Betriebsmittelauswahl für Ex-Bereiche

Teil 2: Einflussfaktoren, Zündschutzart, Ex-Kennzeichnung

J. Pester, Markkleeberg

Die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) gibt vor, was bei explosionsgefährdeten Bereichen grundsätzlich zu beachten ist. Nachdem in [1] die Grundlagen der Betriebsmittelauswahl und der Einfluss der Zoneneinstufung im Vordergrund standen, gehen die folgenden Ausführungen auf weitere qualitative Merkmale ein.

1 Einfluss der stofflichen Eigenschaften

Ergänzend zu den in [1] beschriebenen qualitativen Merkmalen hat man auch quantitative Merkmale zu berücksichtigen, die sowohl den gefährdenden Stoff charakterisieren als auch die Betriebsmittel. Stofflich gesehen stellen sie Sollwerte dar. Einige dieser Merkmale sind in Gruppierungen gefasst.

1.1 Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche (Tafel ❶)

Stofflicher Parameter – Gruppierung

- Zündtemperatur – Temperaturklasse
- Normspaltweite – Explosionsgruppe

Temperaturkriterium: Die maximale Oberflächentemperatur eines Betriebsmittels darf allgemein 80 % der Zündtemperatur nicht überschreiten (DIN EN 1127-1), ausgenommen bei Gerätekategorie 3 und bei elektrischen Betriebsmitteln (DIN EN 60 079-0, bis 100 %)

1.2 Betriebsmittel für staubexplosionsgefährdete Bereiche

Stofflicher Parameter – Gruppierung

- Zündtemperatur – keine Gruppierung
- Glimmtemperatur – keine Gruppierung

Hier sind zwei Kriterien zu beachten:
a) 2/3 der Zündtemperatur und/oder
b) Glimmtemperatur, vermindert um 75 K.
Maßgebend ist der kleinere der sich jeweils ergebenden Werte. Diesen Wert darf die maximale äußerliche Oberflächentemperatur der Betriebsmittel nicht überschreiten. Wenn sich auf einem Betriebsmittel Staubablagerungen von mehr als 5 mm Dicke einstellen können, ist die maximale Oberflächentemperatur weiter zu vermindern (DIN EN 1127-1, für elektrische Betriebsmittel konkretisiert in DIN EN 60 241-14/VDE 0165-2).

Autor
Johannes Pester, Markkleeberg, ist Obmann des AK „Ex-Elektroanlagen“ im VDE-BV Leipzig/Halle, Mitarbeiter im AK „Brand- und Explosionsschutz“ des VDSI und Gast im K 235 der DKE.

1.3 Außerdem bei 1.1 als auch bei 1.2

Stofflicher Parameter – Gruppierung

- Mindestzündenergie – keine (korreliert mit der Explosionsgruppe)
- Mindestzündstrom – keine (korreliert mit der Explosionsgruppe)

„Kriterien: abhängig vom Anwendungsfall (Norm), maßgebend für spezielle Zündschutzmaßnahmen, z. B. bei eigensicheren Stromkreisen und/oder Systemen, Schutz gegen elektrostatische Aufladungen.
Tafel ❷ informiert über wesentliche Begriffe.

2 Einfluss der Zündschutzart

Als „Zündschutzart“ werden die besonderen Maßnahmen bezeichnet, die an einem Betriebsmittel getroffen sind, um die Zündung einer umgebenden explosionsfähigen Atmosphäre oder einer Staubauflage zu verhindern. Mit anderen Worten: eine Zündschutzart umfasst

- spezielle Zündschutzmaßnahmen der konstruktiven Gestaltung,
- die an einem Betriebsmittel äußerlich und/oder innerhalb
- auf elektrische und mechanische Art sowie in der Materialauswahl getroffen werden,
- um ein bestimmtes Niveau des Ex-Schutzes zu erreichen.

