator kann durch einige Gase wie z. B.  $H_2S$  leicht vergiftet werden, so daß das Gerät nicht mehr richtig anzeigt. Häufiges Nachkalibrieren ist daher nötig.

Der Hersteller des Gaswarngerätes teilt die brennbaren Stoffe nach acht Empfindlichkeitsraten (E) ein (siehe Tab. 2, Spalte 2), von denen die Substanz mit dem stärksten Signal den Wert Acht bekommt. Um das Meßsignal von einer beliebigen Substanz auf das Kalibriergas zu beziehen, werden Faktoren (F) angegeben (Tab. 2, Spalte 3). Die Kehrwerte  $f = 1/F$  stellt die relative Ansprechempfindlichkeit dar:

$$f = \frac{S_1/C_1}{S_{st}/C_{st}}$$

Abb. 4 veranschaulicht die Zahlenwerte.

Tab. 2: Empfindlichkeitsraten und -faktoren explosibler  
Stoffe beim Gaswarngerät

Substanz	E	F	f
Aceton	3	1.00	1.00
Ammoniak	8	0.34	2.94
Benzol	2	1.27	0.79
1,3-Butadien	5	0.64	1.56
Kohlenmonoxid	5	0.64	1.56
Ethan	5	0.64	1.56
Ethanol	3	1.00	1.00
Wasserstoff	6	0.51	1.96
Methan	6	0.51	1.96
Methanol	4	0.80	1.25
Propan	3	1.00	1.00
Toluol	3	1.00	1.00

E	= Empfindlichkeitsrate	[1]
F	= Empfindlichkeitsfaktor	[1]
f	= $1/F$ = Relative Ansprechempfindlichkeit	[1]

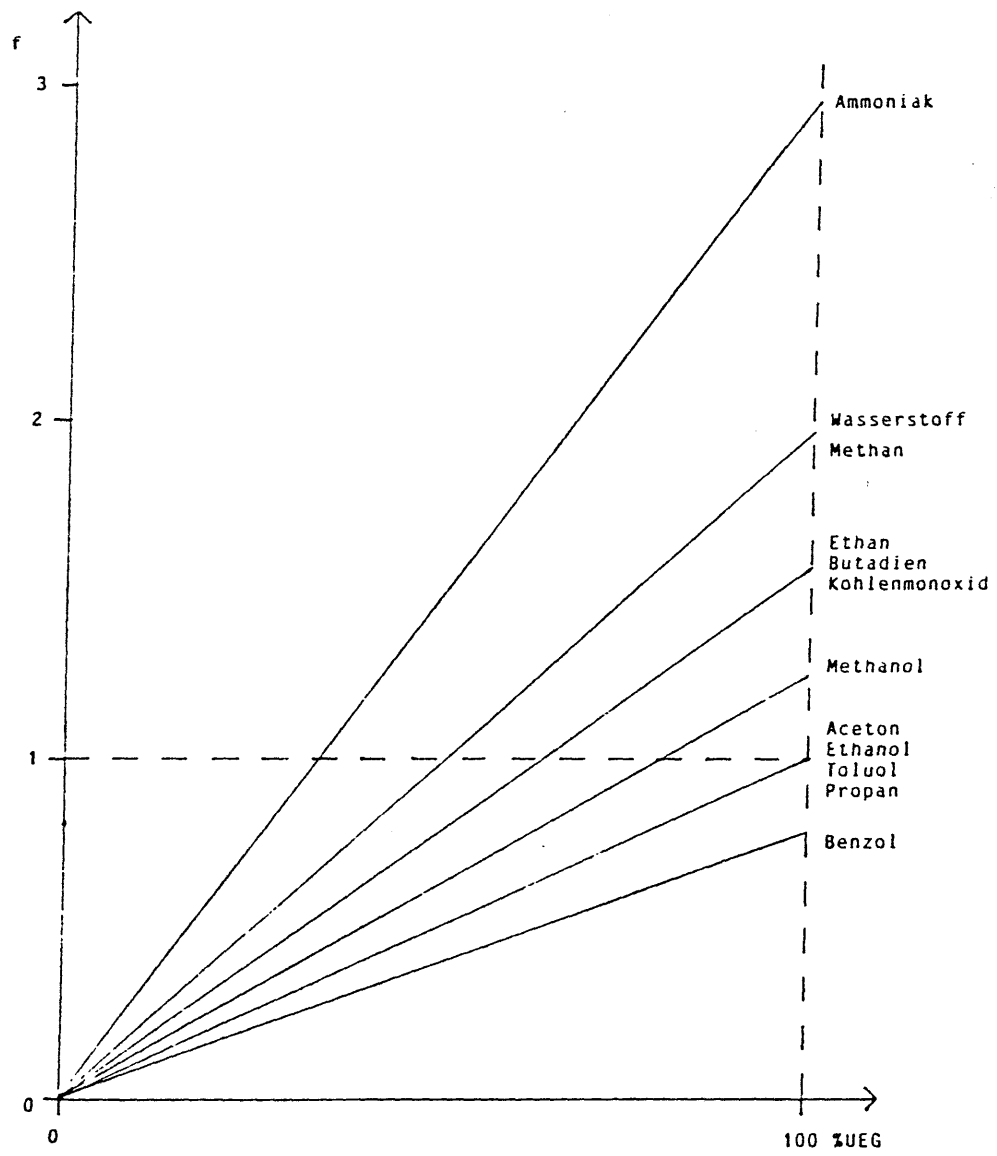


Abb. 4 Substanzabhängige Faktoren des Gaswarngerätes