

Explosiongeschützte Getriebemotoren



Diese Publikation der Fa. Danfoss Bauer GmbH darf ohne vorherige Genehmigung des Herausgebers weder auszugsweise noch vollständig nachgedruckt werden. Alle Rechte vorbehalten.

Die Angaben wurden nach dem derzeitigen Stand der Normen und Vorschriften sorgfältig zusammengestellt und geprüft. Verbindlich ist der jeweilige Stand der technischen und gesetzlichen Regeln sowie der Stand der Konstruktion und Fertigung bei Danfoss Bauer.

Für Schäden, die sich aus der Verwendung dieser Angaben ergeben könnten, wird keine Haftung übernommen.

Obering. H. Greiner

Inhaltsverzeichnis

I ALLGEMEINES

- 1 Einführung
 - 1.1 Stationen zum Explosionsschutz
 - 1.2 Zertifikate im Wandel der Verordnungen
 - 1.3 Vorschriften für Errichten und Weiterbetrieb
 - 1.4 Elektrische Maschinen als Sonderfall des Ex-Schutzes
- 2 Harmonisierung der Normen
 - 2.1 Europäische Normen des CENELEC
 - 2.2 EG-Richtlinien
 - 2.3 Gerätegruppen und Kategorien
 - 2.4 Kennzeichnung (alt)
 - 2.5 Bestandteile der Nummer eines Prüfungsscheines
 - 2.6 Kennzeichnung (neu)
 - 2.7 QS des Herstellers
 - 2.8 Bestandschutz und Übergangsfristen

II GAS-EXPLOSIONSSCHUTZ

- 3 Anwendbare Zündschutzarten
- 4 Allgemeine Bestimmungen für Bauart und Prüfung
 - 4.1 Mechanische Anforderungen
 - 4.2 Grenztemperaturen
 - 4.3 IP-Schutzart
- 5 Zündschutzart Erhöhte Sicherheit "e"
 - 5.1 IP-Schutzart und Zündschutzart
 - 5.2 Einteilung von Gasen und Dämpfen in Temperaturklassen
 - 5.3 Thermische Schutzmaßnahmen
 - 5.4 Isolationstechnische Schutzmaßnahmen
 - 5.5 Mechanische Schutzmaßnahmen
 - 5.6 Prüfung und Kennzeichnung
 - 5.7 Prüfbescheinigungen durch benannte Stellen
 - 5.8 Motoren mit betriebsmäßiger Funkenbildung und Sonderantriebe
- 6 Zündschutzart Druckfeste Kapselung "d"
 - 6.1 Schutzmaßnahmen gegen den Zünddurchschlag
 - 6.2 Einteilung von Gasen und Dämpfen in Explosionsgruppen
 - 6.3 Thermische Schutzmaßnahmen
 - 6.4 Anschlusstechnik
 - 6.5 Pauschale Konformitätsbescheinigung
- 7 Zündschutzart Überdruckkapselung "p"
- 8 Zündschutzart "n" für explosionsgefährdete Bereiche der Zone 2
 - 8.1 Anwendungsbereich der Norm (Zitat)
 - 8.2 Zündschutzmethoden der Zündschutzart "n"
 - 8.3 Schema der Zündschutzmethoden bei der Zündschutzart "n"
 - 8.4 Zündschutzmaßnahme "schwadensichere Gehäuse" nR
 - 8.5 Allgemeine Anforderungen bei der Zündschutzart "nA"
 - 8.6 Ergänzende Bestimmungen für drehende elektrische Maschinen
 - 8.7 Kennzeichnung
 - 8.8 Dokumentation und Verantwortlichkeit
 - 8.9 Konformitätserklärung des Herstellers oder Konformitätsbescheinigung einer benannten Stelle
 - 8.10 Prüfung durch eine befähigte Person nach einer Instandsetzung
- 9 Explosionsgefahr durch Schlagwetter oder Explosivstoffe
 - 9.1 Bereiche mit Explosionsgefahr durch Schlagwetter
 - 9.2 Bereiche mit Explosionsgefahr durch Explosivstoffe

- 10 Wahl der Zündschutzart nach Zonen und Kategorien
 - 10.1 Bereiche mit ständiger Explosionsgefahr (Kategorie 1)
 - 10.2 Bereiche mit gelegentlicher Explosionsgefahr (Kategorie 2)
 - 10.3 Bereiche mit seltener Explosionsgefahr (Kategorie 3)
 - 10.4 Bereiche ohne Explosionsgefahr
 - 10.5 Abstufung der Schutzmaßnahmen
 - 10.6 Grundsätzliche Anforderungen an Betriebsmittel nach ATEX 100a
 - 10.7 Division-Einteilung nach NEC
- 11 Wahl der Zündschutzart nach der Betriebsart
 - 11.1 Überlastungsschutz bei Elektromotoren
 - 11.2 Überlastungsschutz bei den Zündschutzarten "d" und "e"
 - 11.3 Stromüberwachung bei Dauerbetrieb S1
 - 11.4 Zeit t_E bei Zündschutzart "e"
 - 11.5 Zweileiterbetrieb
 - 11.6 Einsatzgrenzen für den stromabhängigen Motorschutz
 - 11.7 Temperaturüberwachung durch thermischen Motorschutz TMS
 - 11.8 Ständerkritische und läuferkritische Maschinen
 - 11.9 Einsatzgrenzen des Thermistorschutzes
 - 11.10 Besondere Betriebsarten
 - 11.11 Schweranlauf
 - 11.12 Sanftanlauf
 - 11.13 Konsequenzen für die Wahl der Zündschutzart
 - 11.14 Betrieb am Frequenzumrichter
 - 11.15 Funktionsprüfung von Überlastungs-Schutzeinrichtungen

Literaturverzeichnis zum Abschnitt 11

- 12 Wahl der Zündschutzart nach dem Motor-Preis
- 13 Mechanische Bremsung
 - 13.1 Ausführungsbeispiel einer druckfest gekapselten Anbaubremse
 - 13.2 Ausführungsbeispiel einer druckfest gekapselten Einbaubremse
- 14 Explosionsschutz bei nichtelektrischen Geräten
 - 14.1 Normen für nichtelektrische Geräten
 - 14.2 Zündschutzart "c" Konstruktive Sicherheit (Sichere Bauweise)
 - 14.3 Zündschutzart "k" Flüssigkeitskapselung
 - 14.4 Konformitätsbewertung beim nichtelektrischen Explosionsschutz
 - 14.5 Kennzeichnung
 - 14.6 Bedeutung der Betriebsanleitung
- 15 Umrichter gespeiste Drehstromantriebe
 - 15.1 Grundsätzliche Gesichtspunkte zur Wahl der Drehzahl-Verstellung
 - 15.2 Energieeinsparung in der Verfahrenstechnik
 - 15.3 Umrichterarten
 - 15.4 Ausnutzung des Motors
 - 15.5 Festlegungen in den Normen
 - 15.6 Umrichterspeisung bei Zündschutzart "d"
 - 15.7 Umrichterspeisung bei Zündschutzart "e"
 - 15.8 Bemessung der Luft- und Kriechstrecken
 - 15.9 Preisvergleich der Zündschutzarten "e" und "d" bei Umrichterbetrieb
 - 15.10 Begrenzung der Spannungsspitzen
 - 15.11 Motoren mit integriertem Umrichter
 - 15.12 Konformitätserklärung für Ex-Zündschutzarten (Zusammenfassung)
- 16 Welt-Normspannung 400 V nach IEC 38
 - 16.1 Zulässige Spannungsschwankungen für elektrische Maschinen
 - 16.2 Neubeschaffung
 - 16.3 Weiterbetrieb
 - 16.4 Prüfkriterien für den Weiterbetrieb an 400 V
 - 16.5 Vorentscheidung nach dem Leistungsfaktor
 - 16.6 Funktion des Sachverständigen
- 17 Ausländische Ex-Vorschriften
 - 17.1 Europa
 - 17.2 Nordamerika

Literaturverzeichnis zu den Teilen I und II

III STAUB-EXPLOSIONSCHUTZ

- 18 Einführung
- 19 Vergleich Staub – Gas
 - 19.1 Zündfähiger Staub
 - 19.2 Explosionsgrenzen
 - 19.3 Dauer des Störfalles
 - 19.4 Mindest-Zündenergie
 - 19.5 Mediendichte Kapselung
 - 19.6 Staub-Ex-Schutz abhängig von den Betriebsbedingungen
- 20 Temperatur-Kenngrößen von Stäuben
 - 20.1 Glimmtemperatur einer Staubschicht
 - 20.2 Zündtemperatur
 - 20.3 Einteilung der brennbaren Stäube
- 21 Zoneneinteilung
 - 21.1 Allgemeines
 - 21.2 Einteilung
 - 21.3 Übergang von 2 auf 3 Zonen
 - 21.4 Zuständigkeit für die Zoneneinteilung
- 22 Staubdichtheit
 - 22.1 Anforderungen
 - 22.2 Staubschutzprüfung nach EN 60529
- 23 Oberflächentemperatur
 - 23.1 Prüfung
 - 23.2 Begrenzung
- 24 Gefahr durch Ablagerung und Einschüttung
 - 24.1 Staubschichten bis 5 mm
 - 24.2 Staubschichten über 5 bis zu 50 mm
 - 24.3 Staubschichten von übermäßiger Dicke
 - 24.4 Laboruntersuchung von Betriebsmitteln
 - 24.5 Herleitung der Diagramme
 - 24.6 Konstruktive Maßnahmen zu Vermeidung übermäßiger Staubablagerungen
- 25 Baubestimmungen für elektrische Maschinen der Kategorie 2 und 3
 - 25.1 Elektrostatische Aufladung
 - 25.2 Außenbelüftung
 - 25.3 Schema der Anforderungen für Kategorie 2
 - 25.4 Kennzeichnung
 - 25.5 Beispiele für die Kennzeichnung
 - 25.6 Betriebsanleitung
 - 25.7 Konformitätserklärungen
 - 25.8 EG-Baumusterprüfbescheinigung
- 26 Auswahl, Errichten und Instandhaltung
 - 26.1 Auswahl nach Konstruktionsmerkmalen und Prüfungen
 - 26.2 Elektrische Maschinen nicht für Zone 20 zulässig
 - 26.3 Elektrische Maschinen der Zündschutzart "d"
 - 26.4 Errichten
 - 26.5 Behandlung der Gefahren durch Staubablagerungen
 - 26.6 Überwachung und Instandhaltung
 - 26.7 Gefahrlose Beseitigung der Staubablagerungen
- 27 Staub-Zündschutzarten
- 28 Struktur der Normen für den Staubexplosionsschutz
- 29 Vorschriften in Nordamerika
 - 29.1 Entstehung von IEC/EN 61241
 - 29.2 Anforderungen an die Spaltabmessungen
 - 29.3 Prüfung der Staubdichtheit
 - 29.4 Thermische Prüfungen
 - 29.5 Kennzeichnung für Verfahren A und B

Literaturverzeichnis zum Teil III

IV INSTANDHALTUNG

- 30 Allgemeines
- 31 Vorschriften
- 32 Lohnende Instandsetzung
 - 32.1 Lebensdauer
 - 32.2 Ausfallursachen
- 33 Warten und Überwachen
 - 33.1 Isolationswiderstand
 - 33.2 Funktion der Überstromschutzeinrichtung für Motoren der Zündschutzart "e"
 - 33.3 Anschlussteile der Zündschutzart "e"
 - 33.4 Weitere Überprüfungen an elektrischen Maschinen
 - 33.5 Prüfpläne nach Norm
- 34 Amtlich anerkannte befähigte Person
- 35 Reparatur und Überholung nach IEC 60079-19
- 36 Abgrenzung von Instandsetzungsarbeiten
 - 36.1 Allgemeine Instandsetzungsarbeiten
 - 36.2 Besondere Instandsetzungsarbeiten
- 37 Bewertung von Instandsetzungsarbeiten
 - 37.1 Grundsätzliche Anforderungen
 - 37.2 Zusätzliche Anforderungen bei Zündschutzart "d" mit Anschlusskasten "e"
 - 37.3 Zusätzliche Anforderungen bei Zündschutzart "e"
- 38 Zusatzschild, Prüfbescheinigung, Normengeneration
 - 38.1 Zusatzschild und Prüfbescheinigung
 - 38.2 Zweck und Ersatz von Dreikantschrauben
- 39 Fallbeispiele bei Zündschutzart "e"
 - 39.1 Einbau einer genormten Klemmenplatte andere Größe
 - 39.2 Erhöhung des Luftspaltes
 - 39.3 Isolierung von Lackdrähten
 - 39.4 Lüfterrad aus Kunststoff statt Aluminium
 - 39.5 Umstellung des Lackdraht-Durchmessers
 - 39.6 Änderung der Nutform in einem Käfigläufer
 - 39.7 Einbau von Hilfsklemmen
 - 39.8 Thermistor als Alleinschutz
 - 39.9 Zahl und Qualität der Tränkung
 - 39.10 Elektrische Prüfungen nach der Instandsetzung
- 40 Fallbeispiele bei Zündschutzart "d"
 - 40.1 Säubern von Spaltflächen
 - 40.2 Rostnarben in den Spaltflächen eines Lagerschildes
 - 40.3 Nacharbeiten der Spaltflächen
 - 40.4 Änderung einer Leitungseinführung
 - 40.5 Nachträgliche Umstellung auf Umrichterbetrieb
 - 40.6 Austausch der druckfesten Durchführungen für die Wicklungsableitungen
 - 40.7 Nachmessung der Zündspalte am Wellenaustritt
- 41 Nicht-elektrische Geräte (Getriebeteile)

Literaturverzeichnis zum Teil IV

Stichwortverzeichnis (gesamt)

I ALLGEMEINES

1 Einführung

Bei der Herstellung und Lagerung sowie beim Transport von chemischen oder petrochemischen Produkten können Gase, Dämpfe oder Nebel auftreten, die in bestimmten Mischungsverhältnissen mit Luft explosionsfähig sein können. Dies gilt auch für Stäube aus brennbarem Material und mit einer Korngröße unter etwa 0,4 mm. Der Zündanlass ist gegeben, wenn das Mischungsverhältnis im Bereich zwischen oberer und unterer Explosionsgrenze liegt und wenn die Zündtemperatur oder die Mindestzündenergie überschritten werden. In Bereichen, die durch solche explosionsfähigen Stoffe explosionsgefährdet sind, müssen explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel eingesetzt werden.

1.1 Stationen zum Explosionsschutz

Normen und gesetzliche Bestimmungen zum Explosionsschutz haben in Deutschland eine lange Tradition – die Anfänge liegen im Bergbau wegen der Gefahr durch "schlagende Wetter" (Bild 1.1).

VDE 0170 "Leitsätze für die Ausführung von Schlagwetterschutzvorrichtungen an elektrischen Maschinen, Transformatoren und Apparaten" entstand 1912.

VDE 0170/0171 mit den ersten gemeinsamen Bau- und Prüfvorschriften für den Schlagwetter- und Gasexplosionsschutz "Vorschriften für schlagwetter- und explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel" von 1943.

"Polizeiverordnung über elektrische Betriebsmittel in explosionsgefährdeten Räumen und Betriebsanlagen" von 1943.

"Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen" ExVO von 1963. Diese letzte nationale Verordnung wurde abgelöst durch die

EG-Ex-Rahmenrichtlinie 76/117/EWG zur "Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten betreffend elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in explosibler Atmosphäre" von 1975 und deren nationale Umsetzung als

"Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen" ElexV vom 27.02.1980. Betriebsmittel nach dieser "alten" ElexV durften noch bis zum 30.06.2003 in Verkehr gebracht werden.

