

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	46
4.3.3 Explosionsunterdrückung	46
4.3.4 Explosionstechnische Entkopplung	46
4.3.5 Flammendurchschlagsichere Einrichtung	47

5	EG- bzw. EU-Ex-Richtlinien	49
5.1	EG-Richtlinie 94/9/EG (ATEX 95) bzw. EU-Richtlinie 2014/34/EU (ATEX 114)	52
5.1.1	Anwendungsbereich	56
5.1.2	Gegenüberstellung: RL 94/9/EG ↔ RL 79/196/EWG ↔ VDE „alt“	57
5.1.3	Grundlegende Anforderungen	62
5.1.4	Gerätegruppen und Kategorien	63
5.1.5	Inverkehrbringen von Produkten bzw. Bereitstellung auf dem Markt.	64
5.1.6	Konformitätsbewertungsverfahren	65
5.1.7	CE- und Ex-Kennzeichnung auf Geräten, Schutzsystemen und Komponenten.	67
5.1.8	Gegenüberstellung: RL 94/9/EG bzw. RL 2014/34/EU ↔ RL 79/117/EWG	70
5.1.9	Betriebsanleitung.	72
5.2	Explosionsschutzprodukteverordnung (11. ProdSV).	73
5.3	EG-Richtlinie 1999/92/EG (ATEX 137) bzw. BetrSichV 2015	75
5.3.1	Zoneneinteilung explosionsgefährdeter Bereiche	76
5.3.2	Gasexplosionsschutz	77
5.3.3	Staubexplosionsschutz.	77
5.3.4	Staubexplosionsschutz (alt)	78
5.3.5	Medizinisch genutzte Räume.	78
5.3.6	Explosionsschutzregeln EX-RL mit Beispielsammlung (DGVV-Regel 113-001).	79
5.3.7	IEC/CENELEC ↔ NEC	80
5.3.8	CENELEC ↔ NEC (Zone + Explosionsgruppe ↔ Class + Division + Group)	81
5.3.9	CENELEC ↔ NEC (Zündtemperaturen und Temperaturklassen)	82
5.3.10	CENELEC ↔ IEC (Normen ↔ Standards)	83
5.4	Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)	84
5.4.1	Anwendungsbereich	85
5.4.2	Minimierung und Beurteilung der Explosionsrisiken	86
5.4.3	Begriffsbestimmungen.	86
5.4.4	Gefährdungsbeurteilung	87
5.4.5	Organisatorische Maßnahmen	88
5.4.6	Explosionsschutzmaßnahmen	89
5.4.7	Explosionsschutzdokument	91
5.4.8	Betrieb von überwachungsbedürftigen Anlagen	92

5.4.9	Prüfung von überwachungsbedürftigen Anlagen.	92
5.4.10	Prüfstelle und Prüfpersonal für überwachungsbedürftige Anlagen.	93
6	Elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen	99
6.1	Errichten einer elektrischen Anlage im explosionsgefährdeten Bereich.	100
6.1.1	Anlagen in gasexplosionsgefährdeten Bereichen	101
6.1.2	Anlagen in staubexplosionsgefährdeten Bereichen.	102
6.1.3	Sicherheitstechnische Kenngrößen	102
6.1.4	IP-Schutzgrade bei explosionsgeschützten Geräten	104
6.1.5	Kennzeichnungen harmonisierter Kabel und Leitungen	107
6.2	Auswahl elektrischer Betriebsmittel/Geräte für gasexplosionsgefährdete Bereiche	109
6.2.1	Gerätegruppe II und Kategorie 1G (Einsatz für Zone 0).	110
6.2.2	Gerätegruppe II und Kategorie 2G (Einsatz für Zone 1).	111
6.2.3	Gerätegruppe II und Kategorie 3G (Einsatz für Zone 2).	112
6.2.4	Sonderanfertigung gemäß Explosionsschutzprodukteverordnung – ExVO; § 4 Abs. 5 (11. ProdSV).	114
6.2.5	Explosionsgruppen (Funkenzündung).	115
6.2.6	Temperaturklassen (Thermozündung).	118
6.2.7	Explosionsgruppen und Temperaturklassen einiger brennbarer Stoffe	119
6.2.8	Sicherheitstechnische Kennzahlen einiger brennbarer Gase, Dämpfe und Nebel.	120
6.2.9	Kennzeichnung gasexplosionssgeschützter elektrischer Betriebsmittel/ Geräte.	120
6.3	Installation elektrischer Anlagen in gasexplosionsgefährdeten Bereichen.	121
6.3.1	Berührungsschutz	121
6.3.2	Potentialausgleich	121
6.3.3	Blitzschutzanlage.	124
6.3.4	Schutz gegen elektrostatische Aufladung bei Geräten im Gas-Ex-Bereich.	124
6.3.5	Zündgefahr durch optische Strahlung	127
6.3.6	Elektrische Schutz- und Überwachungseinrichtungen	130
6.3.7	Notabschaltung und Freischalten.	130
6.3.8	Kabel und Leitungen	131
6.4	Auswahl elektrischer Betriebsmittel/Geräte für staubexplosionsgefährdete Bereiche	134
6.4.1	Gerätegruppe III und Kategorie 1D (Einsatz für Zone 20)	138
6.4.2	Gerätegruppe III und Kategorie 2D (Einsatz für Zone 21)	139

