

Inhalt

Vorwort 5

1 Historie des Explosionsschutzes 15

1.1 Ungefährer chronologischer Ablauf zum Thema Explosionsschutz 17

2 Beurteilung einer Explosionsgefahr 21

2.1 Dispersionsgrad brennbarer Stoffe 22

2.2 Konzentration brennbarer Stoffe 22

2.3 Gefahrdrohende Menge brennbarer Stoffe 23

2.4 Explosionsfähige Atmosphäre durch brennbare Flüssigkeit 23

2.5 Explosionsfähige Atmosphäre durch brennbare Gase, Dämpfe, Nebel
oder Stäube 24

2.6 Wirksame Zündquellen 26

2.7 Explosionsgefahr 27

2.7.1 Gasexplosion 28

2.7.2 Staubexplosion 28

3 Begriffserklärungen 29

4 Grundlagen des Explosionsschutzes 39

4.1 Primärer Explosionsschutz 39

4.1.1 Vermeiden oder Einschränken von brennbaren Stoffen 40

4.1.2 Heraufsetzen des Flammpunkts 40

4.1.3 Heruntersetzen der Verarbeitungstemperatur 41

4.1.4 Konzentrationsbegrenzung 41

4.1.5 Inertisierung 41

4.1.6 Lüftung 42

4.2 Sekundärer Explosionsschutz 42

4.3 Tertiärer Explosionsschutz 44

4.3.1 Explosionsfeste Bauweise 45

4.3.2 Explosionsdruckentlastung 45

4.3.3 Explosionsunterdrückung 46

4.3.4 Verhindern der Explosionsübertragung 46

4.3.5 Flammendurchschlagsichere Einrichtung 47

| | | |
|----------|--|-----------|
| 5 | EG-Ex-Richtlinien | 49 |
| 5.1 | Richtlinie 94/9/EG (ATEX 95) | 52 |
| 5.1.1 | Anwendungsbereich | 55 |
| 5.1.2 | Gegenüberstellung: RL 94/9/EG ↔ RL 79/196/EWG ↔ VDE „alt“ | 56 |
| 5.1.3 | Grundlegende Anforderungen | 61 |
| 5.1.4 | Gerätegruppen und Kategorien | 62 |
| 5.1.5 | Inverkehrbringen von Produkten bzw. Bereitstellung auf dem Markt. | 63 |
| 5.1.6 | Konformitätsbewertungsverfahren | 64 |
| 5.1.7 | CE- und Ex-Kennzeichnung auf Geräten, Schutzsystemen und Komponenten. | 66 |
| 5.1.8 | Gegenüberstellung: RL 94/9/EG ↔ RL 79/117/EWG | 69 |
| 5.1.9 | Betriebsanleitung | 71 |
| 5.2 | Explosionsschutzverordnung (11. ProdSV) | 72 |
| 5.3 | EG-Richtlinie 1999/92/EG (ATEX 137) | 74 |
| 5.3.1 | Zoneneinteilung explosionsgefährdeter Bereiche | 75 |
| 5.3.2 | Gasexplosionsschutz | 76 |
| 5.3.3 | Staubexplosionsschutz | 76 |
| 5.3.4 | Staubexplosionsschutz (alt) | 77 |
| 5.3.5 | Medizinisch genutzte Räume | 77 |
| 5.3.6 | Explosionsschutzregeln EX-RL mit Beispielsammlung (DGUV-Regel 113-001) | 78 |
| 5.3.7 | IEC/CENELEC ↔ NEC | 79 |
| 5.3.8 | CENELEC ↔ NEC (Zone + Explosionsgruppe ↔ Class + Division + Group) | 80 |
| 5.3.9 | CENELEC ↔ NEC (Zündtemperaturen und Temperaturklassen) | 81 |
| 5.3.10 | CENELEC ↔ IEC (Normen ↔ Standards) | 82 |
| 5.4 | Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) | 83 |
| 5.4.1 | Anwendungsbereich | 84 |
| 5.4.2 | Minimierung und Beurteilung der Explosionsrisiken | 85 |
| 5.4.3 | Begriffsbestimmungen | 85 |
| 5.4.4 | Gefährdungsbeurteilung | 86 |
| 5.4.5 | Organisatorische Maßnahmen | 87 |
| 5.4.6 | Explosionsschutzmaßnahmen | 88 |
| 5.4.7 | Explosionsschutzdokument | 90 |
| 5.4.8 | Betrieb von überwachungsbedürftigen Anlagen | 91 |
| 5.4.9 | Prüfung von überwachungsbedürftigen Anlagen | 91 |