Mit dem "neuen Ansatz" (new approach) in der zur Zeit gültigen Richtlinie **94/9/EG "Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen"** (kurz ATEX 95) verbinden sich unter anderem folgende Änderungen:

- Festlegung von Mindestanforderungen ohne festen Bezug auf Normen
- Einbeziehung des Staubexplosionsschutzes
- Einbeziehung der nicht-elektrischen Geräte.

Die Richtlinie wurde am 23.03.1994 erlassen und gilt nach einer langen Übergangszeit seit dem 01.07.2003 allein.

Die Umsetzung der EG-Richtlinie in nationales Recht erfolgte mit der **"Verordnung über das Inverkehrbringen von Geräten und Schutzsystemen für explosionsgefährdete Bereiche – Explosionsschutzverordnung" ExVO** vom 12.12.1996. Sie richtet sich vorwiegend an die Hersteller (Verkäufer) von explosionsgeschützten Geräten (Betriebsmitteln) und Schutzsystemen.

Seit dem 16.12.1999 gilt die an den Arbeitgeber (Betreiber) gerichtete Richtlinie **1999/92/EG "Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können"** (kurz ATEX 137).

Diese Richtlinie wurde am 27.09.2002 in nationales Recht umgesetzt mit der **"Verordnung zur Rechtsvereinfachung im Bereich der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, der Sicherheit beim Betrieb von überwachungsbedürftigen Anlagen und der Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes" BetrSichV**.

**Versuche zwecks Erprobung
der Schlagwettersicherheit besonders geschützter
elektrischer Motoren und Apparate**

sowie zur
**Ermittlung geeigneter Schutzvorrichtungen
für solche Betriebsmittel.**

**Ausgeführt auf der berggewerkschaftlichen Versuchsstrecke
in Gelsenkirchen-Bismarck.**

Von Bergassessor Beyling, Gelsenkirchen.



1906.
Verlag der Berg- und Hüttenmännischen Zeitschrift „Glückauf“
zu Essen - Ruhr.

Bild 1.1 Titelseite zum Faksimile-Nachdruck einer wegweisenden Veröffentlichung aus dem Jahr 1906 – Schwerpunkt Elektromotoren

Aus dem Vorwort zur Faksimile-Ausgabe der BVS/SMT:

Die exemplarischen Versuche von *Carl Beyling* zur Erprobung elektrischer Motoren und Apparate auf der *Berggewerkschaftlichen Versuchsstrecke* gelten auch heute noch international als Grundlage des apparativen Explosionsschutzes von elektrischen und nichtelektrischen Betriebsmitteln.

Die aus den wissenschaftlichen Erkenntnissen gewonnenen Erfahrungen waren die Vorlage für die meisten der noch heute benutzten Schutzarten für elektrische Betriebsmittel.

Bereits 1912 normte der VDE diese Techniken für den Schlagwetterschutz, 1935 folgte die Ausweitung auf den Explosionsschutz der Chemieindustrie.

1.2 Zertifikate im Wandel der Verordnungen

Mit dem Beginn der Übergangsfrist zur ATEX [1] am 01.04.1996 und spätestens seit ihrer ausschließlichen Gültigkeit am 01.07.2003 heißt das aktuelle Zertifikat für die Bauartzulassung zum Inverkehrbringen eines explosionsgeschützten elektrischen Betriebsmittels "**EG-Baumusterprüfbescheinigung**". Daneben gibt es je nach Anwendungsbereich und Aussteller andere gültige Arten von Zertifikaten für das Inverkehrbringen. Aber auch ältere Zertifikate behalten ihre Gültigkeit, weil nach einem allgemeinen Grundsatz die nach früher gültigen Gesetzen und Normen ordnungsgemäß gebauten, installierten und betriebenen elektrische Betriebsmittel "**Bestandschutz**" haben. Elektrische Maschinen haben eine hohe durchschnittliche "Lebenserwartung"; daher werden ihre Instandsetzer auch mit älteren Varianten von "Ex-Zertifikaten" konfrontiert. Mit dieser Übersicht soll dem Praktiker ein Überblick über die Vielfalt der im Laufe der Jahrzehnte entstandenen Zertifikate erleichtert werden.

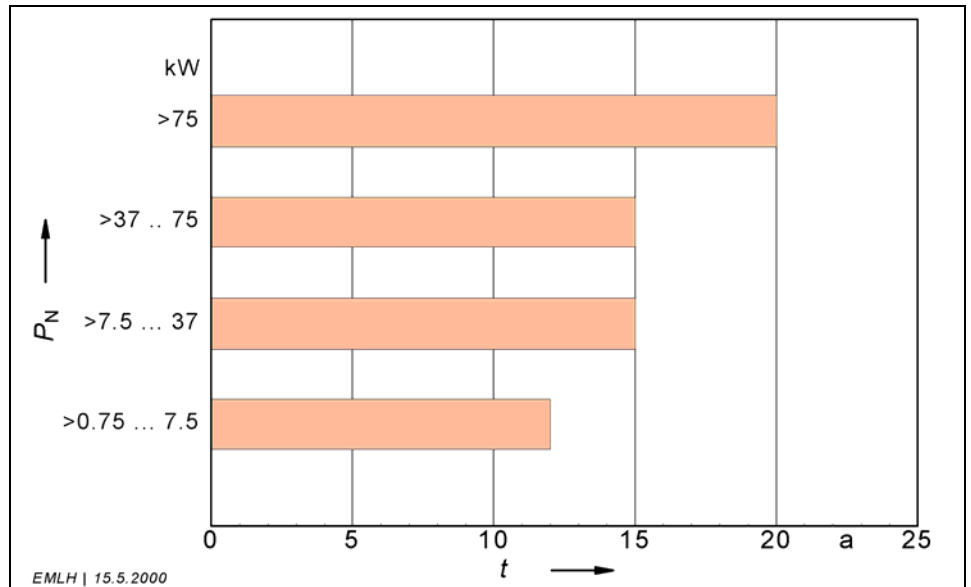



Bild 1.2 Lebenserwartung (t in Jahren) von Elektromotoren mit Bemessungsleistung P_N
 Quelle: Tagungsband zur internationalen Konferenz in Lissabon Energy efficiency improvements in electric motors and drives (1996)

Prüfungsscheine wurden erteilt, wenn die "Vorschriften für explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel" nach den früher gültigen deutschen Bestimmungen eingehalten waren. Prüfstellen waren PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt) und BVS (Berggewerkschaftliche Versuchsstrecke).

Physikalisch-Technische Bundesanstalt



Prüfungsschein

PTB Nr. II B/M- 22 033

Typenprüfung des Drehstrommotors Typ DK 94.../241 (Ex)e (Getriebemotor)
der Firma Eberhard Bauer, Esslingen/Neckar

auf Explosionsschutz nach VDE 0171 in der Schutzart „Erhöhte Sicherheit“ e

Die mechanische Ausführung ist in der Rahmenbescheinigung PTB Nr. II/BM- 14 912 U und den zugehörigen Ergänzungen festgelegt.

Auf Grund der elektrischen und thermischen Untersuchungen am Motor Nr. 904 555 und der Prüfung der zugehörigen Unterlagen wird bescheinigt, daß die Bauart dieses Motors den Vorschriften für explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel nach VDE 0171/1.69 entspricht.

Diese Bescheinigung gilt unter der Voraussetzung, daß sich die Motoren dieses Typs hinsichtlich der elektrischen und thermischen Beanspruchungen nur unwesentlich von dem geprüften Muster unterscheiden, d.h. kleinere oder gleiche Induktionen und Querschnittsbelastungen aufweisen, für folgende Motorausführungen:

Nennspannung:	220	380	440	500	660	v	
Nennstrom:	6,5	3,75	3,25	2,85	2,15	A	
Nennleistung: (an der Arb.-Welle)						1,5	kW
Leistungsfaktor:						0,85	
Drehzahl: (Motor)						1390	U/min
Frequenz:						50	Hz
Verhältnis Anstrom zu Nennstrom I_A/I_N :						5,1	Isolierstoffklasse: B

Falls vorstehend mehr als eine Nennspannung angegeben ist, sind auch dazwischenliegende Werte zulässig. Die zugehörigen Nennströme sind im reziproken Verhältnis der Spannungen umzurechnen.


Zündgruppe:	G1	G2	G3	
Erwärmungszeit t_g :	17	17	16	s

Durch Stückprüfungen nach VDE 0171 und VDE 0530 muß sichergestellt sein, daß jeder Motor dieses Typs dem geprüften Muster entspricht. Die sachgemäße und erfolgreiche Durchführung ist durch die Eintragungen in die dafür vorgesehenen Felder des Prüfschildes zu bestätigen.

Die Motoren sind mit dem Explosionsschutz-Kurzzeichen **(Ex) e G1, G2 oder G3** zu kennzeichnen.

Für die Errichtung und den Betrieb der Motoren sind die Bestimmungen von VDE 0165 zu beachten; siehe auch umstehende Hinweise.

D-33 Braunschweig, den 9.1.1974
Bundesallee 100




Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Abteilung 2
Im Auftrage



Engel
(Dr.-Ing. U. Engel)
Oberregierungsrat

Prüfungsscheine ohne Unterschrift und ohne Dienststempel haben keine Gültigkeit. Die Prüfungsscheine dürfen nur unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt.

B-Formblatt 2.42-1 1972 18961 FI

Normen	VDE 0171 Vorschriften für explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel	
Zeitraum	01.07.1943 bis 01.05.1988	
Englisch	Test Certificate	
Französisch	Certificat d'essai	
Kennzeichen	am Betriebsmittel	

Bauartzulassungsbescheinigungen wurden in der Bundesrepublik Deutschland von den zuständigen Länderbehörden ausgestellt. Sie sollten als rein formaler Akt den "Gutachten" der Prüfstellen (PTB, BVS) den rechtlichen Status einer Zulassung verleihen.

MINISTERIUM FÜR ARBEIT, GESUNDHEIT UND SOZIALORDNUNG BADEN-WÜRTTEMBERG Nr. <u>III3- 3173.1/A/77</u>	7 Stuttgart, den 17. Mai 1977
<p><u>Bauartzulassungsbescheinigung</u></p> <p>für elektrische Betriebsmittel in explosionsgefährdeten Räumen</p> <p>Nach § 5 der Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen vom 15.8.1963 (BGBl. I S. 697), zuletzt geändert durch Gesetz vom 15. 3. 1974 (BGBl. I S. 721), in Verbindung mit der Verordnung des Arbeitsministeriums Baden-Württemberg vom 25.11. 1965 (Gesetzblatt S. 321) wird das / Ex von der</p> <p>Firma Eberhard Bauer, Esslingen/Neckar</p> <p>hergestellte / eingeführte elektrische Betriebsmittel / eingeschaltete</p> <p>Drehstrommotor Typ D 2A4.../309 (Ex)e</p> <p>.....</p> <p>unter Bezugnahme auf den anliegenden Prüfungsschein der PTB vom 26. 4. 1977 PTB Nr. II B/M - 25 593 zugelassen.</p> <p>Dieser Prüfungsschein ist Bestandteil dieser Bauartzulassungsbescheinigung.</p> <p>Das elektrische Betriebsmittel / Der eigensichere Stromkreis muß mit dem Zulassungskennzeichen PTB Nr. II B/M - 25 593 und dem Explosionsschutz-Kurzzeichen (Ex) e G1, G2 oder G3 versehen sein.</p>	
 	





Normen	VDE 0171 Vorschriften für explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel
Zeitraum	etwa bis 1980
Englisch	keine offizielle Übersetzung vorhanden, da nur im Inland benötigt
Französisch	keine offizielle Übersetzung vorhanden, da nur im Inland benötigt
Kennzeichen	am Betriebsmittel




Kontrollbescheinigungen wurden erteilt, wenn mindestens gleichwertige Sicherheit auf andere Weise gewährleistet war. In VDE 0171/2.61, § 49 war die Sonderschutzart "s" wie folgt definiert:

"Andere ... Schutzarten von elektrischen Betriebsmitteln sind zulässig, wenn sich die Wirksamkeit der gewählten Schutzart bei der Prüfung auf Explosionssicherheit durch die Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, oder die Berggewerkschaftliche Versuchsstrecke, Dortmund-Derne, als ausreichend erwiesen hat."

Mit dieser Option sollte der technische Fortschritt gefördert werden.

<p>Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig und Berlin</p>  	
(1)	KONTROLLBESCHEINIGUNG
(2)	PTB Nr. Ex-94.C.2801
(3)	Diese Bescheinigung gilt für das elektrische Betriebsmittel Leuchte mit Leuchtstofflampen Typ 6000/.....
(4)	der Firma R. Stahl Schaltgeräte GmbH D-Künzelsau
(5)	Die Bauart dieses elektrischen Betriebsmittels sowie die verschiedenen zulässigen Ausführungen sind in der Anlage zu dieser Kontrollbescheinigung festgelegt.
(6)	Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt bescheinigt als Prüfstelle nach Artikel 14 der Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaften vom 18. Dezember 1975 (78/117/EWG) und nach Absprache mit den notifizierten Stellen der Mitgliedsstaaten gemäß Artikel 9 derselben Richtlinie, <ul style="list-style-type: none"> - daß dieses Betriebsmittel eine Sicherheit bietet, die derjenigen der harmonisierten Europäischen Normen für elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche (EN 50 014 ff.) mindestens gleichwertig ist - und daß dieses Betriebsmittel hierzu mit Erfolg einer Bauartprüfung unterzogen wurde. Die Ergebnisse dieser Bauartprüfung sind in einem vertraulichen Prüfprotokoll festgelegt. <p>Die bescheinigte Sicherheit basiert auf der Anwendung von</p> <p>EN 50 014:1977 + A1...A5 (VDE 0170/0171 Teil 1/1.87) Allgemeine Bestimmungen EN 50 018:1977 + A1...A3 (VDE 0170/0171 Teil 5/1.87) Druckfeste Kapselung "d" EN 50 019:1977 + A1...A3 (VDE 0170/0171 Teil 6/1.87) Erhöhte Sicherheit "e" mit Ausnahme von EN 50 019, 4.3.1. Die Anforderungen sind durch besondere konstruktive Maßnahmen ersetzt.</p>
(7)	Das Betriebsmittel ist mit dem folgenden Kennzeichen zu versehen: Ex s ed IIC T4 bzw. Ex s ed IIC T6
(8)	Der Hersteller ist dafür verantwortlich, daß jedes derart gekennzeichnete Betriebsmittel in seiner Bauart mit den in der Anlage zu dieser Bescheinigung aufgeführten Prüfungsunterlagen übereinstimmt und daß die vorgeschriebenen Stückprüfungen erfolgreich durchgeführt wurden.
(9)	Das elektrische Betriebsmittel darf mit dem hier abgedruckten gemeinschaftlichen Unterscheidungszeichen gemäß Anhang II der Richtlinie der Kommission vom 16. Januar 1984 (84/47/EWG) gekennzeichnet werden.
Im Auftrag	Braunschweig, 02.05.1995
 Dr.-Ing. Johannmeyer Oberregierungsrat	

Normen	nach ExsV, §8 und Rahmen-Richtlinie 76/117/EWG	
Zeitraum	bis 30.06.2003, abgelöst durch ATEX	
Englisch	Inspection Certificate	
Französisch	Certificate de Contrôle	
Kennzeichen	am Betriebsmittel	

EG-Baumusterprüfbescheinigungen werden durch eine "benannte Stelle" (notified body) erteilt, wenn die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen für die Konzeption und den Bau von Geräten zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen gemäß Anhang II der Richtlinie 94/9/EG eingehalten werden. Solche EG-Baumusterprüfbescheinigungen konnten seit dem 01.04.1996 erteilt werden. Seit 01.07.2003 dürfen zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen der Kategorie 1 oder 2 nur noch Betriebsmittel mit einer EG-Baumusterprüfbescheinigung in Verkehr gebracht werden.

Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Braunschweig und Berlin



EG-Baumusterprüfbescheinigung

- (1)
- (2) Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen - **Richtlinie 94/9/EG**
- (3) EG-Baumusterprüfbescheinigungsnummer



PTB 99 ATEX 3273

- (4) Gerät: Drehstrommotoren der Typenreihe .../D.XE.11.../...
- (5) Hersteller: Bauer Antriebstechnik GmbH
- (6) Anschrift: D-73726 Esslingen
- (7) Die Bauart dieses Gerätes sowie die verschiedenen zulässigen Ausführungen sind in der Anlage zu dieser Baumusterprüfbescheinigung festgelegt.
- (8) Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt bescheinigt als benannte Stelle Nr. 0102 nach Artikel 9 der Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaften vom 23. März 1994 (94/9/EG) die Erfüllung der grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen für die Konzeption und den Bau von Geräten und Schutzsystemen zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen gemäß Anhang II der Richtlinie.

Die Ergebnisse der Prüfung sind in dem vertraulichen Prüfbericht PTB Ex 98-30017 festgelegt.

- (9) Die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen werden erfüllt durch Übereinstimmung mit
EN 50014:1997 **EN 50019:1994**
- (10) Falls das Zeichen „X“ hinter der Bescheinigungsnummer steht, wird auf besondere Bedingungen für die sichere Anwendung des Gerätes in der Anlage zu dieser Bescheinigung hingewiesen.
- (11) Diese EG-Baumusterprüfbescheinigung bezieht sich nur auf Konzeption und Bau des festgelegten Gerätes gemäß Richtlinie 94/9/EG. Weitere Anforderungen dieser Richtlinie gelten für die Herstellung und das Inverkehrbringen dieses Gerätes.
- (12) Die Kennzeichnung des Gerätes muß die folgenden Angaben enthalten:

II 2 G EEx e II T1, T2, T3 oder T4

Zertifizierungsstelle Explosionsschutz
Im Auftrag

Braunschweig, 29. März 1999

Dr.-Ing. U. Epper
Regierungssekretär









Normen	nach Richtlinie 94/9/EG (ATEX 95)	
Zeitraum	seit 01.04.1996	
Englisch	EC Type Examination Certificate	
Französisch	Attestation d'examen CE de type	
Kennzeichen	am Betriebsmittel	

Konformitätsaussagen werden durch eine benannte Stelle abgegeben.

Auszug aus einem PTB-Merkblatt:

"Wenn ein Hersteller Geräte der Kategorie 3 in den Verkehr bringen will, kann er das Verfahren der internen Fertigungskontrolle gemäß Anhang VIII der Richtlinie 94/9/EG anwenden (94/9/EG, Artikel 8 Abschnitt 1,c). Eine *EG-Baumusterprüfung* ist somit nicht erforderlich. Eine Prüfung durch eine benannte Stelle kann auf Wunsch und gegen Kostenerstattung durchgeführt werden. Das Zertifikat wird *Konformitätsaussage* genannt, um eine Verwechslung mit der Kategorie 2 zu verhindern."

Physikalisch-Technische Bundesanstalt		PTB
Braunschweig und Berlin		
		
Konformitätsaussage		
(1)	Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen - Richtlinie 94/9/EG	
(2)	Prüfbescheinigungsnummer	
	PTB 99 ATEX 1115	
(3)	Gerät:	Steckvorrichtung Typ GHG 51. R....
(4)	Hersteller:	CEAG Sicherheitstechnik GmbH
(5)	Anschrift:	Neuer Weg 47, D-69412 Eberbach
(6)	Die Bauart dieses Gerätes sowie die verschiedenen zulässigen Ausführungen sind in der Anlage zu dieser Prüfbescheinigung festgelegt.	
(7)	Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt bescheinigt als benannte Stelle Nr. 0102 nach Artikel 9 der Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaften vom 23. März 1994 (94/9/EG) die Erfüllung der grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen für die Konzeption und den Bau von Geräten und Schutzsystemen zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen gemäß Anhang II der Richtlinie.	
(8)	Die Ergebnisse der Prüfung sind in dem vertraulichen Prüfbericht PTB Ex 99-19193 festgelegt.	
(9)	Die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen werden erfüllt durch Übereinstimmung mit	
	EN 50 021:1999	
(10)	Falls das Zeichen „X“ hinter der Bescheinigungsnummer steht, wird auf besondere Bedingungen für die sichere Anwendung des Gerätes in der Anlage zu dieser Bescheinigung hingewiesen.	
(11)	Diese Konformitätsaussage bezieht sich nur auf Konzeption und Bau des festgelegten Gerätes gemäß Richtlinie 94/9/EG. Weitere Anforderungen dieser Richtlinie gelten für die Herstellung und das Inverkehrbringen dieses Gerätes.	
(12)	Die Kennzeichnung des Gerätes muß die folgenden Angaben enthalten:	
	 II 3 G EEx nC IIC T6 bzw. T5	
	Zertifizierungsstelle Explosionsschutz Im Auftrag	Braunschweig, 16. September 1999
	Dr.-Ing. U. Klausmeyer, z.Z. abwesend Regierungsdirektor 	
		Seite 1/3
<small>Konformitätsaussagen ohne Unterschrift und ohne Siegel haben keine Gültigkeit. Diese Konformitätsaussage darf nur unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt. Physikalisch-Technische Bundesanstalt • Bundesallee 100 • D-38116 Braunschweig</small>		

Normen	nach Richtlinie 94/9/EG (ATEX 95); die Bezeichnungen werden von den benannten Stellen noch nicht einheitlich verwendet.	
Zeitraum	als Option seit 01.04.1996	
Englisch	Conformity Statement	
Französisch	Significate du Certificate de Conformité	
Kennzeichen	am Betriebsmittel	

1.3 Vorschriften für Errichten und Weiterbetrieb

Bei der **Errichtung von elektrischen Anlagen** sind zu beachten:
 DIN EN 60079-14 (VDE 0165 Teil 1): Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche Teil 14: Elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen (ausgenommen Grubenbaue) [1.5].

DIN EN 50281-1-2 (VDE 0165 Teil 2): Elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in Bereichen mit brennbarem Staub Teil 1-2: Auswahl, Errichten und Instandhaltung [1.15 in Teil III].

DIN EN 61241-14 (VDE 0165 Teil 2/A2): Elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in Bereichen mit brennbarem Staub Teil 14: Auswahl und Errichten.

Bei der **Beurteilung der Explosionsgefahr**, das heißt bei der Festlegung explosionsgefährdeter Bereiche, sind vom Betreiber die **"Regeln für das Vermeiden der Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre** mit Beispielsammlung; Explosionsschutzregeln (EX-RL)" [1.9] zu berücksichtigen. Sofern es sich um Sonderfälle handelt oder Zweifel über die Festlegung explosionsgefährdeter Bereiche bestehen, prüfen und entscheiden die Aufsichtsbehörden (Gewerbeaufsichtsamt, gegebenenfalls unter Mitwirkung von Berufsgenossenschaft, Technischer Überwachungsverein).

Zum **Weiterbetrieb** bestehender Anlagen finden sich Angaben in den EX-RL, E2, S.66 und in ATEX 137.

Grundsätzlich haben Altanlagen, die vor dem 01.07.2003 nach den früher gültigen Bestimmungen ordnungsgemäß errichtet und betrieben wurden, **"Bestandschutz"**, soweit sie den Mindestanforderungen der neuen Richtlinien entsprechen. Nachrüstungen können allerdings behördlich gefordert werden, wenn gravierende Sicherheitsmängel bestehen.

Die Auswirkungen der EG-Richtlinien auf die Rechtsgrundlagen für den Explosionsschutz können im Rahmen dieser Druckschrift nicht umfassend dargestellt werden; daher wird auf die kompetenten Ausführungen in [3.34] bis [3.38] verwiesen.

Übergangsfristen für den Betreiber

Der Stichtag 01.07.2003 ist vor allem für das "Inverkehrbringen" von neuen Betriebsmitteln, also auch für den Verkäufer, verbindlich. Für den Betreiber gibt es nach der BetrSichV eine Reihe von Übergangsfristen, die in nachfolgender Tabelle dargestellt werden (Quelle: *Stark, E. und Blob, B.* in der STAHL-Ex-Zeitschrift 2003).

Stichtag	Vorgang	betroffen
Vor 03.10.02 in Betrieb genommen	Explosionsschutzdokument bis 31.12.2005 erforderlich	Betreiber
01.01.2003	Für vorher in Betrieb genommene überwachungsbedürftige „Altanlagen“ ist der Weiterbetrieb mit alten Beschaffenheitsanforderungen möglich, Nachrüstung kann behördlich gefordert werden, wenn gravierende Sicherheitsmängel bestehen. Fortfall der VbF	Betreiber
30.06.2003	Geräte ohne EG-Konformitätsbescheinigung können noch in Betrieb genommen werden, wenn die Mindestanforderungen erfüllt werden, danach nur noch möglich, wenn sie vor dem 01.07.2003 in Verkehr gebracht waren.	Betreiber (Verkäufer)
31.12.2005	Explosionsschutzdokument muss für „Altanlagen“ mit explosionsgefährdeten Bereichen vorliegen (in Betrieb vor Inkrafttreten der BetrSichV)	Betreiber
bis 31.12.2007	Anwendung der Betriebsvorschriften (einschließlich wiederkehrender Prüfungen)	Betreiber

1.4 Elektrische Maschinen als Sonderfall des Ex-Schutzes

In der nachfolgenden Auswahl und Zusammenfassung sind die derzeit gültigen Bestimmungen berücksichtigt, soweit sie für Drehstrom-Getriebemotoren wichtig sind. Verbindlich ist die jeweils gültige Ausgabe der DIN-Normen, VDE-Bestimmungen oder gesetzlichen Verordnung.

Grundlegende Veränderungen ergeben sich derzeit aus den neuen europäischen Regelungen unter Einschluss von neuen europäischen Normen der CEN (Comité Européen de Normalisation).

In dieser Abhandlung ist der Schwerpunkt auf den **Explosionsschutz elektrischer Maschinen** gelegt. Neben den grundsätzlichen Bestimmungen für elektrische Betriebsmittel aller Art gelten für Elektromotoren einige spezielle Anforderungen.

Für eine ausführliche Behandlung des Explosionsschutzes elektrischer Maschinen sprechen unter anderen folgende Gründe:

- Elektromotoren arbeiten in relativ großen Stückzahlen in explosionsgefährdeten Bereichen, weil das an sich zu bevorzugende Prinzip einer Aufstellung außerhalb des Gefahrenbereiches entweder nur mit hohem Aufwand (mechanische statt elektrische Energieübertragung) oder gar nicht zu realisieren wäre (Bild 1.4.1).
- So sind beispielsweise allein in den Werken der BASF fast 100 000 explosionsgeschützte Elektromotoren in Betrieb.
- Elektromotoren arbeiten unter sehr unterschiedlichen Belastungsbedingungen (Leerlauf – Nennlast – Überlast – Kurzschluss mit festgebremstem Läufer), sodass der Überlastungsschutz beispielsweise auf eine Stromaufnahme im Verhältnis 1 : 15 angemessen reagieren muss.
- Elektromotoren sind bestimmungsgemäß mit hoher Geschwindigkeit in Bewegung und können daher auch aus mechanischen Gründen (z. B. Streifen) einen Zündanlass bieten.

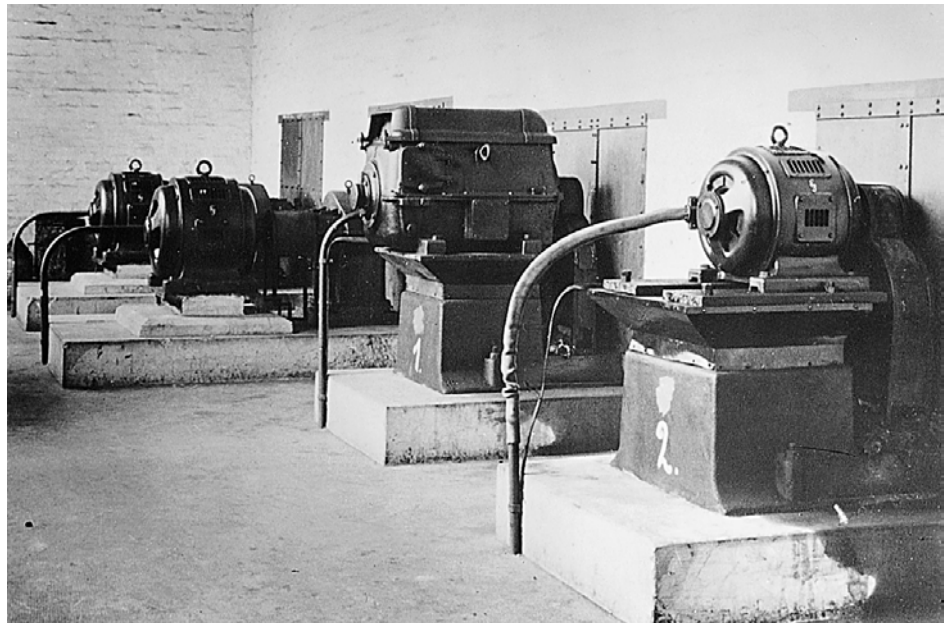


Bild 1.4.1

Elektrische Antriebe in normaler, durchzugbelüfteter Ausführung außerhalb des explosionsgefährdeten Bereiches – eine Variante des "primären Explosionsschutzes", die in der modernen Antriebstechnik kaum mehr zu finden ist (Aufnahme aus dem Jahr 1920 mit freundlicher Genehmigung der Fa. BASF)

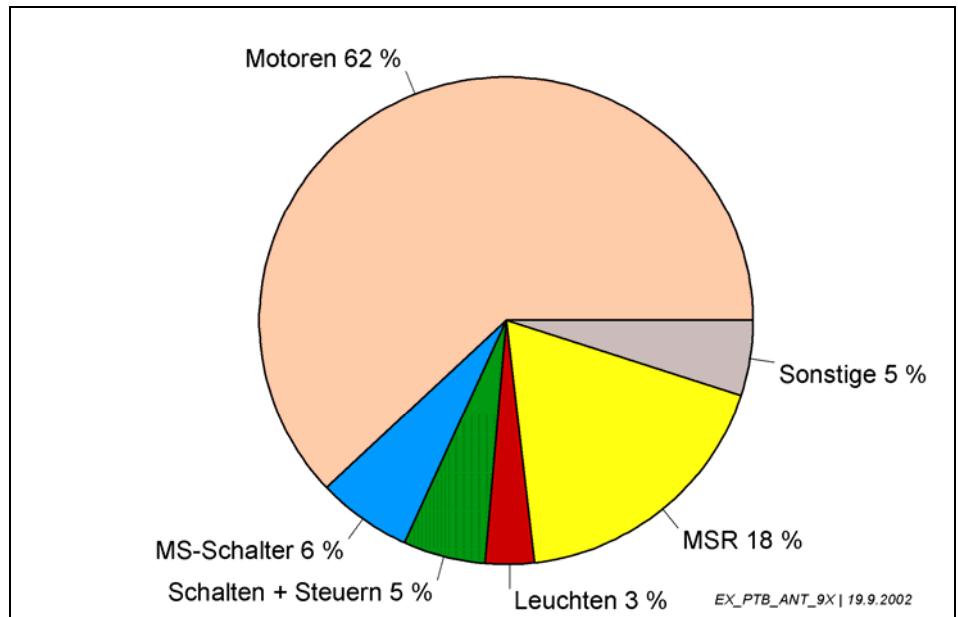


Bild 1.4.2
Anteile der Betriebsmittelarten an den Prüfbescheinigungen der PTB
Mittelwert der Jahre 1990 ... 1999