6.4.3	Gerätegruppe III und Kategorie 3D (Einsatz für Zone 22)	139
6.4.4	Zündtemperaturen (Staubwolke)	140
6.4.5	Glimmtemperaturen (Staubschicht)	140
6.4.6	Selbstentzündungstemperatur	142
6.4.7	Staubdichtigkeit bei Gehäusen	143
6.4.8	Kennzeichnung staubexplosionsgeschützter Betriebsmittel/Geräte . . .	143
6.5	Installation elektrischer Anlagen in staubexplosionsgefährdeten Bereichen	144
6.5.1	Auswahl einiger brennbarer Stäube (Zündtemperaturen + Glimmtemperaturen)	145
6.5.2	Schutz gegen elektrostatische Aufladung bei Geräten im Staub-Ex-Bereich	146
6.5.3	Dichtungen.	147
6.5.4	Außenbelüftung elektrischer Maschinen	147
6.5.5	Kabel und Leitungen	148
6.6	Inbetriebnahme einer überwachungsbedürftigen Anlage	149
6.6.1	Betrieb	150
6.6.2	Erhaltung des ordnungsgemäßen Zustands	150
6.6.3	Wartung und Instandhaltung einer Anlage.	150
6.6.4	Vorschriften, Bestimmungen und Normen	151
6.6.5	Besondere Sicherheitsmaßnahmen	153
6.6.6	Vermeidung von Funkenbildung	153
6.6.7	Erlaubnisschein für Arbeiten in explosionsgefährdeten Bereichen . . .	155
6.7	Instandsetzung einer Anlage	156
6.8	Instandsetzung explosionsgeschützter Betriebsmittel/Geräte	161
6.9	Installationsbescheinigung.	162
6.10	Ständige Überwachung	163
7	Anlagen mit eigensicheren Stromkreisen	165
7.1	Auswahl der eigensicheren Betriebsmittel	165
7.2	Besondere Bedingungen in eigensicheren Stromkreisen.	166
7.3	Kabel und Leitungen für eigensichere Stromkreise.	166
7.4	Fehlerbetrachtung bei mehradrigen Kabeln und Leitungen	168
7.5	Zusammenschaltung eigensicherer Stromkreise	168
8	Elektrische Antriebe – Elektromotoren	171
9	Elektrische Heizeinrichtungen	175
10	Leuchten und Lampen	177