| 5.4.10 | Prüfstelle und Prüfpersonal für überwachungsbedürftige Anlagen | 92 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 6 | Elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen | 95 |
| 6.1 | Errichten einer elektrischen Anlage im explosionsgefährdeten Bereich | 96 |
| 6.1.1 | Anlagen in gasexplosionsgefährdeten Bereichen | 97 |
| 6.1.2 | Anlagen in staubexplosionsgefährdeten Bereichen | 98 |
| 6.1.3 | Sicherheitstechnische Kenngrößen | 98 |
| 6.1.4 | IP-Schutzgrade bei explosionsgeschützten Geräten | 100 |
| 6.1.5 | Kennzeichnung harmonisierter Kabel und Leitungen | 103 |
| 6.2 | Auswahl elektrischer Geräte für gasexplosionsgefährdete Bereiche | 105 |
| 6.2.1 | Geräte der Gruppe II und Kategorie 1G (Einsatz für Zone 0) | 106 |
| 6.2.2 | Geräte der Gruppe II und Kategorie 2G (Einsatz für Zone 1) | 107 |
| 6.2.3 | Geräte der Gruppe II und Kategorie 3G (Einsatz für Zone 2) | 108 |
| 6.2.4 | Sonderanfertigung gemäß Explosionsschutzverordnung – ExVO; § 4 Abs. 5 (11. ProdSV) | 110 |
| 6.2.5 | Explosionsgruppen (Funkenzündung) | 111 |
| 6.2.6 | Temperaturklassen (Thermozündung) | 114 |
| 6.2.7 | Explosionsgruppen und Temperaturklassen einiger brennbarer Stoffe | 115 |
| 6.2.8 | Sicherheitstechnische Kennzahlen einiger brennbarer Gase, Dämpfe und Nebel | 116 |
| 6.2.9 | Kennzeichnung gasexplosionsgeschützter elektrischer Geräte | 116 |
| 6.3 | Installation elektrischer Anlagen in gasexplosionsgefährdeten Bereichen | 117 |
| 6.3.1 | Berührungsschutz | 117 |
| 6.3.2 | Potentialausgleich | 117 |
| 6.3.3 | Blitzschutzanlage | 120 |
| 6.3.4 | Schutz gegen elektrostatische Aufladung bei Geräten der Gruppe II | 120 |
| 6.3.5 | Zündgefahr durch optische Strahlung | 122 |
| 6.3.6 | Elektrische Schutz- und Überwachungseinrichtungen | 125 |
| 6.3.7 | Notabschaltung und Freischalten | 126 |
| 6.3.8 | Kabel und Leitungen | 126 |
| 6.4 | Auswahl elektrischer Geräte für staubexplosionsgefährdete Bereiche | 127 |
| 6.4.1 | Geräte der Gruppe III und Kategorie 1D (Einsatz für Zone 20) | 130 |
| 6.4.2 | Geräte der Gruppe III und Kategorie 2D (Einsatz für Zone 21) | 131 |
| 6.4.3 | Geräte der Gruppe III und Kategorie 3D (Einsatz für Zone 22) | 131 |
| 6.4.4 | Zündtemperaturen (Staubwolke) | 132 |
| 6.4.5 | Glimmtemperaturen (Staubschicht) | 132 |
| 6.4.6 | Selbstentzündungstemperatur | 134 |
| 6.4.7 | Staubdichtigkeit bei Gehäusen | 135 |
| 6.4.8 | Kennzeichnung staubexplosionsgeschützter Geräte | 135 |
| 6.5 | Installation elektrischer Anlagen in staubexplosionsgefährdeten Bereichen | 136 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 6.5.1 | Auswahl einiger brennbarer Stäube (Zündtemperaturen + Glimmtemperaturen) | 137 |
| 6.5.2 | Schutz gegen elektrostatische Aufladung bei Geräten der Gruppe III. . | 138 |
| 6.5.3 | Dichtungen. | 139 |
| 6.5.4 | Außenbelüftung elektrischer Maschinen. | 139 |
| 6.5.5 | Kabel und Leitungen | 140 |
| 6.6 | Inbetriebnahme einer Anlage. | 141 |
| 6.6.1 | Betrieb | 142 |
| 6.6.2 | Erhaltung des ordnungsgemäßen Zustands | 142 |
| 6.6.3 | Wartung und Instandhaltung einer Anlage. | 142 |