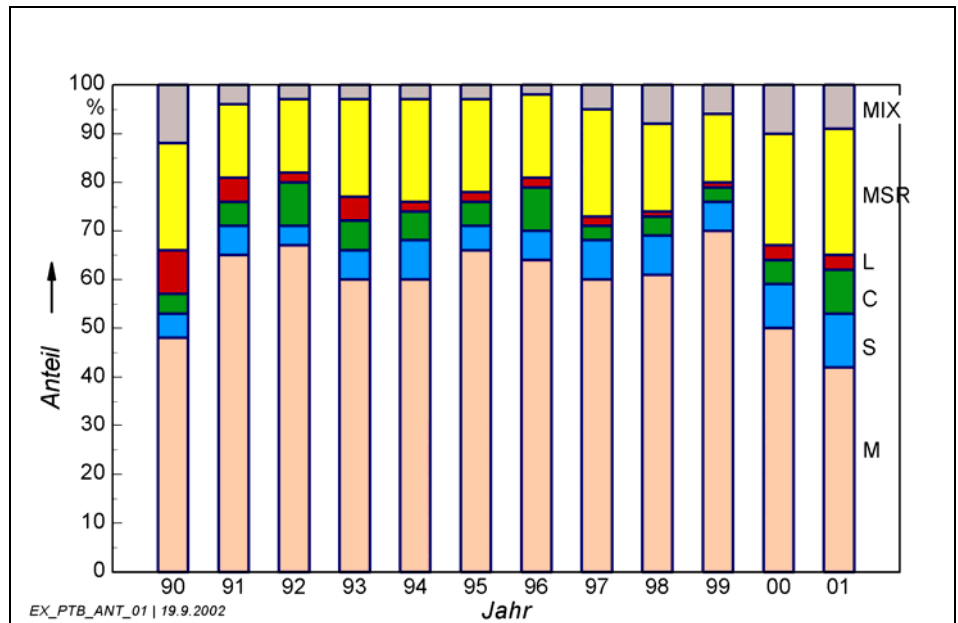


Bild 1.4.3
Veränderung der Anteile wichtiger Betriebsmittel-Gruppen an den Prüfungen
der PTB (1990 ... 2001)

- M Elektrische Maschinen
- S Motorschutzchalter
- C Schalt- und Steuergeräte
- L Leuchten und Zubehör
- MSR Mess-, Regel- und Fernmeldegeräte
- MIX Sonstige elektrische Betriebsmittel

2 Harmonisierung der Normen

Auf dem Gebiet des Explosionsschutzes wurde eine weitgehende **Harmonisierung der Normen in Europa** erreicht. Weltweit gelten vergleichbare Normen der IEC (International Electrotechnical Commission), die jedoch in Nordamerika nur zögernde Akzeptanz finden.

2.1 Europäische Normen des CENELEC

Dem **CENELEC** (Comité Européen de Normalisation Électrotechnique = Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung) gehören derzeit die elektrotechnischen Komitees von 28 Ländern an: Belgien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern

EN	Kurztitel	IEC und teilw. künftig EN
50014	Allgemeine Bestimmungen	60079-0
50015	Ölkapselung "o"	60079-6
50016	Überdruckkapselung "p"	60079-2
50017	Sandkapselung "q"	60079-5
50018	Druckfeste Kapselung "d"	60079-1(-1)
50019	Erhöhte Sicherheit "e"	60079-7
50020	Eigensicherheit "i"	60079-11
50021	Zündschutzart "n"	60079-15
50028	Vergusskapselung "m"	60079-18
50039	Eigensichere elektrische Systeme	60079-25
50281	Staubexplosionsschutz	61241
50284	Anforderungen bei Kategorie 1G	60079-26

Diese Normen wurden sach- und formgetreu in die nationalen Normenwerke übernommen, wobei die EN-Nummern teilweise durch die jeweiligen Normenreihen der Länder ergänzt wurden; z. B.

Land	Allg. Bestimmungen	"d"	"e"
International	EN 50014	EN 50018	EN 50019
Belgien	NBN EN 50014	NBN EN 50018	NBN EN 50019
Dänemark	AFSNIT 50	AFSNIT 50-4	AFSNIT 50-5
Deutschland	DIN EN 50014	DIN EN 50018	DIN EN 50019
	VDE 0170/71 T. 1	VDE 0170/71 T.5	VDE 0170/71 T.6
Finnland	SFS 4094	SFS 4098	SFS 4099
Frankreich	NF EN 50014	NF EN 50018	NF EN 50019
Großbritannien	BS EN 50014	BS EN 50018	BS EN 50019
Italien	CEI EN 50014	CEI EN 50018	CEI EN 50019
Niederlande	NEN EN 50014	NEN EN 50018	NEN EN 50019
Norwegen	NEN 110	NEN 114	NEN 115
Österreich	ÖVE EX/EN 50014	ÖVE EX/EN 50018	ÖVE EX/EN 50019
Schweden	SS EN 50014	SS EN 50018	SS EN 50019
Schweiz	SEV EN 50014	SEV EN 50018	SEV EN 50019
Spanien	UNE 21814	UNE 21818	UNE 21819

Die Übergangsfrist für die Ablösung früherer nationaler Normen wurde von den einzelnen Ländern unterschiedlich ausgenutzt. In Deutschland galten die Bestimmungen VDE 0170/0171/2.61 bis zum 01. 05. 1988. Nach diesem Zeitpunkt konnten Neuentwicklungen nur noch nach den neuen Europäischen Normen der Reihe EN 50014 bis EN 50020 geprüft und bescheinigt werden.

Elektrische Betriebsmittel mit einer Zulassung auf der Basis von VDE 0171/2.61 dürfen jedoch weiterhin betrieben werden.

Die Harmonisierung wurde inzwischen auch auf den Bereich der **Errichtung** ausgedehnt. Unter aktiver Mitwirkung deutscher Fachleute wurde zunächst mit der Veröffentlichung der IEC 60079-14 ein wichtiger Schritt zur internationalen Angleichung der Errichtungsbestimmungen getan. Diese Norm stützt sich weitgehend auf die Festlegungen in DIN VDE 0165; die entsprechende Europannorm für den Gasexplosionsschutz heißt EN 60079-14.

2.2 EG-Richtlinien

Die Mitgliedstaaten der **Europäischen Gemeinschaft (EG)** haben sich in den Römischen Verträgen zu einem Abbau der Handelshemmnisse verpflichtet. Die unterschiedlichen Bau- und Prüfvorschriften für explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel und die zum Teil gesetzlich vorgeschriebene Zulassung durch eine nationale Prüfstelle waren ein solches Handelshemmnis.

In der "Richtlinie des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten betreffend die allgemeinen Bestimmungen für die Bauart bestimmter Zündschutzarten für elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in explosibler Atmosphäre" (kurz: **EG-Rahmenrichtlinie**) wurde festgelegt, dass die EG-Mitgliedstaaten den freien Warenverkehr nicht verbieten dürfen, wenn elektrische Betriebsmittel den Europäischen Normen entsprechen. In der zugehörigen Einzelrichtlinie sind Einzelheiten der Bescheinigungen und Kennzeichnung festgelegt. Die Prüfbescheinigungen von "benannten" Prüfstellen sollen in der EG gegenseitig anerkannt werden.

Umsetzung des EWG-Vertrages	
Angleichung der Rechtsvorschriften zur Schaffung des Binnenmarktes	Sozialvorschriften zur Verbesserung der Arbeitsumwelt
Art. 95 ⇒ »ATEX 95« (früher Artikel 100a) ¹⁾	Art. 137 ⇒ »ATEX 137 « (früher Artikel 118a) ¹⁾
Beschaffenheit	Errichtung und Betrieb
Richtlinie 94/9/EG	Richtlinie 1999/92/EG
Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen	Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphäre gefährdet werden können
Umsetzung in nationales Recht	Umsetzung in nationales Recht
ElexV vom 13.12.1996	BetrSichV vom 27.09.2002
Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen	Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit von überwachungsbedürftigen Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes Betriebssicherheitsverordnung

¹⁾ Die neuen Bezeichnungen haben sich im Sprachgebrauch weitgehend durchgesetzt

Benannte Stellen in Europa (Auswahl):

Stelle	Land	Reg. Nr.	Stelle	Land	Reg. Nr.
ISSeP	BE	0492	KEMA	NL	0344
DEMKO	DK	0539	NEMKO	NO	0470
LOM	ES	0163	VTT	FI	0537
CESI	IT	0722	TÜV-A	AT	0408
LCIE; INERIS	FR	0081; 0080	SE	SP	0163
EECS: SIRA; ITS	GB	0600; 0518 0359			

Die Verpflichtung zur gegenseitigen Anerkennung von Prüfungsscheinen der nationalen Prüfstellen gilt derzeit offiziell nur für die EG-Mitglieder, nicht jedoch für die übrigen CENELEC-Staaten.

Benannte Stellen in Deutschland (Auswahl):

Stelle	Ort	Reg. Nr.	Stelle	Ort	Reg. Nr.
TÜV Nord	Hannover	0032	DGZM	Frankfurt	0297
TÜV NRW	Köln	0035	FSA	Mannheim	0588
PTB	Braunschweig	0102	BAM	Berlin	0589
TÜV Südd.	München	0123	IBExU	Freiberg	0637
EXAM (DMT)	Bochum	0158	Zelmex	Braunschweig	0820

2.3 Gerätegruppen und Kategorien

Die ATEX 95 enthält folgende Entscheidungskriterien für die Einteilung in Gerätegruppen und Kategorien:

Geräteeinteilung							
Gruppe I (Bergwerke, Grubengas)		Gruppe II (sonstige durch Gas oder Stäube explosionsgefährdete Bereiche)					
Kategorie M		Kategorie 1		Kategorie 2		Kategorie 3	
1	2	G (Gas) Zone 0	D (Staub) Zone 20	G (Gas) Zone 1	D (Staub) Zone 21	G (Gas) Zone 2	D (Staub) Zone 22
wie (a)	wie (d)	(a) sehr hohes Maß an Sicherheit auch bei selten auftretenden Gerätestörungen		(d) hohes Maß an Sicherheit		normales Maß an Sicherheit	
wie (b)	(e)	(b) sicher bei zwei unabhängigen Fehlern		sicher bei üblicher Gerätestörung		sicher bei normalem Betrieb	
wie (c)		(c) zwei redundante Schutzmaßnahmen					

(e) - sicher unter normalen und schweren Bedingungen

2.4 Kennzeichnung (alt)

Beispiel

Bescheinigung durch eine anerkannte Prüfstelle eines EG-Mitglieds

Europäische Normen EN

Explosionsschutz

Zündschutzart

- Ölkapselung
- Überdruckkapselung
- Sandkapselung
- Druckfeste Kapselung
- Erhöhte Sicherheit
- Eigensicherheit

Anwendungsbereich

- Schlagwettergefährdete Grubenbaue
- Sonstige explosionsgefährdete Bereiche

Explosionsgruppe (zusammen mit II)

- Grenzspaltweite (MESG)
- MESG > 0,9 mm
- 0,5 ≤ MESG ≤ 0,9 mm
- MESG < 0,5 mm

Temperaturklasse

- Grenztemperatur
- 450 °C
- 300 °C
- 200 °C
- 135 °C
- 100 °C
- 85 °C



E Ex d II B T3

o
p
q
d
e
i

I
II

A
B
C

T1
T2
T3
T4
T5
T6

2.5 Bestandteile der Nummer eines Prüfungsscheines

Die anerkannten Prüfstellen innerhalb der EG haben sich auf einen einheitlichen Aufbau der Nummer einer Konformitätsbescheinigung geeinigt. Im nachfolgenden Beispiel ist die PTB als Prüfstelle eingesetzt:

PTB Nr. EX - 90 - E. 2 999

Kurzzeichen der Prüfstelle

Kennzeichen für Explosionsschutz

Jahr der Ausgabe

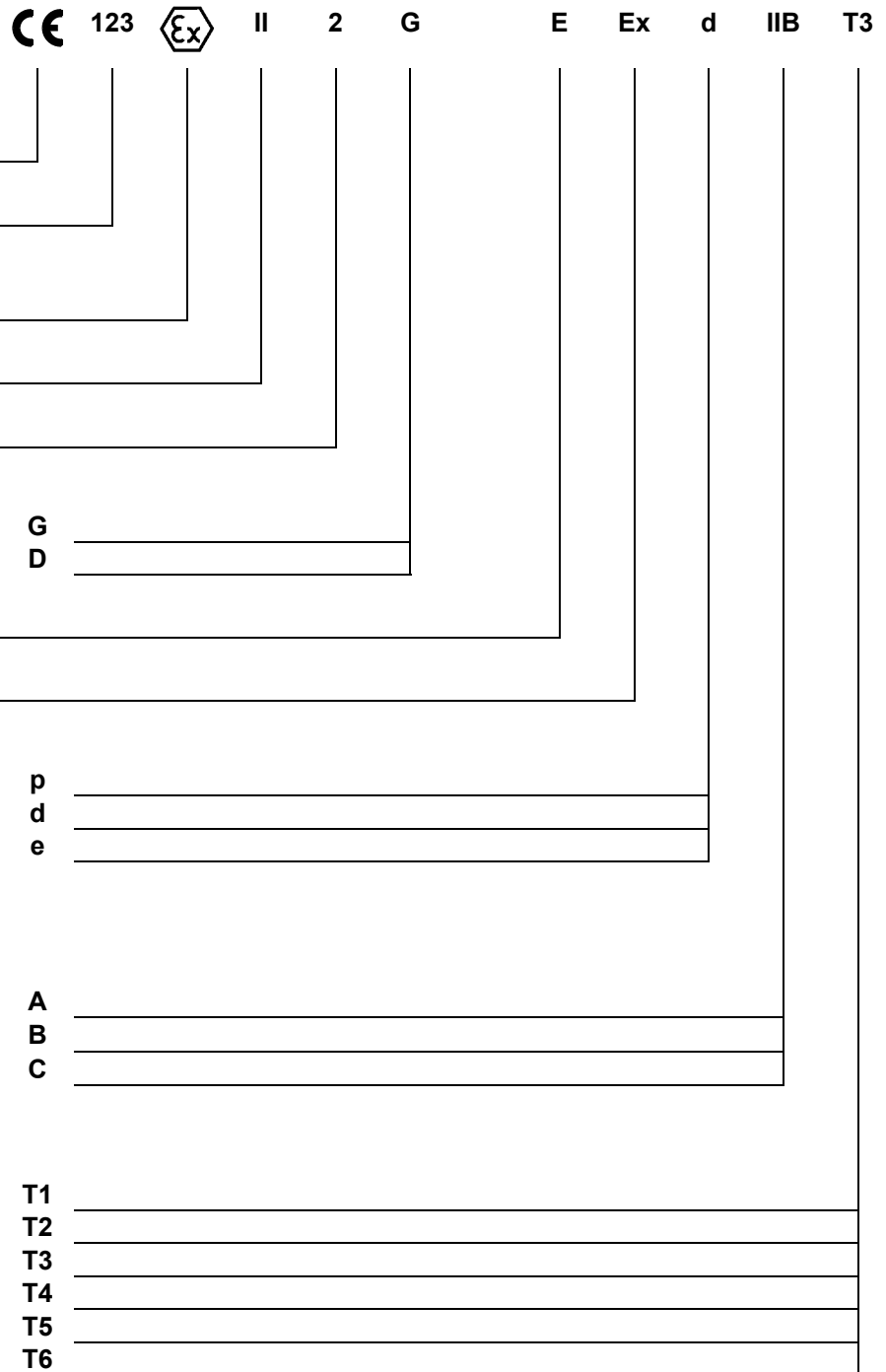
Normenstand nach EN ("Generation")

Ziffer für Laboratorium (1, 2, 3) der PTB


Laufende Nummer

2.6 Kennzeichnung (neu)

Beispiel
(für elektrische Maschinen)




Diese Darstellung entspricht dem derzeitigen Stand der einschlägigen Veröffentlichungen. Die neue Kennzeichnung kann seit 03. 1994 und muss seit 01.07.2003 verwendet werden, wenn das Betriebsmittel der Richtlinie 94/9/EG entspricht.