Tafel ❸ fasst zusammen, welche Zündschutzarten bisher genormt sind und welche weiteren Zündschutzarten nur für nichtelektrische Betriebsmittel in Frage kommen. Die meisten bedürfen für ihre Wirksamkeit keiner zusätzlicher Maßnahmen.
Nicht alle Zündschutzarten haben das gleiche Sicherheitsniveau und nicht jede eignet sich auch für jede Betriebsmittelart. Zumeist entscheidet der Hersteller darüber, welche Zündschutzmaßnahmen der Charakteristik des jeweiligen Betriebsmittels am besten entsprechen. Erheblichen Einfluss darauf haben die Bedingungen für das erforderliche Sicherheitsniveau (Gerätekategorie).
Nur wenige Arten elektrischer Betriebsmittel stehen teilweise in zwei oder mehreren Zündschutzarten zur Verfügung, so z. B. Elektromotoren und Leuchten in „e“, „d“ oder „p“. Dann kommt es auf die betrieblichen Einsatzbedingungen an, welche Ausführung den Vorzug verdient.
Einige davon erreichen ihr Ziel erst mit komplettierenden anlagetechnischen Maßnahmen. Das gilt für die Zündschutzarten Eigen-

Tafel ❶ Auswahl explosionsgeschützter Betriebsmittel der Gruppe II, Auswahl nach Temperaturklassen und Explosionsgruppen brennbarer Gase und Dämpfe

Temperaturklasse	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Zündtemperatur in °C	>450	>300	>200	>135	>100	>85
Maximal zul. Oberflächentemperatur in °C [1]	450	300	200	135	100	85
Beispiele	Propan Methan Ammoniak	Ethylen Alkohole Acetylen	Benzine Lösemittel	Ethylether	–	Schwefelkohlenstoff

Explosionsgruppe	IIA	IIB	IIC
Normspaltweite [2] in mm	> 0,9	≥ 0,5 bis 0,9	< 0,5
Mindestzündstromverhältnis [3]	> 0,8	≥ 0,45 bis 0,8	< 0,45
Beispiele	Propan Benzine Lösemittel Alkohole	Ethylether Ethylen Stadtgas (Alkohole)	Acetylen Wasserstoff Schwefelkohlenstoff

Auswahlkriterium:
Das auszuwählende Betriebsmittel muss mindestens der stofflich vorgegebenen Temperaturklasse und/oder Explosionsgruppe entsprechen

Erläuterungen

[1] Für nichtelektrische Geräte gemäß DIN EN 1127-1 begrenzt auf 80 % der Zündtemperatur
[2] MESG (maximale experimentelle Normspaltweite)
[3] MIC-Verhältnis; Verhältnis des Mindestzündstroms des brennbaren Stoffes zum Mindestzündstrom von Methan, ermittelt nach DIN EN 60 079-11
Zumeist genügt einer der beiden Werte, um die Explosionsgruppe zu bestimmen. Ausnahmen: bei MIC zwischen 0,45 und 0,5 oder 0,8 und 0,9 sowie bei MESG zwischen 0,5 und 0,55

Tafel ❷ Wesentliche Begriffe für die Auswahl von Ex-Betriebsmitteln

Begriff, Norm	Definition
Zündtemperatur DIN EN 60079-0 (Gas) DIN EN 61241-0 (Staub)	Niedrigste Temperatur, bei der sich ein Brennstoff/Luft-Gemisch unter festgelegten Bedingungen entzündet, als Mindestwert entweder für explosionsfähige Gas- oder Staubatmosphäre
Normspaltweite DIN EN 60079-1	Kennzeichnet die Zünddurchschlagfähigkeit aus einem Gehäusespalt heraus unter festgelegten Prüfbedingungen (MESG – maximale experimentelle Normspaltweite, teilweise noch als Grenzspaltweite bezeichnet, bisher nur für Gase u. Dämpfe genormt)
Glimmtemperatur DIN EN 61241-0 DIN EN 61241-14	Mindestzündtemperatur einer 5 mm dicken Staubschicht auf einer Wärmeplatte unter festgelegten Prüfbedingungen
Maximale Oberflächentemperatur DIN EN 60079-0 DIN EN 61241-0	Höchste Temperatur, die von einem Betriebsmittel an irgendeinem Teil der Oberfläche unter festgelegten ungünstigsten Bedingungen erreicht wird
Mindestzündenergie BGR 132	Kleinste Energie eines kapazitiven elektrischen Stromkreises, dessen Entladungsfunken ein definiertes Brennstoff/Luft-Gemisch entzünden – steht im Zusammenhang mit dem Mindestzündstrom
Mindestzündstrom (MIC-Verhältnis) DIN EN 60079-11	Mindestzündstrom eines Stoffes im Verhältnis zu Methan, dient auch zur Einordnung in eine Explosionsgruppe (Mindestzündenergie und Mindestzündstrom bisher nur für Gase und Dämpfe genormt)

