

Inhalt

Vorwort zur 4. Auflage	5
1 Grundsätzliches	13
2 Explosionsschutz	15
2.1 Explosionsrisiko, Zündquellen, Schutzmaßnahmen	15
2.2 Explosionsgefährdete Bereiche, Zoneneinteilung	17
2.3 Explosionsgeschützte elektrische Geräte	19
2.3.1 Gerätegruppe und Gerätekategorie	19
2.3.2 Temperaturklasse	21
2.3.3 Zündschutzart	21
2.3.4 Geräteschutzniveau – Equipment protection level (EPL)	21
2.4 Zertifizierung	24
2.4.1 Baumusterprüfung	24
2.4.2 Benannte Stellen (Notified Bodies, kurz: NB)	27
2.4.3 EG-Konformitätserklärung des Herstellers	27
3 Zündschutzarten und Maschinenkonstruktion	31
3.1 Zündschutzarten für drehende elektrische Maschinen	31
3.2 Umgebungstemperatur und Maschinenkonstruktion	35
3.2.1 Hohe Umgebungstemperaturen	36
3.2.2 Tiefe Umgebungstemperaturen	37
3.2.3 Temperaturerhöhung am Motor durch Wärmefluss von der Arbeitsmaschine	39
3.2.4 Zusammenfassung	40
4 Motoren in Zündschutzart <i>Druckfeste Kapselung „d“</i>	41
4.1 Allgemeines	41
4.1.1 Explosionsgruppen IIA, IIB, IIC	41
4.1.2 Temperaturklassen T1 bis T6	42
4.2 Baubestimmungen	43
4.2.1 Druckfest gekapselter Raum	43
4.2.2 Wellendurchführungen	45
4.3 Elektrischer Anschluss von Motoren in Ex d	49
4.4 Zertifizierung	50
4.4.1 Typ- und Explosionsprüfung	50
4.4.2 Berücksichtigung extremer Umgebungstemperaturen (T_{amb})	52
4.4.3 Zertifizierung für ein bestimmtes Gas	53

4.5	Ausführungsbeispiele von Drehstrommotoren in Ex d	55
4.5.1	Allgemeines	55
4.5.2	Druckfest gekapselte Normmotoren	55
4.5.3	Transnorm- und Hochspannungsmotoren	58
5	Motoren in Zündschutzart Überdruckkapselung „p“	65
5.1	Allgemeines	65
5.2	Zündschutzarten	65
5.3	Baubestimmungen und Sicherheitseinrichtungen	66
5.4	Prüfungen	70
5.4.1	Überdruck und Leckverluste	70
5.4.2	Verspülung	71
5.4.3	Verdünnung	73
5.5	Leistungsgrenzen von elektrischen Maschinen in Ex p	73
6	Motoren in Zündschutzart Ölkapselung „o“	75
6.1	Blick zurück	75
6.2	„Ex o“ für Motoren wird kommen	75
6.3	Baubestimmungen, Prüfungen, Kennzeichnung	77
7	Motoren in Zündschutzart Erhöhte Sicherheit „e“	79
7.1	Allgemeines	79
7.2	Baubestimmungen	80
7.3	Begrenzung der Wicklungstemperatur	80
7.4	Störfall „Überlast“	82
7.5	Zeit t_E und Anzugsstromverhältnis I_A/I_N	82
7.6	Luft- und Kriechstrecken	85
7.7	IP-Schutzart	86
7.8	Wicklungen	87
7.9	Luftspalt	87
7.10	Elektrischer Anschluss von Motoren in Ex e	87
7.11	Zündrisiko durch mögliche Funkenbildung im Betrieb	88
7.11.1	Allgemeines	88
7.11.2	Zirkulationsströme in mehrteiligen Gehäusen	89
7.11.3	Bewertung des Zündrisikos am Läufer/Maßnahmen	89
7.11.4	Bewertung des Zündrisikos am Ständer/Maßnahmen	91
7.12	Prüfungen, Zertifizierung	92
7.13	Ausführung von Drehstrommotoren in Ex e	97
7.13.1	Normmotoren	97
7.13.2	Transnorm- und Hochspannungsmotoren	98
7.13.3	Einphasen-Wechselstrommotoren	103