| 6.6.4 | Vorschriften, Bestimmungen und Normen | 143 |
| 6.6.5 | Besondere Sicherheitsmaßnahmen | 145 |
| 6.6.6 | Vermeidung von Funkenbildung | 145 |
| 6.6.7 | Erlaubnisschein für Arbeiten in explosionsgefährdeten Bereichen. . . | 148 |
| 6.7 | Instandsetzung einer Anlage | 149 |
| 6.8 | Instandsetzung explosionsgeschützter Geräte | 153 |
| 6.9 | Installationsbescheinigung. | 155 |
| 6.10 | Ständige Überwachung | 155 |
| 7 | Anlagen mit eigensicheren Stromkreisen | 157 |
| 7.1 | Auswahl der eigensicheren Geräte | 157 |
| 7.2 | Besondere Bedingungen in eigensicheren Stromkreisen. | 158 |
| 7.3 | Kabel und Leitungen für eigensichere Stromkreise. | 158 |
| 7.4 | Fehlerbetrachtung bei mehradrigen Kabeln und Leitungen | 160 |
| 7.5 | Zusammenschaltung eigensicherer Stromkreise | 160 |
| 8 | Elektrische Antriebe – Elektromotoren | 163 |
| 9 | Elektrische Heizeinrichtungen | 167 |
| 10 | Leuchten und Lampen | 169 |
| 11 | Explosionssgeschützte elektrische Geräte | 171 |
| 11.1 | Vorschriften und Bestimmungen | 171 |
| 11.2 | Qualitätssicherungssystem, Geräteschutzniveau (EPL) und Kennzeichnungen | 172 |
| 11.2.1 | Konformitätsbewertungsverfahren | 172 |
| 11.2.2 | Geräteschutzniveau (EPL) elektrischer Geräte | 174 |
| 11.2.3 | Ex-Kennzeichnung an gasexplosionssgeschützten elektrischen Geräten | 175 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 11.2.4 | Ex-Kennzeichnung an staubexplosionsgeschützten elektrischen Geräten. | 177 |
| 11.3 | Zündschutzarten in gasexplosiongefährdeten Bereichen. | 178 |
| 11.3.1 | Ölkapselung „o“ – DIN EN 60079-6 (VDE 0170-2) | 179 |
| 11.3.2 | Überdruckkapselung „p“ – DIN EN 60079-2 (VDE 0170-3) | 179 |
| 11.3.3 | Sandkapselung „q“ – DIN EN 60079-5 (VDE 0170-4) | 180 |
| 11.3.4 | Druckfeste Kapselung „d“ – DIN EN 60079-1 (VDE 0170-5) | 181 |
| 11.3.5 | Erhöhte Sicherheit „e“ – DIN EN 60079-7 (VDE 0170-6) | 182 |
| 11.3.6 | Eigensicherheit „i“ – DIN EN 60079-11 (VDE 0170-7) | 183 |
| 11.3.7 | Vergusskapselung „m“ – DIN EN 60079-18 (VDE 0170-9) | 184 |
| 11.3.8 | Nicht funkend „n“ – DIN EN 60079-15 (VDE 0170-16) | 186 |
| 11.3.9 | Eigensicheres System „i-SYST“ – DIN EN 60079-25 (VDE 0170-10-1) | 187 |
| 11.3.10 | Sonderschutz „s“ – IEC 60079-33. | 191 |
| 11.4 | Zündschutzarten in staubexplosiongefährdeten Bereichen. | 192 |
| 11.4.1 | Schutz durch Gehäuse „tD“ – DIN EN 60079-31 (VDE 0170-15-1) .. | 192 |
| 11.4.2 | Überdruckkapselung „pD“ – DIN EN 60079-2 (VDE 0170-3), vormalig DIN EN 61241-4 (VDE 0170-15-4) | 194 |
| 11.4.3 | Eigensicherheit „iD“ – DIN EN 60079-11 (VDE 0170-7), vormalig DIN EN 61241-11 (VDE 0170-15-11) | 195 |
| 11.4.4 | Vergusskapselung „mD“ – DIN EN 60079-18 (VDE 0170-9), vormalig DIN EN 61241-18 (VDE 0170-15-18) | 197 |
| 12 | Explosionsgeschützte nicht elektrische Geräte. | 199 |
| 12.1 | Vorschriften und Bestimmungen. | 199 |
| 12.2 | Nicht elektrische Geräte in explosionsgefährdeten Bereichen. | 200 |
| 12.2.1 | Schwadenhemmende Kapselung „fr“ – DIN EN 13463-2 | 203 |
| 12.2.2 | Druckfeste Kapselung „d“ – DIN EN 13463-3 | 203 |