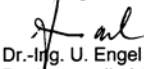

* Das Symbol  hatte nach den alten Bestimmungen und für den Praktiker die Bedeutung, dass das Betriebsmittel einer Baumusterprüfung durch eine benannte Stelle unterzogen worden war (vgl. z. B. ElexV alt , Anhang).

Es ist jetzt nach ATEX 95, Anhang II, 1.0.5, das "spezielle Kennzeichen zur Verhütung von Explosionen ...". Es kann demzufolge vom Hersteller ohne Prüfung durch eine benannte Stelle auf Betriebsmittel der Kategorie 3 aufgebracht werden, sofern die sachlichen Voraussetzungen erfüllt sind.

2.7 QS des Herstellers

Nach den neuen Richtlinien müssen die Hersteller von explosionsgeschützten elektrischen Betriebsmitteln zu dem bereits vorhandenen allgemeinen QM-System-Zertifikat ein -spezifisches Zusatz-Audit erlangen.

Nachstehend ist die entsprechende Mitteilung der PTB für die Anerkennung der Qualitätssicherung Produktion der Fa. Danfoss Bauer GmbH gezeigt:

Physikalisch-Technische Bundesanstalt		
Braunschweig und Berlin		
		
Mitteilung		
über die Anerkennung der Qualitätssicherung Produktion		
(2)	Geräte oder Schutzsysteme oder Komponenten zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen - Richtlinie 94/9/EG	
(3)	Mitteilungsnummer: PTB 98 ATEX Q015-1	
(4)	Produktgruppe(n): Drehstrom- Getriebemotoren mit und ohne Bremse in den bestimmenden Zündschutzarten Erhöhte Sicherheit "e" und Druckfeste Kapselung "d"	
Die benannte Stelle führt eine Liste der EG-Baumusterprüfbescheinigungen, für die diese Mitteilung gilt.		
(5)	Antragsteller: Danfoss Bauer GmbH Eberhard-Bauer-Str. 36-60, 73734 Esslingen, BRD	
(6)	Herstellungsort: Eberhard-Bauer-Str. 36-60, 73734 Esslingen, BRD Ingolstädter Straße 59, 85716 Unterschleißheim-Lohhof, BRD	
(7)	Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), benannte Stelle Nr. 0102 für Anhang IV nach Artikel 9 der Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaften 94/9/EG vom 23. März 1994, teilt dem Antragsteller mit, daß der Hersteller ein Qualitätssicherungssystem für die Produktion unterhält, das dem Anhang IV dieser Richtlinie genügt.	
(8)	Diese Mitteilung basiert auf dem vertraulichen Auditbericht Nr. 01QS036, ausgestellt am 26. November 2001. Die Mitteilung ist gültig bis 20. September 2004 und kann zurückgezogen werden, wenn der Hersteller die Anforderungen des Anhangs IV nicht mehr erfüllt.	
Die Ergebnisse der regelmäßigen Begutachtung des Qualitätssicherungssystems sind Bestandteil dieser Mitteilung.		
(9)	Gemäß Artikel 10 (1) der Richtlinie 94/9/EG ist hinter der CE-Kennzeichnung die Kennnummer 0102 der PTB als der benannten Stelle anzugeben, die in der Produktionsüberwachungsphase tätig wird.	
Zertifizierungsstelle Explosionsschutz Im Auftrag		Braunschweig, 30. November 2001
 Dr.-Ing. U. Engel Regierungsdirektor		
		Seite 1/1
<small>Mitteilungen ohne Unterschrift und ohne Siegel haben keine Gültigkeit. Diese Mitteilung darf nur unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt. Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Bundesallee 100, D-38116 Braunschweig</small>		

2.8 Bestandschutz und Übergangsregeln

Die Richtlinie 94/9/EG (ATEX 95) gilt für das "Inverkehrbringen" von Geräten und Schutzsystemen.

Inverkehrbringen bedeutet, Produkte entgeltlich oder unentgeltlich zum ersten Mal auf dem EU-Markt zum Zweck des Vertriebs und/oder der Verwendung in der EU verfügbar machen.

Quelle: ATEX-Leitlinien Mai 2000, Abschnitt 3.1

- Vom Hersteller für Neuanlagen: **nur nach ATEX.**
- Vom Lager eines Zwischenhändlers oder Betreibers: **auch mit alter Bescheinigung zulässig.**
- Instandgesetztes Betriebsmittel: **zulässig zur Verwendung in der alten Anlage.**
- Ersatzteile zur Instandsetzung eines alten Betriebsmittel: **zulässig.**

Für **Altanlagen** besteht grundsätzlich **Bestandschutz**, sofern sie nach den früher gültigen Beschaffenheitsanforderungen gebaut und ordnungsgemäß betrieben wurden.

Eine Nachrüstung kann erforderlich werden, wenn bei der spätestens zum 31.12.2005 verlangten Erstellung des Explosionsschutzdokuments festgestellt wird, dass z.B. bei alten Betriebsmitteln für Zone 2 oder 11 die nach [1.6] geforderte "gute Industriequalität" den Mindestanforderungen der Richtlinie bei bestimmten Einsatzbedingungen nicht genügt.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick zu den verschiedenen Stichtagen.

Stichtag	Vorgang	betroffen
Vor 03.10.02 in Betrieb genommen	Explosionsschutzdokument bis 31.12.2005 erforderlich	Betreiber
01.01.2003	Für vorher in Betrieb genommene überwachungsbedürftige „Altanlagen“ ist der Weiterbetrieb mit alten Beschaffenheitsanforderungen möglich, Nachrüstung kann behördlich gefordert werden, wenn gravierende Sicherheitsmängel bestehen.	Betreiber
30.06.2003	Geräte ohne EG-Konformitätsbescheinigung können noch in Betrieb genommen werden, wenn die Mindestanforderungen erfüllt werden, danach nur noch möglich, wenn sie vor dem 01.07.2003 in Verkehr gebracht waren.	Betreiber (Verkäufer)
31.12.2005	Explosionsschutzdokument muss für „Altanlagen“ mit explosionsgefährdeten Bereichen vorliegen (in Betrieb vor Inkrafttreten der BetrSichV)	Betreiber
bis 31.12.2007	Anwendung der Betriebsvorschriften (einschließlich wiederkehrender Prüfungen)	Betreiber

Tabelle 2.8 Übergangsfristen für Betreiber nach BetrSichV (ATEX 137)

Quelle: Stark, E. und Blob, A. in STAHL-Ex-Zeitschrift 2003

Literaturverzeichnis zu Teil I "Allgemeines" und Teil II "Gas-Explosionsschutz"

1 Nationale und europäische Gesetze, Normen, Bestimmungen, Vorschriften

- 1.1 VDE 0170/0171 : 1961 (überholt)
Vorschriften für explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel, mit Änderungen d / 2.65 und f / 1.69
- 1.2 DIN EN 50014 (VDE 0170-1)
Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche – Allgemeine Bestimmungen
- 1.3 DIN EN 50018 (VDE 0170-5)
Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche – Druckfeste Kapselung "d"
- 1.4 DIN EN 50019 (VDE 0170-6)
Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche – Erhöhte Sicherheit "e"
- 1.5 DIN EN 60079-14 (VDE 0165-1)
Elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen (ausgenommen Grubenbaue)
- 1.6 DIN VDE 0165 : 1991 (überholt)
Errichten elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen
- 1.7 DIN VDE 0166 : 1996 (Entwurf)
Errichten elektrischer Anlagen in durch explosionsgefährliche Stoffe gefährdeten Bereichen
- 1.8 ElexV
Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen
Bundesgesetzblatt Jahrgang 1996, Teil I, Nr. 65
- 1.9 EX-RL
Regeln BGR 104 (bislang ZH1/10) "Explosionsschutz-Regeln", Ausgabe 7.2000
Regeln für das Vermeiden der Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre, mit Beispielsammlung
Fachausschuss "Chemie" der BGZ
- 1.10 Richtlinie Nr. 4 "Statische Elektrizität" Ausgabe 4/1980
Richtlinien für die Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen
BG Chemie
- 1.11 a) *Nabert, K.; Schön, G.:*
Sicherheitstechnische Kennzahlen brennbarer Gase und Dämpfe
Deutscher Eichverlag, Braunschweig 1963, mit 5. Nachtrag 1980
b) Sicherheitstechnische Kenngrößen
Band 1: Brennbare Flüssigkeiten und Gase
Brandes, E.; Möller, W.:
NW-Verlag, Bremerhaven, 2003
c) Datenbank im Internet:
CHEMSAFE über DECHEMA
- 1.12 *Jeiter, W.; Nöthlichs, M.:*
Explosionsschutz; Explosionsschutzverordnung (ExVO); Verordnung über elektrische Anlagen
in explosionsgefährdeten Räumen (ElexV); Kommentar und Textsammlung
Erich Schmidt Verlag, Bielefeld 1998
- 1.13 DIN EN 50021 (VDE 0170-16)
Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche – Zündschutzart "n"
- 1.14 DIN EN 60079-10 (VDE 0165-101) = EN 60079-10
Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche – Einteilung der
gasexplosionsgefährdeten Bereiche
- 1.15 DIN EN 60079-14 (VDE 0165-1)
Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche – Elektrische Anlagen in
explosionsgefährdeten Bereichen (ausgenommen Grubenbaue)
- 1.16 DIN EN 60079-17 (VDE 0165-10)
Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche – Prüfung und Instandhaltung
elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen (ausgenommen Grubenbaue)

- 2.1 IEC 60079-0
Electrical apparatus for explosive gas atmospheres
General requirements
- 2.2 IEC 60079-7
Electrical apparatus for explosive gas atmospheres
Increased safety "e"
- 2.3 IEC 60079-10 (= DIN EN 60079-10 / VDE 0165-101)
Electrical apparatus for explosive gas atmospheres
Classification of hazardous areas
- 2.4 IEC 60079-14
Electrical apparatus for explosive gas atmospheres
Electrical installations in hazardous areas (other than mines)
- 2.5 IEC 60079-15
Electrical apparatus for explosive gas atmospheres
Type of protection "n"
- 2.6 IEC 60079-17
Electrical apparatus for explosive gas atmospheres
Inspection and maintenance of electrical installations in hazardous areas (other than mines)
- 2.7 IEC 60079-19
Electrical apparatus for explosive gas atmospheres
Repair and overhaul for apparatus used in explosive atmospheres (other than mines and explosives)
- 2.8 DIN EN 60079-17 (VDE 0170-10-1)
Prüfung und Instandhaltung elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen (ausgenommen Grubenbaue)
- 2.9 IEC 60529
Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)
- 2.10 NEC
National Electrical Code der National Fire Protection Association (NFPA)
Boston, USA
- 2.11 NFPA 497M
Manual for classification of gases, vapors and dusts for
electrical equipment in hazardous (classified) locations
- 2.12 UL 674
Electric motors and generators for use in hazardous locations
Class I, Groups C and D; Class II, Groups E, F and G
Underwriters Laboratories Inc.
- 2.13 BUREAU VERITAS
Rules and regulations for the classification of steel ships
- 2.14 CEC
Canadian Electrical Code
CSA Standard C 22.1
- 2.15 CSA Standard C 22.2 No. 25
Enclosures for use in Class II, Groups E, F and G hazardous locations

3 Bücher, Broschüren, Fachaufsätze

- 3.1 *Olenik, H.; Rentzsch, H.; Wettstein, W.:*
Handbuch für Explosionsschutz
BBC-Fachbuchreihe, Verlag Girardet, Essen 1983
- 3.2 *Dreier, H.; Stadler, H.; Engel, U.; Wickboldt, H.:*
Explosionsschutzte Maschinen der Schutzart "Erhöhte Sicherheit" (Ex)e
Band 3 der PTB-Prüfregeln
Deutscher Eichverlag GmbH, Braunschweig 1969; Nachdruck 1978,
zu beziehen durch das Referat "Schrifttum" der PTB, Braunschweig
- 3.3 *Dreier, H.; Krovoza, F.:*
Richtlinien für die Instandsetzung explosionsschutzter elektrischer Betriebsmittel
Zeitschrift Technische Überwachung 8 (1967) 10, S. 362 ... 363,
und Arbeitsschutz Nr. 1968 H.3, S. 79 ... 81
- 3.4 *Wintrich, H. und Degener, C.H.:*
Explosionsschutzte Reibungsbremsen
PTB-Mitteilungen 1968 H.2, S. 95 ... 100
- 3.5 *Dreier, H. und Hofer, D.:*
Neues Prüf- und Bescheinigungsverfahren für explosionsschutzte elektrische Betriebsmittel
PTB-Mitteilungen 90 (1980), S. 293
- 3.6 *Slominski, W. R.:*
Über die Inkraftsetzung der Europäischen Normen EN 50014 ... 50 20
STAHL-Ex-Zeitschrift (1978)
- 3.7 *Wimmer, H.W.:*
Elektrische explosionsschutzte Betriebsmittel für die Zone 2
STAHL-Ex-Zeitschrift (1998)
- 3.8 *Wettstein, W.:*
Konsequenzen aus der internationalen Harmonisierung der Baubestimmungen VDE 0171 für die
Errichtungsbestimmungen VDE 0165 elektrischer Anlagen für explosionsgefährdete Bereiche
STAHL-Ex-Zeitschrift (1979)
- 3.9 *Dreier, H.; Wettstein, W.; Bauer, K.; Fütterer, R.; Reissig, W.:*
Elektrische Ausrüstungen in explosionsgefährdeten Betriebsstätten
Vorträge der VDE-Arbeitsgemeinschaft 1974 des VDE-Bezirksvereins Frankfurt/Main
VDE-Verlag GmbH, Berlin (1975)
- 3.10 *Greiner, H.:*
IP-Schutzarten
Sonderdruck SD 197 der Firma Danfoss Bauer GmbH
- 3.11 *Greiner, H.:*
Umrichter-Motoren
Sonderdruck SD 2996 der Firma Danfoss Bauer GmbH
- 3.12 *Greiner, H.:*
Schutzmaßnahmen bei Getriebemotoren
Publikation der Firma Danfoss Bauer GmbH
- 3.13 *Greiner, H.:*
Elektrische Antriebe mit Getriebe-Motoren
Publikation der Firma Danfoss Bauer GmbH
- 3.14 *Nachtkamp, J.:*
Einsatzmöglichkeiten drehzahlregelbarer Antriebe in der chemischen Industrie
Chem. Ingenieurtechnik 55 (1982) Heft 8
- 3.15 *Nowak, K.:*
Normen und Schutzarten für die Elektroinstallation
Richard Pflaum Verlag, München (1985)