sicherheit „i“, Überdruckkapselung „p“, partiell auch für Erhöhte Sicherheit „e“ sowie „nL“ und „nZ“. In diesen Fällen empfiehlt es sich, vor der Wahl eines solchen Betriebsmittels zu prüfen, welche Folgerungen für das Errichten und Betreiben damit verbunden sind. Die Zündschutzart „o“ ist zwar noch genormt, jedoch kaum mehr anzutreffen.

3 Einfluss des Berührung-, Staub- und Wasserschutzes

Die IP-Schutzart gemäß DIN VDE 0470-1 umfasst Schutzmaßnahmen gegen das Eindringen von festen Gegenständen, Staub und Wasser an den Gehäusen elektrischer Betriebsmittel.

Teils hat die Dichtheit gegen das Eindringen von außen wesentlichen Anteil an der Wirksamkeit des apparativen Ex-Schutzes – besonders bei Anwendung der Maßnahme „Schutz durch Gehäuse“ – teils aber auch nicht, wenn z. B. die tragenden Zündschutzarten energiebegrenzend wirken (Eigensicherheit „i“ oder „nL“).

Im ersteren Fall sind die mindestens erforderlichen IP-Schutzarten in die Normierung des apparativen Ex-Schutzes einbezogen, im zweiten Fall sind sie in den Errichtungsnormativen festgelegt.

Ein Auswahlkriterium ist die IP-Schutzart demnach nur für elektrische Betriebsmittel, die entweder

- in den Elektro-Errichtungsnormen (DIN EN ... VDE 0165-1 und -2) konkret benannt sind oder
- die auf Grund besonderer äußerer Belastung durch Staub oder Wasser mit erhöhter IP-Schutzart ausgewählt werden müssen.

Bei elektrischen Betriebsmitteln zur Verwendung in staubexplosionsgefährdeten Bereichen ist die IP-Schutzart differenziert einbezogen in die Auswahlbedingungen für die Zonen (IP 5X bis IP 6X, Bedingungen der jeweiligen Gerätekategorie).

4 Weitere stoffliche und andere Eigenschaften

4.1 Mehrere gefährdende Stoffe

Wenn die explosionsfähige Atmosphäre von mehr als einem Stoff ausgehen kann, bildet immer die jeweils schärfste Kennzahl das maßgebende Merkmal für die Auswahl des Betriebsmittels, z. B. bei Explosionsgefahr durch Wasserstoff (Temperaturklasse T1, Explosionsgruppe IIC) und Erdöl (Temperaturklasse T3, Explosionsgruppe IIB) – T3 IIC.

Beim Vorliegen hybrider Gemische – d. h., wenn die beteiligten Stoffe unterschiedliche Aggregatzustände aufweisen, z. B. Gas/Staub/Luft-Gemische oder Gas/Aerosol/Luft-Gemische – können die Explosionswirkungen stärker sein als die Gemischwirkung der schärfsten Komponente. In diesem Fall müssen die maßgebenden Kennzahlen jeweils speziell ermittelt werden.

4.2 Leitungen

Rohrleitungen und elektrische Kabel und Leitungen

- werden in den Normativen des Ex-Schutzes nicht als „Geräte“ bzw. Betriebsmittel wie z. B. Motoren oder Leuchten behandelt, d. h., sie
- unterliegen nicht der für Betriebsmittel normierten Kennzeichnung (Betriebsmittelkategorie, Temperaturklasse usw.)

Sie können also nicht danach ausgewählt werden, müssen jedoch ebenso sicher betrieben werden können.