8	Motoren in doppelter Zündschutzart	
	<i>Druckfeste Kapselung und Erhöhte Sicherheit „d + e“</i>	107
8.1	Allgemeines	107
8.2	Baubestimmungen, Prüfungen, Kennzeichnung	109
8.3	Ausführung von Drehstrommotoren in „Ex d + Ex e“	110
9	Motoren in Zündschutzart „n“	111
9.1	Allgemeines	111
9.2	Baubestimmungen	112
9.3	Bewertung des Zündrisikos am Läufer/Maßnahmen	113
9.4	Bewertung des Zündrisikos an der Ständerwicklung/Maßnahmen	114
9.5	Kennzeichnung, Dokumentation, Konformitätserklärung	114
10	Schutzeinrichtungen	117
10.1	Allgemeines	117
10.2	Stromabhängige Schutzeinrichtungen	119
10.2.1	Funktionsprinzip	119
10.2.2	Besonderheiten für Zündschutzart Erhöhte Sicherheit „e“	120
10.3	Direkt temperaturabhängige Schutzeinrichtungen	122
10.3.1	Temperaturfühler	122
10.3.2	Thermischer Motorschutz (TMS) durch Kaltleiter	125
11	Netzspannung und Motorauslegung	129
11.1	Normspannungen für Netze	129
11.2	Spannungs- und Frequenzschwankungen für drehende elektrische Maschinen	130
11.3	Spannungsschwankungen bei explosionsgeschützten elektrischen Maschinen	131
12	Umrichterspeisung von Drehstrommotoren in explosionsgefährdeten Bereichen	133
12.1	Allgemeines	133
12.2	Umrichterarten und ihre Eigenschaften	134
12.3	Besondere Bedingungen und Prüfungen bei Umrichterspeisung	136
12.4	Schutzeinrichtungen bei Umrichterspeisung	137
12.5	Auswirkungen der Umrichterspeisung im Motor	139
12.5.1	Übererwärmungen	139
12.5.2	Variable und einstellbare Speisegrößen	142
12.5.3	Zusätzliche Spannungsbeanspruchungen bei I-Umrichterspeisung	143
12.5.4	Zusätzliche Spannungsbeanspruchungen bei Pulsumrichterspeisung	144
12.5.5	Drahtisolation	147
12.5.6	Leitungslänge, Filter, Mehrstufen-Umrichter	148
12.5.7	Wellenspannungen und Lagerströme	150
12.6	Direktantriebe	155

13	Motoren für Staub-Explosionsschutz	159
13.1	Grundlagen des Staub-Explosionsschutzes	159
13.1.1	Allgemeines	159
13.1.2	Unterschied zwischen Gas- und Staub-Explosion	161
13.1.3	Kenngrößen von Stäuben	162
13.2	Zoneneinteilung, Geräte-Kategorie, Geräte-Schutzniveau (EPL) und Gerätegruppe	163
13.3	Zündschutzarten für Staubexplosionsschutz	165
13.4	Geräte-Staubexplosionsschutz durch Gehäuse „t“ (Zündschutzart „t“)	166
13.4.1	Staubdichtheit	166
13.4.2	Begrenzung der Oberflächentemperatur	167
13.4.3	Unvermeidbare oder übermäßige Staubablagerungen	168
13.5	Baubestimmungen für staubexplosionssgeschützte drehende elektrische Maschinen	169
13.6	Umrichterspeisung von staubexplosionssgeschützten Motoren	171
13.7	Kennzeichnung	171
13.8	Zertifizierung	172
13.9	Reinhaltung des Betriebs	177
13.10	Geräte/Motoren für hybride Gemische aus Gas und Staub	177
14	Motoren für Schlagwetterschutz	179
14.1	Grundlagen des Schlagwetterschutzes	179
14.2	Zündschutzarten für schlagwettergeschützte Motoren	179
14.3	Ausführung schlagwettergeschützter Motoren	180
14.3.1	Selbstgekühlte Motoren	180
14.3.2	Oberflächengekühlte Motoren	180
14.3.3	Wassergekühlte Motoren	181
14.4	Umrichterspeisung von schlagwettergeschützten Motoren	182
15	Richtlinien, Normen, Vorschriften – national und international	185
15.1	EG-Richtlinien	185
15.2	Normenorganisationen	187
15.3	Europäische Normen (EN)	188
15.4	Kennzeichnung für explosionsgeschützte elektrische Geräte	189
15.5	Nordamerikanische Regelungen im Explosionsschutz	190
15.6	Das IECEx-Schema	192
16	Instandhaltung und Ändern von explosionsgeschützten Elektromotoren	195
16.1	Instandhaltung – Struktur, Rechtsgrundlagen, Aufgaben	195
16.2	Instandhaltung von elektrischen Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen	196
16.3	Instandsetzung und Ändern von explosionsgeschützten Elektromotoren	197
16.3.1	Zuverlässigkeit	197

16.3.2	Ausfallursachen und Lebensdauer	199
16.4	Instandsetzung und Änderung	200
16.4.1	Instandsetzung – Aufgaben und Begriffe	200
16.4.2	Instandsetzungen, die nicht abgenommen werden müssen	201
16.4.3	Instandsetzungen, die eine Prüfung erfordern	201
16.5	Prüfung nach der Instandsetzung	204
16.6	Praxis der Revisions- und Reparaturverfahren	204
17	Explosionsschutz bei nicht-elektrischen Geräten	207
17.1	Allgemeines	207
17.2	Zündschutzarten	208
17.3	Wechselwirkungen von nicht-elektrischen Geräten und Elektromotoren	210
17.3.1	Zulässige Kräfte am Wellenende des Motors	210
17.3.2	Ausrichtgenauigkeit bei direkter Kupplung	211
Literatur		213
Gegenüberstellung EN/IEC vice versa DIN/VDE (Auswahl)		227
Stichwortverzeichnis		229