- 3.16 *Rentzsch, H.:*
Explosionsschutz elektrischer Anlagen – 50 Jahre VDE 0165
ETZ Bd. 106 (1985) Heft 15
- 3.17 *Korger, G.:*
Die Verwaltungspraxis bei der Durchführung der Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen
Vortragsmanuskript zum Lehrgang "Explosionsschutz elektrischer Anlagen"
an der Technischen Akademie Esslingen
- 3.18 Explosionsschutz in der Elektrotechnik für energie- und leittechnische Anlagen
VDE-Bezirksverein Frankfurt, VDE-Verlag, Berlin (1983)
- 3.19 *Linnenbrink, H.:*
Einsatz von drehzahlgeregelten Antrieben im Ex-Bereich
RTP, (1982) Heft 11
- 3.20 *Brunner, H.:*
Beispiele moderner Antriebstechnik zur Energieeinsparung und Verfahrensverbesserung
Chemische Industrie 34, (1982) H.5
- 3.21 *Engel, U. und Wickboldt H.:*
Umrichtergespeiste Drehstromantriebe
PTB-Mitteilungen 98, (1988) H.1
- 3.22 *Dreier, H. und Gehm K.-H.:*
40 Jahre Explosionsschutz elektrischer Betriebsmittel in der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt
PTB-Mitteilungen 97, (1987) H.5
- 3.23 *Engel, U.; Wickboldt H.:*
Explosionsschutz Drehstrommotoren und die neuen Normspannungen
ETZ Band 112 (1991), Heft 20
- 3.24 Abschlussbericht der PTB:
Grundsatzuntersuchungen für explosionsschutz elektrische Betriebsmittel zum Einsatz in Zone 2
- 3.25 *Grass, H.:*
Verhalten explosionsschutz Drehstrommotoren bei 400 V
ETZ Band 113 (1992), Heft 21
- 3.26 *Grass, H.:*
Explosionsschutz Drehstrommotoren in Zündschutzart "Druckfeste Kapselung"
Sichere Antriebskomponenten auch im Umrichterbetrieb
- 3.27 *de Haas, K.:*
Installationstechnik in der Zone 2
11. Ex-Sachverständigen-Seminar 1991
- 3.28 *Engel, U.; Wickboldt H.:*
Explosionsschutz bei Umrichterantrieben
Tagungsunterlagen zum ZVEI / FV1 Erfahrungsaustausch Umrichterspeisung, 1993
- 3.29 *Greiner, H.:*
Neue Normspannung 400 V nach IEC 38 : Weiterbetrieb oder Umwicklung von Drehstrommotoren ?
ema, Elektrische Maschinen, (1993) H.4
- 3.30 *Grass, H.:*
Explosionsschutz Industriemotoren entsprechend Europeanorm
Technische Information der Firma Felten & Guillaume
- 3.31 Fachverband Stromrichter im ZVEI :
Energieeinsparung durch drehzahlveränderliche elektrische Antriebe
ETZ Bd.101 (1980), H. 5
- 3.32 *Falk, K.:*
Explosionsschutz Elektromotoren
VDE-Schriftenreihe 64, VDE-Verlag, Berlin (1997); Neuausgabe *Falk, Hofbauer* (2004)

- 3.33 *Cole, M. T.; Stoyanow, J. S.; Völker, P.:*
Explosionsschutz in den USA und Kanada
STAHL-Ex-Zeitschrift (1996)
- 3.34 *Neudecker, M.; Wehinger, H.:*
Die neue europäische Ex-Schutz-Richtlinie
ETZ Bd. 115 (1994), H. 21
- 3.35 *Mattes, H.:*
Einheitliche Spielregeln für den europäischen Explosionsschutz
STAHL-Ex-Zeitschrift (1997)
- 3.36 *Wehinger, H.:*
Veränderungen in den Rechtsgrundlagen des Explosionsschutzes
STAHL-Ex-Zeitschrift (1996)
- 3.37 *Nowak, K.:*
Elektrischer Explosionsschutz – Beginn der Neuregelung 1997
de (1996) H. 21
- 3.38 *Pester, J.:*
Explosionsschutz elektrischer Anlagen
Verlag Technik Berlin / VDE-Verlag Berlin, Offenbach (1998); Neuauflage (2004)
- 3.39 *Lawrence, W.G.; Berner, W.:*
Das Zonen-System in den USA
STAHL-Ex-Zeitschrift (1999)
- 3.40 *Nowak, K.:*
Elektroinstallation in staubexplosionsgefährdeten Bereichen
de (1999) H. 15-16/
- 3.41 *Limbacher, B.; Berner, W.:*
Elektrische Betriebsmittel der Zündschutzart "n" für explosionsgefährdete Bereiche der Zone 2
STAHL-Ex-Zeitschrift (1998)
- 3.42 *Greiner, H.; u.a.:*
Elektroinstallation und Betriebsmittel in explosionsgefährdeten Bereichen
Hüthig & Pflaum Verlag, Heidelberg (2006) (2. Auflage; früher Olenik u.a.)
- 3.43 *Kloska, M.:*
Normung im Bereich des nichtelektrischen Explosionsschutzes
STAHL-Ex-Zeitschrift (1999)
- 3.44 *Sturm, W. u. a.:*
Schalten, Schützen, Verteilen in Niederspannungsnetzen
SIEMENS-Handbuch; Publicis MCD Verlag, Erlangen (1997)
- 3.45 *Bothe H.:*
Europäische Normung für nichtelektrische explosionsgeschützte Geräte in CEN/TC305/WG2
Fachbereich 3.3 "Physikalische Sicherheitstechnik" der PTB
- 3.46 *Nowak, K.:*
Sichere Elektroinstallation in explosivstoffgefährdeten Bereichen
de 24/2000
- 3.47 *Beyer, M.:*
Methode der Zündgefahrbewertung
PTB-Workshop (2002)
- 3.48 *Lienesch, F.:*
Umrichter gespeiste elektrische Antriebe
STAHL-Ex-Zeitschrift (2003)
- 3.49 *Nowak, K.:*
Historische Entwicklung des elektrischen Explosionsschutzes
de 17/2001
- 3.50 *Lehrmann, C.:*
Ex-geschützt: Antriebe mit Frequenzumrichter
Bulletin SEC/VSE 24/25 2004
- 3.51 *Dyrba, B.:*
Kompodium Explosionsschutz; Carl Heymanns Verlag KG, Köln-Berlin-München: (2005)

II GAS-EXPLOSIONSSCHUTZ

3 Anwendbare Zündschutzarten

Für elektrische Maschinen sind folgende **Zündschutzarten** üblich:

- Erhöhte Sicherheit "e"
- Druckfeste Kapselung "d"
- Überdruckkapselung "p"
- Funkenfrei "n"
- Staubexplosionsschutz "tD".

Ihre Anwendung ergibt sich aus der Art der explosionsfähigen Atmosphäre und der Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens (Zone).

Innerhalb ihrer Anwendungsgruppe sind die Zündschutzarten "e", "d" und "p" nach den Normen und gesetzlichen Bestimmungen gleichwertig.

Für den praktischen Einsatz ergibt sich jedoch eine unterschiedliche Bewertung, die teilweise technisch oder wirtschaftlich zu begründen ist, teilweise jedoch auch durch bestimmte Betriebserfahrungen oder (z. B. im angelsächsischen Ausland) durch eine jahrzehntelange andere Normenpraxis zu erklären ist.

In den nachfolgenden Abschnitten wird mit unterschiedlichen Gesichtspunkten versucht abzugrenzen, wo eine solche abweichende Bewertung der Zündschutzarten begründet ist.

Ex-Gefahr	Zone	Zulässige Betriebsmittel	Zugehörige Vorschriften	
			Bau	Errichtung
Brennbarer Staub	20	Betriebsmittel der Energietechnik (Motoren) nur nach Sonderabnahme	EN 50281-1-1 + Anforderungen Kat. 1 EN 61241-0, -1 + Anforderungen Kat. 1	EN 50281-1-2 EN 61241-14
	21	EEx tD + IP6X	EN 50281-1-1 EN 61241-0, -1	EN 50281-1-2 EN 61241-14
	22	EEx tD + IP5X	EN 50281-1-1 EN 61241-0, -1	EN 50281-1-2 EN 61241-14
Gase und Dämpfe	1	Allgemein EEx e II EEx d II EEx p II	EN 50014/IEC60079-0 EN 50019/IEC60079-7 EN 50018/IEC60079-1 EN 50016/IEC60079-2	DIN EN 60079-14
	2	ausgewählt durch kompetente Person oder EEx nA II	nach EN 60014-14, 5.2.3, c) oder EN 50021/IEC 60079-15	DIN EN 60079-14
Schlagwetter		EEx d I	EN 50014/IEC 60079-0 EN 50018/IEC 60079-1	DIN VDE 0118
Explosivstoffe	E1 E2 E3	IP6X IP5X IP4X	prEN 50273 : 10.2000 (z.Zt. Entwurf)	DIN VDE 0166 (z.Zt. Entwurf)

Tabelle 3.1 Zündschutzarten elektrischer Maschinen in Abhängigkeit von der Art der explosionsfähigen Atmosphäre und von der Zone
Normenarbeit derzeit stark im Fluss – aktuellen Stand beachten !

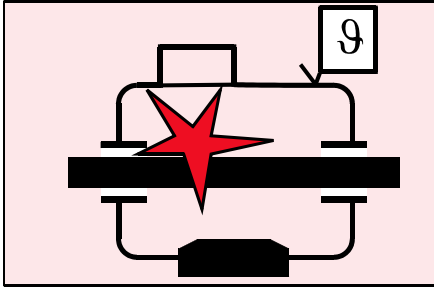
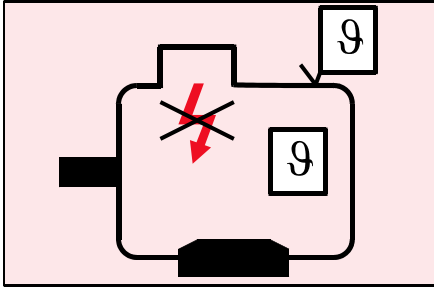
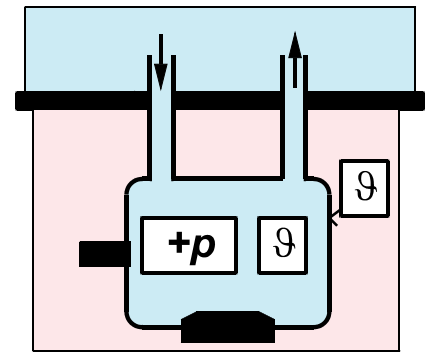
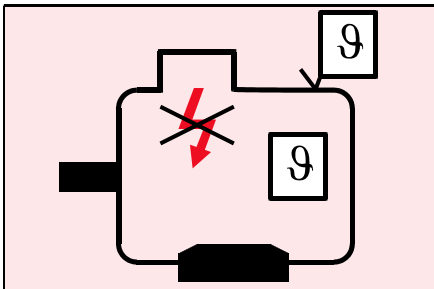
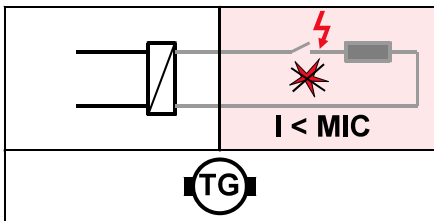
Symbol	Prinzip	Zündschutzart
d		druckfeste Kapselung (flameproof enclosure) Eine Zündschutzart, bei der die Teile, die eine explosionsfähige Atmosphäre zünden können, in einem Gehäuse angeordnet sind, das bei der Explosion eines explosionsfähigen Gemisches im Inneren deren Druck aushält und eine Übertragung der Explosion auf die das Gehäuse umgebende explosionsfähige Atmosphäre verhindert. Übliche Anwendung: Umrichtergespeiste Käfigläufermotoren, Gleichstrommotoren
e		erhöhte Sicherheit (increased safety) Eine Zündschutzart, bei der zusätzliche Maßnahmen getroffen sind, um mit einem erhöhten Grad an Sicherheit die Möglichkeit unzulässig hoher Temperaturen und des Entstehens von Funken oder Lichtbögen im Inneren und an äußeren Teilen elektrischer Betriebsmittel, bei denen diese im normalen Betrieb nicht auftreten, zu verhindern. Übliche Anwendung: Dehstrom-Käfigläufermotoren
p		Überdruckkapselung (pressurization) Eine Zündschutzart, bei der die Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre im Inneren eines Gehäuses dadurch verhindert wird, dass durch ein Zündschutzgas ein innerer Überdruck gegenüber der umgebenden Atmosphäre aufrechterhalten wird und dass, wenn notwendig, das Innere des Gehäuses ständig so mit Zündschutzgas versorgt wird, dass die Verdünnung brennbarer Gemische erreicht wird. Übliche Anwendung: Große elektrische Maschinen aller Art
nA		Schwadensicher oder nichtfunkend "Zone-2-Betriebsmittel" (restricted breathing oder non-sparking) Eine Zündschutzart elektrischer Betriebsmittel, bei der für den normalen Betrieb und bestimmte anormale Bedingungen, wie sie in der Norm festgelegt sind, erreicht wird, dass die Betriebsmittel nicht in der Lage sind, eine umgebende explosionsfähige Atmosphäre zu zünden. Übliche Anwendung: Drehstrom-Käfigläufermotoren
i		Eigensicherheit (intrinsic safety) Eigensicher ist ein Stromkreis, in dem weder ein Funke noch ein thermischer Effekt, der unter den in der Norm festgelegten Bedingungen auftritt, die den ungestörten Betrieb und bestimmte Fehlerbedingungen umfassen, eine Zündung einer bestimmten explosionsfähigen Atmosphäre verursachen kann. Übliche Anwendung: Tacho-Generatoren

Bild 3.2 Prinzip der für elektrische Maschinen anwendbaren Zündschutzarten

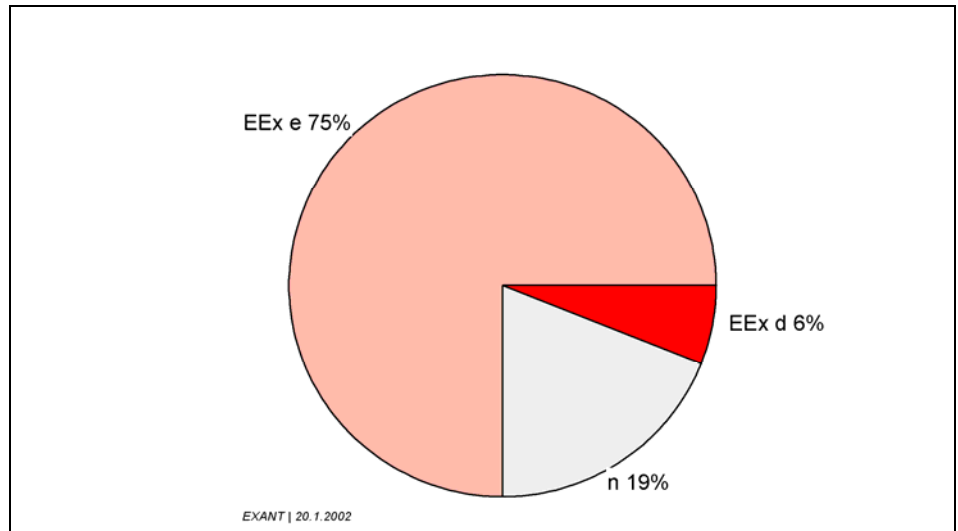


Bild 3.3

Anteile der Zündschutzarten "e" und "d" bei Elektromotoren in drei großen deutschen Chemiewerken (Stückzahlen nach einer Erhebung 1990)

(n - "normal" ohne Explosionsschutz)

Schätzung für "d" Stand 2003 : ca. 10 % zu Lasten von "e"

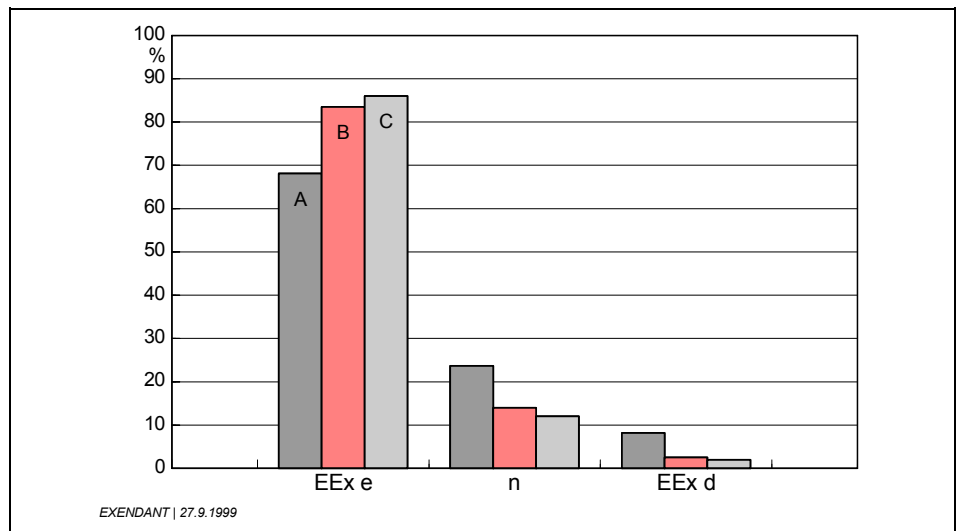


Bild 3.4

Anteil der Zündschutzarten "e" und "d" im Vergleich von drei großen deutschen Chemiewerken A, B und C (n - "normal" ohne Explosionsschutz)

Neben technischen und wirtschaftlichen Gründen spielt bei der Auswahl der Zündschutzart auch eine gewisse Rolle, in welchen Leistungsbereichen die Motoren überhaupt angeboten werden.