11	Explosionsschutz elektrische Betriebsmittel/Geräte	179
11.1	Vorschriften und Bestimmungen	179
11.2	Qualitätssicherungssystem, Geräteschutzniveau (EPL) und Kennzeichnungen	180
11.2.1	Konformitätsbewertungsverfahren	180
11.2.2	Geräteschutzniveau (EPL) elektrischer Betriebsmittel/Geräte	182
11.2.3	Kennzeichnung explosionsgeschützter Betriebsmittel (Gasexplosionsschutz)	185
11.2.4	Kennzeichnung explosionsgeschützter Geräte (Staubexplosionsschutz)	186
11.3	Zündschutzarten in gasexplosionsgefährdeten Bereichen	188
11.3.1	Ölkapselung „o“ – DIN EN 60079-6 (VDE 0170-2)	188
11.3.2	Überdruckkapselung „p“ – DIN EN 60079-2 (VDE 0170-3)	189
11.3.3	Sandkapselung „q“ – DIN EN 60079-5 (VDE 0170-4)	189
11.3.4	Druckfeste Kapselung „d“ – DIN EN 60079-1 (VDE 0170-5)	190
11.3.5	Erhöhte Sicherheit „e“ – DIN EN 60079-7 (VDE 0170-6)	191
11.3.6	Eigensicherheit „i“ – DIN EN 60079-11 (VDE 0170-7)	192
11.3.7	Vergusskapselung „m“ – DIN EN 60079-18 (VDE 0170-9)	194
11.3.8	Nicht funkend „n“ – DIN EN IEC 60079-15 (VDE 0170-16)	195
11.3.9	Eigensicheres System „i-SYST“ – DIN EN 60079-25 (VDE 0170-10-1)	196
11.3.10	Sonderschutz „s“ – IEC 60079-33	200
11.4	Zündschutzarten in staubexplosionsgefährdeten Bereichen	201
11.4.1	Schutz durch Gehäuse „t“ – DIN EN 60079-31 (VDE 0170-15-1)	201
11.4.2	Überdruckkapselung „pD“ – DIN EN 60079-2 (VDE 0170-3), vormals DIN EN 61241-4 (VDE 0170-15-4)	203
11.4.3	Eigensicherheit „iD“ – DIN EN 60079-11 (VDE 0170-7)	204
11.4.4	Vergusskapselung „mD“ – DIN EN 60079-18 (VDE 0170-9)	206
12	Explosionsschutz nicht elektrische Geräte	207
12.1	Vorschriften und Bestimmungen	207
12.2	Nicht elektrische Geräte in explosionsgefährdeten Bereichen	208
12.2.1	Konstruktive Sicherheit „c“ – DIN EN ISO 80079-37 (vormals DIN EN 13463-5)	211
12.2.2	Zündquellenüberwachung „b“ – DIN EN ISO 80079-37 (vormals DIN EN 13463-6)	211
12.2.3	Flüssigkeitskapselung „k“ – DIN EN ISO 80079-37 (vormals DIN EN 13463-8)	213
12.2.4	Kennzeichnung nach Explosionsgruppen und Zündschutzarten	213
12.2.5	Kennzeichnung sehr kleiner nicht elektrischer Geräte	215

12.2.6	Kennzeichnung nicht elektrischer Geräte	215
12.2.7	Kennzeichnung nicht elektrischer Geräte gemäß DIN EN ISO 80079-36	216
13	Gebräuchlichste Zündschutzarten in der industriellen MSR-Technik	217
13.1	Druckfeste Kapselung „d“ – DIN EN 60079-1 (VDE 0170-5).....	217
13.1.1	Zünddurchschlagsicherer Spalt	218
13.1.2	Gehäusewerkstoff	219
13.1.3	Kabeleinführungen	219
13.1.4	Elektrische Steckverbindungen	220
13.2	Erhöhte Sicherheit „e“ – DIN EN 60079-7 (VDE 0170-6).....	220
13.2.1	Kabeleinführungen	221
13.2.2	Anschlussklemmen	221
13.2.3	Innere Leiterverbindungen.....	221
13.2.4	Luft- und Kriechstrecken.....	221
13.2.5	Feste Isolierstoffe.....	222
13.2.6	Abzweig- und Verbindungskästen.....	223
13.2.7	Kombination von Klemmen und Leitern in Abzweig- und Verbindungskästen.....	224
13.2.8	Querschnitte von Kupferleitern	225
13.3	Eigensicherheit „i“ – DIN EN 60079-11 (VDE 0170-7).....	226
13.3.1	Schutzniveau „ia“ und „ib“ und „ic“	227
13.3.2	Gehäuse	227
13.3.3	Temperaturen von Verdrahtungen und kleinen Bauteilen	227
13.3.4	Trennabstände an sicherheitsbestimmenden Komponenten	230
13.3.5	Trennabstände in Schränken und Gehäusen mit Ex-i-Stromkreisen ..	231
13.3.6	Erdung eigensicherer Stromkreise.....	232
13.3.7	Anforderungen an Bauteile, von denen die Eigensicherheit abhängt ..	233
13.3.8	Sicherheitsbarrieren bzw. Zener-Barrieren	234
13.3.9	Prüfung der Durchschlagsfestigkeit (Typprüfung)	235
13.3.10	Prüfung der Spannungsfestigkeit (Stückprüfung)	235
13.3.11	„Fremdartige“ Zusammenschaltung von Ex-i- bzw. Ex-nL-Stromkreisen	237
13.4	Vergusskapselung „m“ – DIN EN 60079-18 (VDE 0170-9).....	237
13.4.1	Schutzniveau „ma“ und „mb“ und „mc“	237
13.4.2	Vergussmasse	238
13.4.3	Dauergebrauchstemperatur der Vergussmasse.....	238
13.4.4	Schichtdicke der Vergussmasse	238
13.4.5	Hohlräume im Verguss.....	239