| 12.2.3 | Konstruktive Sicherheit „c“ – DIN EN 13463-5 | 204 |
| 12.2.4 | Zündquellenüberwachung „b“ – DIN EN 13463-6 | 204 |
| 12.2.5 | Flüssigkeitskapselung „k“ – DIN EN 13463-8 | 206 |
| 12.2.6 | Kennzeichnung nach Explosionsgruppen und Zündschutzarten. | 206 |
| 12.2.7 | Kennzeichnung sehr kleiner nicht elektrischer explosionsgeschützter Geräte. | 207 |
| 12.2.8 | Kennzeichnung nicht elektrischer explosionsgeschützter Geräte. | 208 |
| 13 | Gebräuchlichste Zündschutzarten in der industriellen MSR-Technik. | 209 |
| 13.1 | Druckfeste Kapselung „d“ – DIN EN 60079-1 (VDE 0170-5) | 209 |
| 13.1.1 | Zünddurchschlagsicherer Spalt. | 210 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 13.1.2 | Gehäusewerkstoff | 211 |
| 13.1.3 | Kabeleinführungen | 211 |
| 13.1.4 | Elektrische Steckverbindungen | 212 |
| 13.2 | Erhöhte Sicherheit „e“ – DIN EN 60079-7 (VDE 0170-6)..... | 212 |
| 13.2.1 | Kabeleinführungen | 213 |
| 13.2.2 | Anschlussklemmen | 213 |
| 13.2.3 | Innere Leiterverbindungen..... | 213 |
| 13.2.4 | Luft- und Kriechstrecken..... | 213 |
| 13.2.5 | Feste Isolierstoffe..... | 214 |
| 13.2.6 | Abzweig- und Verbindungskästen | 215 |
| 13.2.7 | Kombination von Klemmen und Leitern in Abzweig- und Verbindungskästen..... | 215 |
| 13.2.8 | Querschnitte von Kupferleitern | 216 |
| 13.3 | Eigensicherheit „i“ – DIN EN 60079-11 (VDE 0170-7)..... | 217 |
| 13.3.1 | Schutzniveau „ia“ und „ib“ und „ic“ | 218 |
| 13.3.2 | Gehäuse | 218 |
| 13.3.3 | Temperaturen von Verdrahtungen und kleinen Bauteilen | 218 |
| 13.3.4 | Trennabstände an sicherheitsbestimmenden Komponenten | 221 |
| 13.3.5 | Anforderungen an Bauteile, von denen die Eigensicherheit abhängt .. | 222 |
| 13.3.6 | Sicherheitsbarrieren bzw. Zener-Barrieren | 223 |
| 13.3.7 | Prüfung der Durchschlagsfestigkeit (Typprüfung) | 224 |
| 13.3.8 | Prüfung der Spannungsfestigkeit (Stückprüfung) | 224 |
| 13.3.9 | „Fremdartige“ Zusammenschaltung von Ex-i- bzw. Ex-nL-Stromkreisen | 226 |
| 13.4 | Vergusskapselung „m“ – DIN EN 60079-18 (VDE 0170-9)..... | 226 |
| 13.4.1 | Schutzniveau „ma“ und „mb“ und „mc“ | 226 |
| 13.4.2 | Vergussmasse | 227 |
| 13.4.3 | Dauergebrauchstemperatur der Vergussmasse..... | 227 |
| 13.4.4 | Schichtdicke der Vergussmasse | 227 |
| 13.4.5 | Hohlräume im Verguss..... | 228 |
| 13.4.6 | Kabel- und Leitungseinführung im Verguss | 228 |
| 14 | Zusammenschaltung eigensicherer Stromkreise..... | 229 |
| 14.1 | Quellenkennlinie (Strom-/Spannungs-Kennlinie)..... | 230 |
| 14.1.1 | Schaltung mit linearer Quellenkennlinie | 231 |
| 14.1.2 | Schaltung mit trapezförmiger Quellenkennlinie | 232 |
| 14.1.3 | Schaltung mit rechteckförmiger Quellenkennlinie | 233 |
| 14.2 | Ein aktives Gerät im eigensicheren Stromkreis..... | 233 |
| 14.3 | Berechnung der Zuleitungslänge | 234 |
| 14.4 | Mehrere aktive Geräte im eigensicheren Stromkreis..... | 235 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 14.5 | „Einfache“ elektrische Geräte (simple apparatus) | 238 |