4 Allgemeine Bestimmungen für Bauart und Prüfung

Aus DIN EN 50014 / VDE 0170-1 "**Allgemeine Bestimmungen**" ergeben sich für elektrische Maschinen der Zündschutzarten "e" und "d" u. a. folgende Anforderungen:

4.1 Mechanische Anforderungen

- Elektrische Maschinen müssen normalerweise für die Anwendung im Umgebungstemperaturbereich -20 °C bis $+40\text{ °C}$ ausgelegt sein; andernfalls ist das Zeichen "X" in der Baumusterprüfbescheinigung zu verwenden, und die Temperaturgrenzen sind anzugeben.
- Leichtmetall-Gehäuse und Leichtmetall-Lüfterräder für Gruppe II dürfen nicht mehr als 6 Gewichtsprozent Magnesium enthalten.
- Zusätzlich zu dem Schutzleiteranschluss im Anschlusskasten muss bei Metallgehäusen ein äußeres Anschlussstück für den Potentialausgleich vorgesehen werden.
- In einem Anschlussraum, der einer besonderen Zündschutzart entspricht, müssen Anschlussstücke zum Anschluss an äußere Stromkreise vorhanden sein.
- Der Abstand zwischen einem Außenlüfter und seiner Schutzhaube soll mindestens $1/100$ des größten Lüfterdurchmessers, aber nicht weniger als 1 mm betragen (Bild 4.1.1).
- Lüfterrad, Haube und Schutzgitter müssen elektrostatisch leitfähig sein, wenn die Umfangsgeschwindigkeit des Lüfters 50 m/s oder mehr beträgt. Ableitwiderstand $\leq 1\text{ G}\Omega$ (Bild 4.1.2).
- Gehäuseteile und Lüfterhauben müssen eine Stoßprüfung mit 7 J aushalten, ohne dass die Zündschutzart beeinträchtigt wird (Bild 4.1.3). Die Lüfterhaube darf sich nicht so verlagern oder verformen, dass es zum Streifen des Lüfterrades kommt.

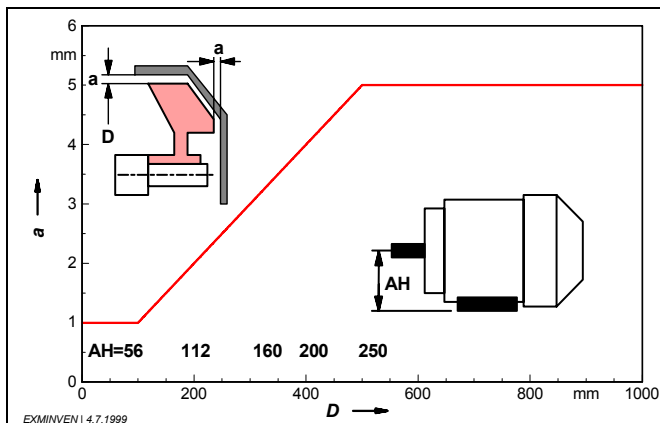


Bild 4.1.1
Mindestabstände im Lüftungssystem von Motoren der Zündschutzarten "e" und "d" nach EN 50014, Abschnitt 17.3

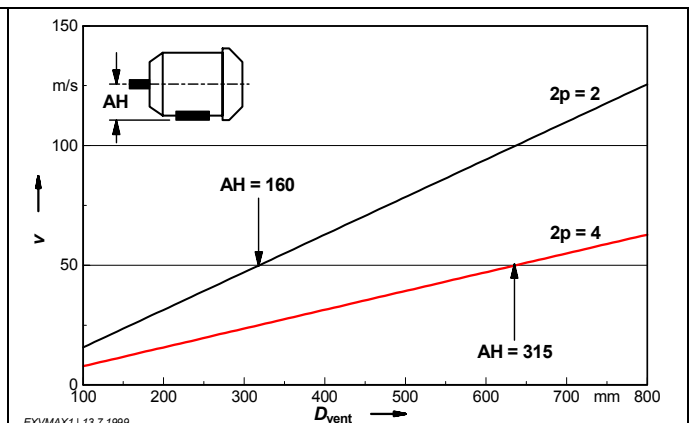
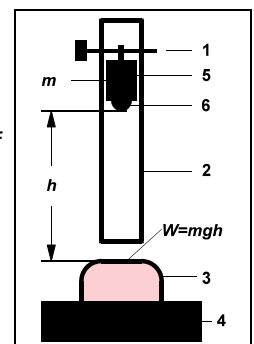


Bild 4.1.2
Elektrostatisch leitfähige Lüftungsteile 2- und 4poliger Normmotoren bei 50 Hz ; Ableitwiderstand $\leq 1\text{ G}\Omega$ bei $v \geq 50\text{ m/s}$ nach EN 50014, Abschnitt 17.4

Bild 4.1.3

Schlagprüfung einer Lüfterhaube (3) mit einer Schlag-Energie von 7 J ; Schlagstück (5) mit 1 kg fällt aus $0,7\text{ m}$ Höhe (h) mit Halbkugel (6) 25 mm auf zwei Stellen;

Auslöser (1); Führungsrohr (2); Unterlage (4)



4.2 Grenztemperaturen

Tabelle 4.2 enthält die Grenztemperaturen in Abhängigkeit von Temperatur-klasse und Zündschutzart für elektrische Maschinen der Isolierstoffklasse F.

Diese Tabelle ist im Zusammenhang mit den Abschnitten 5 und 6 zu betrachten.

GRENZTEMPERATUREN (°C)							
Temperaturklasse		T1	T2	T3	T4	T5	T6
Zündtemperatur IEC 60079-14, Tab. 1	>	450	300	200	135	100	85
Oberfläche IEC 50014, 23.4.6.1	≤	440	290	195	130	95	80
Wicklung der Klasse F dauernd EEx d = normal (IEC 60034-1)	≤	145	145	145	145	95	80
Wicklung der Klasse F dauernd EEx e = reduziert EN 50019, Tab.3	≤	130	130	130	130	95	80
Wicklung der Klasse F am Ende von t _E EN 50019, Tab. 3	≤	210	210	195	130	95	80
Käfig am Ende von t _E PTB-Prüfregeln	≤	290	290	195	130	95	80



■ = abhängig von der Temperaturklasse des Gases

□ = abhängig von der Wärmeklasse (Isolierstoffklasse) der Wicklung

Tabelle 4.2

Grenztemperaturen elektrischer Maschinen
der Zündschutzarten "e" und "d"

4.3 IP-Schutzart

Bei Motoren sind folgende **Mindestschutzarten** gefordert :

- für blanke, unter Spannung stehende Teile (z. B. Klemmen) : IP54
- für isolierte Teile (übriges Motorgehäuse) : IP44
- bei Aufstellung in sauberen Räumen mit regelmäßiger Überwachung durch Fachpersonal
 - in bergbaulichen Betrieben Gruppe I : IP23
 - in anderen Betrieben Gruppe II : IP20
- an der Lufteintrittseite geschlossener Maschinen (Bild 4.3.1) : IP2X
- an der Luftaustrittseite
 - Gruppe I : IP2X
 - Gruppe II : IP1X
- bei Vertikalmotoren muss das Hineinfallen von kleinen Fremdkörpern auf der Lufteintrittseite durch ein Schutzdach oder durch entsprechenden Einbau verhindert sein (Bild 4.3.2).

Im Rahmen der Prüfung von explosionsgeschützten Motoren in Zündschutzart Erhöhte Sicherheit "e" wird von der PTB nur zwischen offenen und geschlossenen Motoren unterschieden. Die Angabe einer niedrigen Schutzart auf älteren Prüfungsscheinen der PTB bezieht sich lediglich auf die Feststellung einer Mindestschutzart und schließt nicht aus, dass die geprüften Motoren in einer höheren IP-Schutzart (z. B. IP65) nach EN 60529 ausgeführt sind, deren Einhaltung der Hersteller gegenüber seinen Kunden garantiert.



Bild 4.3.1
Lüfterhaube eines explosionsgeschützten Getriebemotors in Zündschutzart "e" für waagerechte Aufstellung: Am Eintrittsgrill genügt der Schutzgrad IP2X mit 12 mm Maschenweite – meist wird eine Maschenweite 8 mm x 8 mm ausgeführt



Bild 4.3.2
Schutzhaube über der Lüfterhaube bei senkrechter Aufstellung mit nach unten zeigender Welle (z.B. V1)

5 Zündschutzart Erhöhte Sicherheit "e"

Grundgedanke der Zündschutzart "e" ist, durch besondere Schutzmaßnahmen die **Wahrscheinlichkeit eines Zündanlasses** so gering wie möglich zu halten, sodass ein Zusammentreffen mit dem ebenfalls nur gelegentlich auftretenden zündfähigen Gemisch unwahrscheinlich wird.

Ein wichtiges Element der Schutzmaßnahmen ist der **Überlastungsschutz** – in der Regel durch Motorschutzschalter – dessen Auswahl und Einstellung deshalb mit besonderer Sorgfalt erfolgen muss.

Motoren mit Käfigläufern werden sehr häufig in der Zündschutzart "e" ausgeführt, die in Deutschland entwickelt wurde und nicht zuletzt dank der engagierten Bemühungen von Prof. Dr. H. Dreier (früher PTB) internationale Anerkennung gefunden hat.

Eine wichtige Voraussetzung für die internationale Verbreitung der Zündschutzart "e" war durch IEC 60079-7 "Electrical apparatus for explosive gas atmospheres; Part 7: Construction and test of electrical apparatus, type of protection 'e' " im Jahr 1969 gegeben.

Innerhalb der Reihe von harmonisierten Europäischen Normen ist die Zündschutzart "e" derzeit auch noch in EN 50019 erfasst.

5.1 IP-Schutzart und Zündschutzart

Die Anforderungen an die Mindestschutzart sind in Abschnitt 4.3 behandelt. Dieser Abschnitt befasst sich mit einigen allgemeinen Aspekten zum Zusammenhang zwischen IP-Schutzart und der Zündschutzart "e".

IP-Schutzart und Zündschutzart stehen in einem natürlichen Zusammenhang. Beim Gas-Explosionsschutz wäre eine hermetische Kapselung des Motorgehäuses erstrebenswert, doch ist eine solche Konstruktion bei elektrischen Maschinen wegen der Wellendurchführung mit sehr großem Aufwand verbunden. Es wird daher nur bei relativ großen Maschinen die Zündschutzart "p" (Überdruckkapselung, früher: Fremdbelüftung "f") angewandt. Bei der häufig verwendeten Zündschutzart "e" (Erhöhte Sicherheit) wird der Explosionsschutz auf andere Weise erreicht, sodass nach DIN EN 50019 für allgemeine Anwendung die Gehäuseschutzart IP44, bei Aufstellung in sauberen Räumen sogar IP20 zugelassen werden kann. Diese Mindestanforderung gilt für Gehäuse, die nur isolierte Teile (z. B. Wicklungen) enthalten. Blanke Teile (z. B. Anschlussklemmen) müssen mindestens in der Schutzart IP54 gekapselt sein.

Bei der Auswahl von elektrischen Betriebsmitteln für explosionsgefährdete Bereiche spielt eine wichtige Rolle, mit welcher Wahrscheinlichkeit eine explosionsfähige Atmosphäre mit einer zum Zündanlass führenden Störung zusammentreffen kann. Daher werden die Bereiche in Zonen eingeteilt.

Als Zone 2 gelten Bereiche, in denen damit zu rechnen ist, dass eine gefährliche **explosionsfähige Atmosphäre nur selten und dann auch nur kurzzeitig auftritt**. Eine vollkommen geschlossene Ausführung verhindert im Gefahrenfall ein rasches Eindringen des explosionsfähigen Gases in das Motorgehäuse; bis innerhalb des Gehäuses eine zündfähige Gaskonzentration erreicht wird, ist die äußere Gasansammlung meist wieder abgeklungen.

Die ohnehin schon geringe Wahrscheinlichkeit für das Zusammentreffen einer zündfähigen Störung im Motorinnern mit einer Ansammlung explosionsfähiger Gemische wird also beim vollkommen geschlossenen Motor auf ein verschwindendes Maß verringert.

Bei den Anforderungen für das Errichten in Zone 2 spielt daher die Gehäuse-dichtheit eine wichtige Rolle, wie folgende Festlegung in der früher gültigen DIN VDE 0165 zeigt: "Betriebsmittel, bei denen betriebsmäßig im Innern Funken oder Lichtbögen oder unzulässige Temperaturen entstehen, dürfen verwendet werden, wenn ihre Gehäuse mindestens der Schutzart IP54 entsprechen und ein innerer Überdruck von 4 mbar mehr als 30 s benötigt, um auf 2 mbar abzusinken (**schwadensichere Gehäuse**)." Diese Anforderung kann von einem Gehäuse der Schutzart IP65 erfüllt werden (vgl. Abschnitt 16 in [3.10]).

Hohe IP-Schutzarten bieten also auch zusätzliche Sicherheiten im Sinne des Explosionsschutzes, obwohl dies in den Anforderungen für den Explosionsschutz nicht ausdrücklich verlangt ist.

5.2 Einteilung von Gasen und Dämpfen in Temperaturklassen

Die explosionsfähigen Gase und Dämpfe werden entsprechend ihrer Zündtemperatur in **Temperaturklassen** (früher: "Zündgruppen") eingeteilt. Die folgenden Beispiele (Tabelle 5.2) sind DIN VDE 0165:1991 entnommen. Ausführliche Angaben befinden sich in dem Werk "Sicherheitstechnische Kennzahlen brennbarer Gase und Dämpfe" [1.11] sowie in IEC/TR3 60079-20 "Electrical apparatus for explosive gas atmospheres - Part 20: Data for flammable gases and vapours, relating to the use of electrical apparatus".