13.4.6	Kabel- und Leitungseinführung im Verguss	239
14	Zusammenschaltung eigensicherer Stromkreise.	241
14.1	Quellenkennlinie (Strom-/Spannungs-Kennlinie)	242
14.1.1	Schaltung mit linearer Quellenkennlinie	243
14.1.2	Schaltung mit trapezförmiger Quellenkennlinie	244
14.1.3	Schaltung mit rechteckförmiger Quellenkennlinie	245
14.2	Ein aktives Gerät im eigensicheren Stromkreis.	245
14.3	Berechnung der Zuleitungslänge	246
14.4	Mehrere aktive Betriebsmittel/Geräte im eigensicheren Stromkreis.	247
14.5	„Einfache“ elektrische Betriebsmittel/Geräte (simple apparatus)	250
14.5.1	Aktive Betriebsmittel/Geräte	252
14.5.2	Passive Betriebsmittel/Geräte (ohne Energiespeicher)	253
14.5.3	Passive Betriebsmittel/Geräte (mit Energiespeicher)	255
15	Nachweis der Eigensicherheit bei Zusammenschaltungen	257
15.1	C_o - und L_o -Parameter für gemischte Ex-i-Stromkreise	259
15.2	C_o - und L_o -Parameter als konzentrierte Energiespeicher.	261
15.3	Nachweis der Eigensicherheit nach sog. 50 %-Regel	266
15.4	Fazit der Ex-i-Zusammenschaltungen	269
15.5	Schaltungsbeispiele mit Beurteilung der Eigensicherheit	270
15.5.1	Schaltungsbeispiel 1	270
15.5.2	Schaltungsbeispiel 2	272
15.5.3	Schaltungsbeispiel 3	274
15.5.4	Schaltungsbeispiel 4	276
15.5.5	Schaltungsbeispiel 5	280
15.5.6	Schaltungsbeispiel 6	284
15.5.7	Schaltungsbeispiel 7	286
15.5.8	Schaltungsbeispiel 8	289
15.6	Zündkurventabellen – DIN EN 60079-11 (VDE 0170-7):2012-06, Anhang A.	292
15.6.1	Kapazitiver Stromkreis (Werte für C_o als Funktion von U_o)	292
15.6.2	Induktiver Stromkreis (Werte für L_o als Funktion von I_o)	295
15.6.3	Ohm'scher Stromkreis (Werte für I_o als Funktion von U_o)	297
16	Fallbeispiele mit explosionsgeschützten Betriebsmitteln/Geräten	301
16.1	Zusammenschaltungen mit zugehörigen Betriebsmitteln	301
16.2	Zusammenschaltungen mit eigensicheren Betriebsmitteln	302
16.3	Verfügbare Leitungslängen in Abhängigkeit von „Ex ia IIC“ bis „Ex ib IIB“	303

16.4	Fallbeispiele von Zusammenschaltungen mit zugehörigen Betriebsmitteln/Geräten.	304
16.5	Fallbeispiele von Zusammenschaltungen mit eigensicheren Geräten. . .	310
17	Feldbussysteme im explosionsgefährdeten Bereich	313
17.1	Aufbau eines eigensicheren Feldbussystems.	313
17.2	Konzept für Feldbusse im explosionsgefährdeten Bereich	314
17.3	Speisegerät des Feldbussystems	315
17.3.1	Zusatzanforderungen für FISCO-Speisegeräte	315
17.3.2	Zusatzanforderungen für FNICO-Speisegeräte.	316
17.4	Feldgerät des Feldbussystems	317
17.4.1	Zusatzanforderungen für FISCO-Feldgeräte	317
17.4.2	Zusatzanforderungen für FNICO-Feldgeräte.	318
17.4.3	Zusatzanforderungen für FISCO-Abschlusswiderstände	319
17.4.4	Zusatzanforderungen für FNICO-Abschlusswiderstände	319
17.5	Anforderungen an das Bussystem	319
17.5.1	Zusatzanforderungen für FISCO-Bussysteme.	320
17.5.2	Zusatzanforderungen für FNICO-Bussysteme	320
17.5.3	Kennzeichnung von FISCO-Geräten.	321
17.5.4	Kennzeichnung von FNICO-Geräten	321
17.6	Anwendung anderer Zündschutzarten bei Feldbussystemen.	321
17.7	Schirmkonzept bei Feldbussystemen.	322
18	Notifizierte ATEX-Prüfstellen der europäischen Länder	325
19	Notifizierte IECEx-Prüfstellen außerhalb der EU	329
	Literatur	331
	Abkürzungen und Kurzzeichen	337
	Stichwortverzeichnis	341