| 14.5.1 | Aktive Geräte | 240 |
| 14.5.2 | Passive Geräte (ohne Energiespeicher) | 241 |
| 14.5.3 | Passive Geräte (mit Energiespeicher) | 243 |
| 15 | Nachweis der Eigensicherheit bei Zusammenschaltungen | 245 |
| 15.1 | C_o - und L_o -Parameter für gemischte Ex-i-Stromkreise | 247 |
| 15.2 | C_o - und L_o -Parameter als konzentrierte Energiespeicher | 249 |
| 15.3 | Nachweis der Eigensicherheit mit der 50 %-Regel | 254 |
| 15.4 | Fazit der Ex-i-Zusammenschaltungen | 257 |
| 15.5 | Schaltungsbeispiele mit Beurteilung der Eigensicherheit | 258 |
| 15.5.1 | Schaltungsbeispiel 1 | 258 |
| 15.5.2 | Schaltungsbeispiel 2 | 260 |
| 15.5.3 | Schaltungsbeispiel 3 | 262 |
| 15.5.4 | Schaltungsbeispiel 4 | 264 |
| 15.5.5 | Schaltungsbeispiel 5 | 268 |
| 15.5.6 | Schaltungsbeispiel 6 | 272 |
| 15.5.7 | Schaltungsbeispiel 7 | 274 |
| 15.5.8 | Schaltungsbeispiel 8 | 277 |
| 15.6 | Zündkurventabellen – DIN EN 60079-11 (VDE 0170-7) Anhang A | 280 |
| 15.6.1 | Kapazitiver Stromkreis (Werte für C_o als Funktion von U_o) | 280 |
| 15.6.2 | Induktiver Stromkreis (Werte für L_o als Funktion von I_o) | 283 |
| 15.6.3 | Ohm'scher Stromkreis (Werte für I_o als Funktion von U_o) | 285 |
| 16 | Fallbeispiele mit explosionsgeschützten Geräten | 289 |
| 16.1 | Zusammenschaltungen mit zugehörigen Geräten | 289 |
| 16.2 | Zusammenschaltungen mit eigensicheren Geräten | 289 |
| 16.3 | Verfügbare Leitungslängen in Abhängigkeit der Explosionsgruppen IIC/IIB zu den Schutzniveaus Ex ia/Ex ib | 290 |
| 16.4 | Fallbeispiele von Zusammenschaltungen mit zugehörigen Geräten | 291 |
| 16.5 | Fallbeispiele von Zusammenschaltungen mit eigensicheren Geräten | 297 |
| 17 | Feldbussysteme im explosionsgefährdeten Bereich | 299 |
| 17.1 | Aufbau eines eigensicheren Feldbussystems | 299 |
| 17.2 | Konzept für Feldbusse im explosionsgefährdeten Bereich | 300 |
| 17.3 | Speisegerät des Feldbussystems | 301 |
| 17.3.1 | Zusatzanforderungen für FISCO-Speisegeräte | 301 |
| 17.3.2 | Zusatzanforderungen für FNICO-Speisegeräte | 302 |
| 17.4 | Feldgerät des Feldbussystems | 303 |
| 17.4.1 | Zusatzanforderungen für FISCO-Feldgeräte | 303 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 17.4.2 | Zusatzanforderungen für FNICO-Feldgeräte. | 304 |
| 17.4.3 | Zusatzanforderungen für FISCO-Abschlusswiderstände | 305 |
| 17.4.4 | Zusatzanforderungen für FNICO-Abschlusswiderstände | 305 |
| 17.5 | Anforderungen an das Bussystem | 305 |
| 17.5.1 | Zusatzanforderungen für FISCO-Bussysteme..... | 306 |
| 17.5.2 | Zusatzanforderungen für FNICO-Bussysteme | 306 |
| 17.5.3 | Kennzeichnung von FISCO-Geräten..... | 307 |
| 17.5.4 | Kennzeichnung von FNICO-Geräten | 307 |
| 17.6 | Anwendung anderer Zündschutzarten bei Feldbussystemen..... | 307 |
| 17.7 | Schirmkonzept bei Feldbussystemen..... | 308 |
| 18 | Notifizierte ATEX-Prüfstellen der europäischen Länder | 311 |
| 19 | Notifizierte IECEEx-Prüfstellen außerhalb von Europa | 315 |
| | Literatur | 317 |
| | Abkürzungen und Kurzzeichen | 323 |
| | Stichwortverzeichnis | 327 |