

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 Explosionschutzverordnung – 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 gasexplosionssgeschützter 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 staubexplosionssgeschützter 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	Explosiongeschützte 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 gasexplosiongeschützten elektrischen Geräten	175

11.2.4	Ex-Kennzeichnung an staubexplosionsgeschützten elektrischen Geräten.	177
11.3	Zündschutzarten in gasexplosionsgefährdeten 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 staubexplosionsgefährdeten 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), vormals DIN EN 61241-4 (VDE 0170-15-4)	194
11.4.3	Eigensicherheit „iD“ – DIN EN 60079-11 (VDE 0170-7), vormals DIN EN 61241-11 (VDE 0170-15-11)	195
11.4.4	Vergusskapselung „mD“ – DIN EN 60079-18 (VDE 0170-9), vormals DIN EN 61241-18 (VDE 0170-15-18)	197
12	Explosionsschutz 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 IECEX-Prüfstellen außerhalb von Europa	315
Literatur	317
Abkürzungen und Kurzzeichen	323
Stichwortverzeichnis	327