Leitungen, die in explosionsgefährdeten Bereichen betrieben werden sollen, sind vom Errichter jeweils gegen gefährdende Stoffe als auch gegen das Auftreten von Zündgefahren zu schützen, z. B. durch sachgerechte Bemessung, Abdichtung, durch Potentialausgleich und Erdung. Den Maßstab dafür bilden grundsätzlich die Sicherheitsbedingungen der jeweiligen Zone (dementsprechende Gerätekategorie, hierzu siehe [1] Tafel ❶).

4.3 Spezielle Einflüsse

Bei der Auswahl von Betriebsmitteln zum Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen sind weitere Anforderungen, Einschränkungen und mitunter auch Erleichterungen zu berücksichtigen, die sich aus der speziellen Situation ergeben können, so z. B.,

- wenn am Einsatzort keine „atmosphärischen Bedingungen“ vorliegen,
- bei ortsveränderlichem Einsatz, in Verbindung mit Bestandsschutz,
- in den Sicherheitsbestimmungen in der jeweiligen Betriebsanleitung,
- in ausländischen Bestimmungen oder
- durch vielfältige anderweitige Einflüsse.

Dazu kann an dieser Stelle nur auf die Fachliteratur verwiesen werden.

Die Verantwortung für die Anlagensicherheit obliegt dem Betreiber. Deshalb empfiehlt es sich für Planer und Errichter, die Betriebsmittelauswahl mit dem Betreiber oder Auftraggeber konkret abzustimmen.

5 Ex-Kennzeichnung für Betriebsmittel

Mit Bezug auf RL 94/9/EG schreibt die ExVO im § 4 vor, dass nur vorschriftsmäßig gekennzeichnete Betriebsmittel in Verkehr gebracht werden dürfen. Eine IEC entsprechende Kennzeichnung würde also allein (noch) nicht genügen, wäre aber zusätzlich zur ATEX-Kennzeichnung nicht zu beanstanden.

Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche werden vom Hersteller nach ATEX (Richtlinie 94/9/EG, Anhang II) gekennzeichnet mit

- den grundsätzlichen Merkmalen für Konformität mit europäischem Recht, bestehend aus dem CE-Zeichen, dem Symbol Ex, den Buchstaben EEx oder Ex, der Gerätegruppe und der Gerätekategorie,
- den zusätzlichen erforderlichen Merkmalen, die den apparativen Ex-Schutz qualifizieren, bestehend aus der Angabe der Zündschutzart, der Explosionsklasse, der Temperaturklasse oder der maximalen Oberflächentemperatur sowie

Tafel ❸ Betriebsmittel zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen – Übersicht über genormte Zündschutzarten (kursiv: Entwurf bzw. in Beratung)

Art	elektrisch	nichtelektrisch	
Grundnorm	DIN EN 60 079 - 0 VDE 0170/0171-1	DIN EN 13 463-1	
Zündschutzart-normen	DIN EN 60 079 -1 ff VDE 0170/0171-2 ff	DIN EN 13 463-2 ff	
Bezeichnung der Zündschutzart	• Ölkapselung „o“ • Überdruckkapselung „p“ • Sandkapselung „q“ • Druckfeste Kapselung „d“ • Erhöhte Sicherheit „e“ • Eigensicherheit „i“ mit „ia“ und „ib“ • Vergusskapselung „m“ mit „ma“ und „mb“ • Eigensichere elektrische Systeme „i“ • Zündschutzart „n“ mit – nicht funkend – „nA“ – funkend – „nC“ – schwadensicher – „nR“ – energiebegrenzt – „nL“ [1] – vereinfacht – überdruckgekapselt – „nZ“ [2]	• Flüssigkeitskapselung „k“ • Überdruckkapselung „p“ • Druckfeste Kapselung „d“ • Sichere Bauweise „c“ • *Eigensicherheit „i“* • Schwadenhemmende Kapselung„fr“ • *Zündquellenüberwachung „b“*	
Staubexplosionsschutz elektrischer Betriebsmittel			
Zündschutzart-normen	DIN EN 61 241-1 VDE 0170/0171-15-1-1	DIN EN 61 241-4 VDE ... -15-4	DIN EN 61 241-18 VDE ... -15-18
Bezeichnung der Zündschutzart	Schutz durch Gehäuse (Begrenzung der Oberflächentemperatur) „tD“	*Überdruck-kapselung „pD“*	*Verguss-kapselung „mD“*

Auswahlkriterien:

- Gerätekategorie(n) des Betriebsmittels (Herstellerangabe)
- betriebliche Festlegung, sofern das Betriebsmittel mit gleicher Gerätekategorie in unterschiedlichen Zündschutzarten verfügbar ist

[1] künftig zur Zündschutzart „i“ gehörend als „ic“
[2] künftig zur Zündschutzart „p“ gehörend als „pz“

- weiteren administrativen Angaben (Hersteller, Seriennummer u. a.)

gegebenenfalls auch mit speziellen Anwendungsbedingungen.

Die Kennzeichnung erfolgt auf dem Typschild sowie in der Dokumentation. Sie umfasst die in den vorangegangenen Abschnitten beschriebenen Merkmale, d. h., die jeweils zutreffenden Gruppierungen, die Kurzzeichen der angewendeten Zündschutzart(en) und eventuell weitere ergänzende Kennzeichen, die dazu dienen, die Eignung eines Betriebsmittels zu präzisieren. Besonders zu erwähnen sind

- Kennbuchstabe X am Schluss der Kennzeichenkette:
  In der Betriebsanleitung sind einschränkende Bedingungen für die Anwendung festgelegt
- Kennbuchstabe U:
  Es handelt sich um eine „Komponente“, d. h., ein zum Einbau bestimmtes Teil (unvollständiges Betriebsmittel), das kein Ex-Zeichen trägt und für sich allein nicht verwendet werden darf.
- Angaben in eckiger Klammer, z. B. [EEx ib]: Trägt ein solches Betriebsmittel kein Ex-Zeichen, dann darf es sich nicht im Ex-Bereich befinden, aber mit Betriebsmitteln im Ex-Bereich verbunden sein.
- Temperaturangaben:
  – Bei Betriebsmitteln mit Gasexplosionsschutz (Gruppe IIG) kann anstelle der Temperaturklasse oder zusätzlich ein Temperaturwert stehen.
  – Bei Betriebsmitteln mit Staubexplosionsschutz (Gruppe IID, keine Temperaturklassen) wird damit die maximale Oberflächentemperatur angegeben.

Diese Temperaturwerte dürfen die stofflich vorgegebenen Grenzwerte nicht überschreiten.

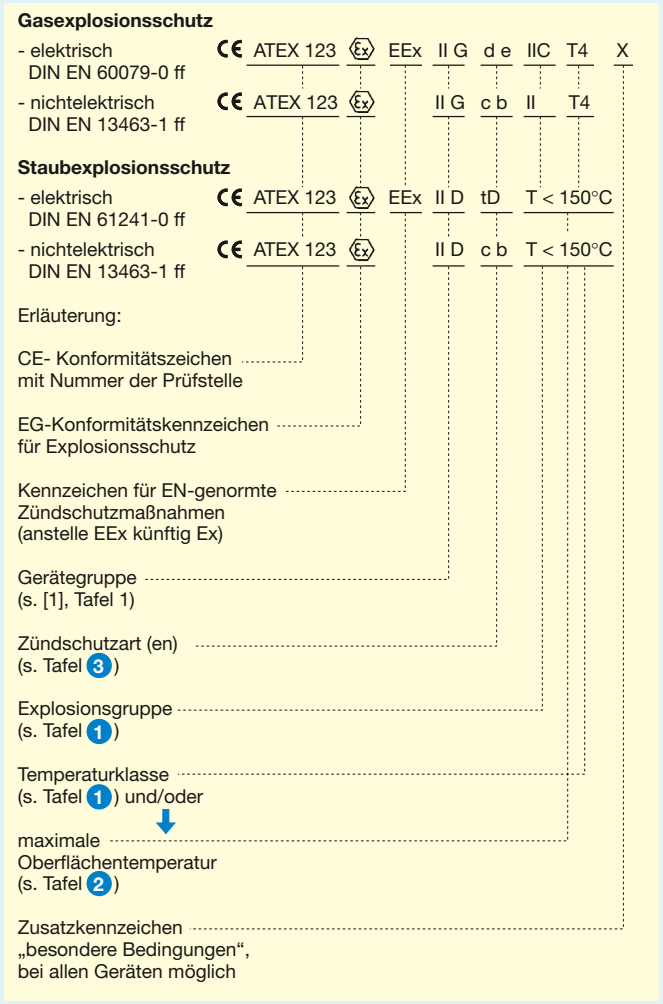
Wenn komplette Aggregate auszuwählen oder aus elektrischen und nichtelektrischen Bauteilen zu komplettieren sind, müssen natürlich nicht nur die elektrischen, sondern alle Bauteile den erforderlichen Ex-Schutz aufweisen.

Elektrische und nichtelektrische Kennzeichnungen bleiben voneinander getrennt.

Bild ❶ demonstriert die Reihenfolge der Kennzeichen.

6 Informationsquellen

Dass der erforderliche Ermittlungsaufwand für die auszuwählenden Betriebsmittel stark von Art und Umfang der jeweiligen Anlage abhängt, ist verständlich. Wo nur irgendwo ein defektes



❶ Kennzeichnung explosionsgeschützter Betriebsmittel am Beispiel eines Motors und einer Pumpe

Betriebsmittel ausgewechselt werden soll, genügt es mitunter schon, das Typschild abzuschreiben, während bei einer kompletten Anlage auch die Installationsbedingungen einbezogen werden müssen. Auf dies alles hier näher einzugehen ist nicht möglich.

Auf die dafür wesentlichen Normen wurde schon hingewiesen. Eine Auswahl weiterführender Ausführungen ist der Literatur zu entnehmen. Namhafte Hersteller von Ex-Betriebsmitteln halten Firmenschriften mit ausführlichen Fachinformationen bereit.

7 Fazit

Wer sich nicht so oft mit der Auswahl von Betriebsmitteln für explosionsgefährdete Bereiche befassen muss, sieht sich einer Vielzahl von Vorschriften gegenüber und sucht einen Wegweiser für den Einstieg.
Es wurde dargestellt, welche Informationen vorliegen müssen, damit Betriebsmittel zum Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen nach aktuellen europäischen Grundsätzen optimal ausgewählt werden können, welche Merkmale des Explosionsschutzes die Auswahl bestimmen und was das betriebliche Explosionsschutzdokument dazu vorgibt.

Literatur

[1] *Pester, J.*: Betriebsmittelauswahl für Ex-Bereiche – Grundlagen, Betriebsmittelauswahl, Zoneneinteilung. Elektropraktiker, Berlin 59 (2005) 10, S.794-797
[2] *Wettingfeld, J.*: Elektrischer Explosionsschutz nach DIN VDE 0165. VDE-Schriftenreihe Nr. 65, 3. Auflage. Berlin/Offenbach: VDE-Verlag 2005.
[3] *Pester,, J.*: Explosionsschutz elektrischer Anlagen – Fragen und Antworten. Elektropraktiker-Bibliothek, 2. Auflage. Berlin: Huss Medien GmbH, Verlag Technik 2005.
[4] *Olenik, H.* u. a.: Elektroinstallation und Betriebsmittel in explosionsgefährdeten Bereichen. Heidelberg: Hüthig & Pflaum Verlag 2000.
[5] *Greiner, H.*: Explosionsschutz bei nichtelektrischen Geräten. Elektropraktiker, Berlin 59 (2005)1, S. 46-51.
[6] BGR 104 – Explosionsschutz-Regeln, (EX-RL) Nichtelektrischer Explosionsschutz, Schutzmaßnahmen; Explosionsschutzdokument. 69207 Sandhausen: Werbedruck der Fa. Winter.
[7] *Hesener, U.; Hübner, J.*: Beurteilung der Explosionsgefährdung nach Betriebssicherheitsverordnung – Erste Praxiserfahrungen. Technische Überwachung, Düsseldorf: 46(2005)1/2, S. 10-14.
[8] *Dyrba, B.*: Quo vadis EX-RL? Technische Überwachung, Düsseldorf 46(2005)1/2, S.24-26.