Temperaturklasse	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Zündgruppe (überholt)	G1	G2	G3	G4	G5	-
Zündtemperatur	> 450°C	300 - 450°C	200 - 300°C	135 - 200°C	100 - 135°C	85 - 100°C
Acetaldehyd				T4		
Aceton	T1					
Acetylen		T2				
Ethan	T1					
Ethylacetat	T1					
Ethylether				T4		
Ethylalkohol		T2				
Ethylchlorid	T1					
Ethylen		T2				
Ethylenchlorid, sym.		T2				
Ethylenoxid		T2				
Ethylglykol			T3			
Ammoniak	T1					
i-Amylacetat		T2				
Benzine, Ottokraftstoffe Siedebeginn <135 °C			T3			
Spezialbenzine Siedebeginn >135 °C			T3			
Benzol (rein)	T1					
n-Butan		T2				
n-Butylalkohol		T2				
Cyclohexanon		T2				
Diesekraftstoffe DIN 51601			T3			
Düsenkraftstoffe			T3			
Essigsäure	T1					
Essigsäureanhydrid		T2				
Heizöle DIN 51603			T3			
n-Hexan			T3			
Kohlenoxid	T1					
Methan	T1					
Methanol	T1					
Methylchlorid	T1					
Naphthalin	T1					
Ölsäure		T2				
Phenol	T1					
Propan	T1					
n-Propylalkohol		T2				
Schwefelkohlenstoff						T6
Schwefelwasserstoff			T3			
Stadtgas (Leuchtgas)	T1					
Tetralin (Tetrahydronaphthalin)		T2				
Toluol	T1					
Wasserstoff	T1					

Tabelle 5.2 Einteilung von Gasen und Dämpfen in Temperaturklassen (Zündgruppen) nach DIN VDE 0165:1991

5.3 Thermische Schutzmaßnahmen

Wichtiger Bestandteil der Zündschutzart "e" sind die thermischen Schutzmaßnahmen, da ja der Zündanlass von vornherein sicher vermieden werden soll.

5.3.1 Grenz-Übertemperatur der Wicklung

Die zulässige Grenz-Übertemperatur der Wicklung ist gegenüber den für normale Motoren gültigen Werten bei Wärmeklasse B um 10 K und bei Wärmeklasse F um 15 K (nach EN 50014, Tab. 3) herabgesetzt, was nach der Montsinger'schen Regel theoretisch etwa einer Verdoppelung der Lebensdauer entspricht. Unter Beibehaltung der Paketabmessungen ist also im Allgemeinen die Leistungsabgabe gegenüber den Normalwerten zu reduzieren.

Wärmeklasse (Isolierstoffklasse)	E	B	F	H
Grenz-Übertemperatur	65 K	70 K	90 K	115 K

Tabelle 5.3.1.1

Zulässige Grenz-Übertemperaturen für isolierte Wicklungen ohne Berücksichtigung der Zündtemperatur des Gases bei Dauerbetrieb

Bild 5.3.1.2 zeigt die in DIN 46673 Teil 1 und 2 festgelegten **Bemessungsleistungen** für Drehstrom-Asynchronmotoren (Leistungsabschläge bei T2 und T3 von 10 ... 25 %) sowie die üblichen Abschläge bei T4 (bis 45 %).

Aus grundsätzlichen Erwägungen und zur Vereinfachung der Typenwahl – vor allem für das Untersetzungsgetriebe – wird in Danfoss-Bauer-Katalogen auf die nächste, genormte Leistungsstufe reduziert. Beim Übergang von normalen auf explosionsgeschützte Antriebe wird so dem Anwender eine Überprüfung des tatsächlichen Leistungsbedarfs erspart.

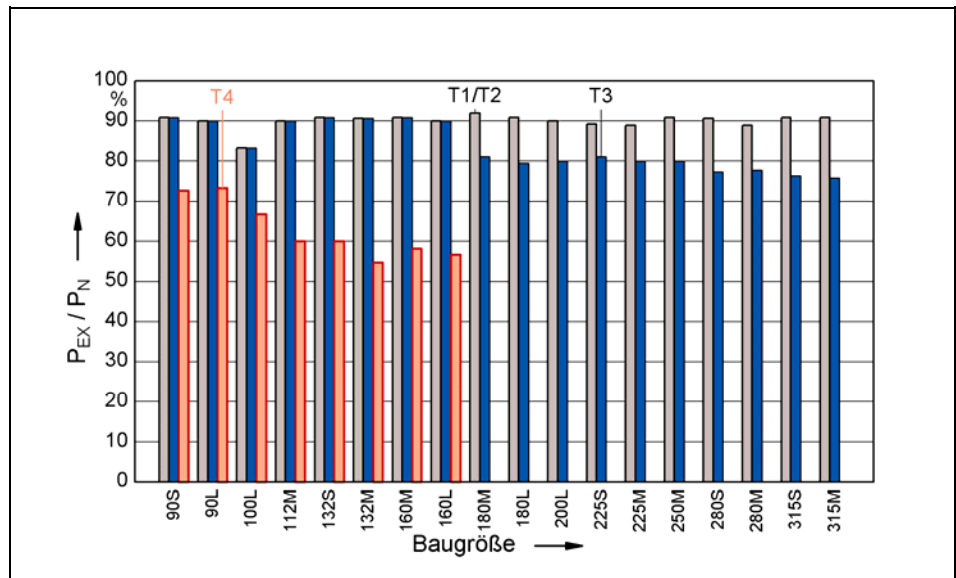


Bild 5.3.1.2

Reduzierte Bemessungsleistung P von Motoren der Baugrößen 90S ... 315M für die Temperaturklassen T1/T2 bzw. T3 nach DIN 46673, Teil 1 und 2; T4 nach Katalogangaben von Herstellern

Die Leistungsreduzierung der Motoren in Zündschutzart "e" hat einen Nebeneffekt, der unter dem Gesichtspunkt der Energieeinsparung zunehmende Bedeutung erlangt:

Das Bild 5.3.1.3 zeigt am Beispiel der Katalogangaben eines Herstellers von Normmotoren, dass bei Auslegung für Temperaturklasse T3 etwa 2 ... 3 und für T4 bis zu 5 Prozentpunkte an Wirkungsgrad gegenüber der Normalauslegung gewonnen werden können.

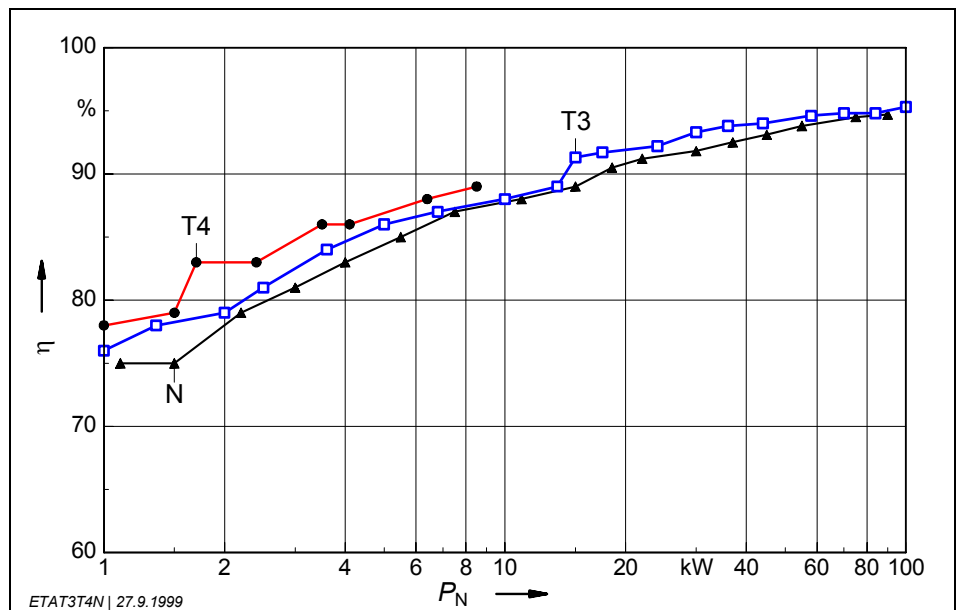


Bild 5.3.1.3 Wirkungsgrade einer Typenreihe von Normmotoren

N - Normalausführung

T3 - Explosionsschutz EEx e II T3 mit etwa 20 % verminderter Leistung

T4 - Explosionsschutz EEx e II T4 mit etwa 30 ... 40 % verminderter Leistung

Die in Tabelle 5.3.1.1 genannten Werte sind Übertemperaturen, die bei einer höchstzulässigen Umgebungstemperatur von 40 °C auftreten dürfen.

Bedenkt man, dass beispielsweise die zur industriellen Herstellung von Lösungsmitteln und Kunststoffen benötigten Stoffe Ethylether und Acetaldehyd in die Temperaturklasse T4 für Gemische mit Zündtemperaturen von 135 °C bis 200 °C eingeordnet werden, so ist leicht ersichtlich, dass die zulässige Wicklungstemperatur auch mit Rücksicht auf einen eventuellen Störfall begrenzt werden muss. Dem thermisch verzögerten Überstromrelais wird daher bei der Zündschutzart "e" bei allen Betriebszuständen eine außerordentlich weitgehende Schutzfunktion übertragen.

5.3.2 Zeit t_E

Im Konzept der Zündschutzart "e" spielt dieser Begriff eine wichtige Rolle. Er ist in der Norm und im IEV unter 426-08-02 so definiert:

"Zeitspanne, innerhalb der sich eine Wechselstromwicklung durch ihren Anzugsstrom I_A von der Endtemperatur im Bemessungsbetrieb bei der höchstzulässigen Umgebungstemperatur bis zu ihrer Grenztemperatur erwärmt."

Die Zeit t_E ist zusammen mit dem "Anzugsstromverhältnis I_A/I_N " ein wichtiges Kriterium für die **Auswahl und Einstellung des Motorschutzschalters**, mit dessen Hilfe der nicht auszuschließende Störfall "blockierter Läufer" erfasst werden kann. Das Prinzipbild 5.3.2 macht die Definition deutlich: Beim Dauerbetrieb (S1 im Stundenmaßstab) mit Bemessungsleistung erreicht die Motorwicklung nach Kurve (1) die Bemessungstemperatur ϑ_N – bezogen auf die maximal zulässige Umgebungstemperatur ϑ_{amb} . Im Blockierungsfall ($n = 0$) steigt die Temperatur nach (2) rasch an – maßgebend ist der höhere Wert von Ständer oder Läufer.

Bevor die zulässige Grenztemperatur ϑ_{lim} (3) erreicht wird – also innerhalb der Zeit t_E – muss der Schutzschalter auslösen. Die Grenztemperatur ergibt sich aus dem niedrigeren Wert von Zündtemperatur entsprechend der Temperaturklasse oder der zulässiger Wicklungstemperatur am Ende der Zeit t_E entsprechend der Wärmeklasse der Wicklungsisolierung.

Weiteres zur Bestimmung und Verwendung der Zeit t_E im Abschnitt 11.

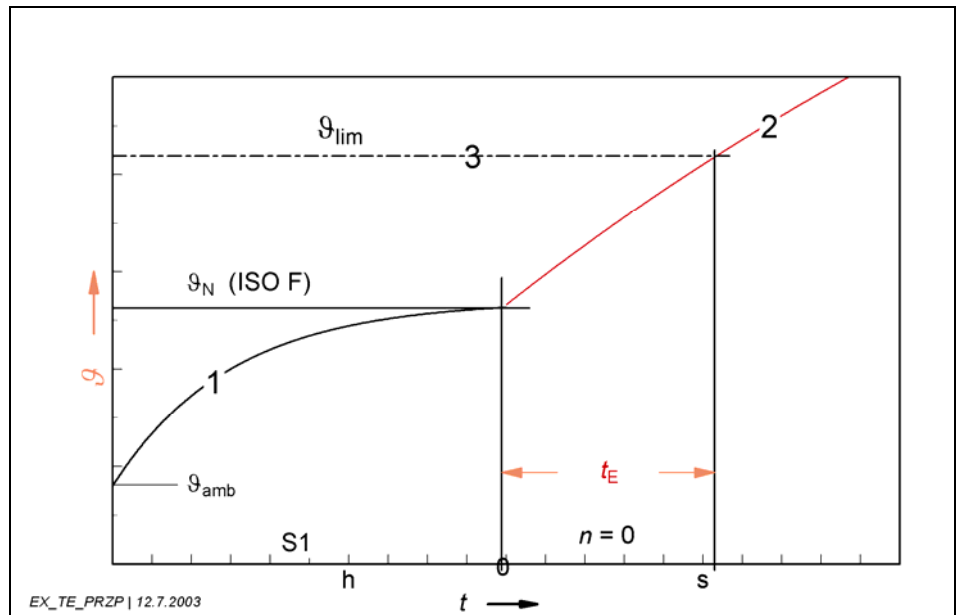


Bild 5.3.2.1

Schematische Darstellung zur Definition der Zeit t_E .

Von der im Dauerbetrieb (S1) erreichten Nenntemperatur ϑ_N steigt die Wicklungstemperatur bei festgebremstem Läufer ($n = 0$) steil an. Der Motorschutzschalter muss spätestens innerhalb t_E vor dem Erreichen der Grenztemperatur ϑ_{lim} abschalten.

Die Schutzeinrichtung muss EN 60947 entsprechen und ihre **Funktion** muss durch eine benannte Stelle überprüft und gekennzeichnet sein durch

Ex II (2) G

(2) bedeutet: Relais ist im ungefährdeten Bereich aufgestellt; seine Schutzfunktion wirkt in Kategorie 2 (Zone 1) hinein gemäß RL 94/9/EG Artikel 1 (2) und ATEX-Leitlinien 11.2.1

Einzelheiten zur Funktionsprüfung von Motorschutzeinrichtungen siehe Abschnitt 11.15.

5.4 Isolationstechnische Schutzmaßnahmen

Im Rahmen der Zündschutzart Erhöhte Sicherheit "e" spielt die Isolierung eine wichtige Rolle. Die Motorwicklung ist mit einem geeigneten, lösungsmittelfreien **Tränkmittel** einmal und bei lösungsmittelhaltigen Lacken zweimal zu tränken und zu trocknen. **Luft- und Kriechstrecken** – vor allem im Anschlussraum – müssen den genormten Mindestwerten entsprechen, die gegenüber normalen Betriebsmitteln wesentlich erhöht sind. Die früher geforderte Eignungsbestätigung für das Tränkmittel ist seit 1999 entfallen, kann aber noch auf freiwilliger Basis vom TÜV Nord erlangt werden.

Wicklungsdrähte mit einem Nenndurchmesser unter 0,25 mm sind nicht zulässig. **Lackisolierte Leiter** müssen dem Grad 2 (z. B. nach EN 60317-3) entsprechen oder, falls der Lackauftrag nur den Grad 1 erfüllt, die Prüfwechselspannungen wie beim Grad 2 aushalten.

Alle **Leiteranschlüsse** müssen gegen Selbstlockern gesichert sein. Außerdem müssen nach DIN VDE 0609 die Klemmstellen für Leiter bis zu einem Querschnitt von 10 mm² das Klemmen ohne besonderes Herrichten des Leiters ermöglichen. Diese Forderungen werden durch genormte Klemmenplatten mit **Schlitzbolzen** nach DIN 46295 erfüllt.

Trotz einer in der Norm verankerten Verbesserung der mechanischen Festigkeit der Schlitzbolzen (nicht rostender Stahl statt Messing) wird diese Klemmenart von einer wichtigen Abnehmergruppe (VIK = Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V.) abgelehnt.

Klemmenplatten mit Schlitzbolzen sind jedoch nur eine von mehreren normgerechten und zulassungsfähigen Lösungen für den Anschluss.

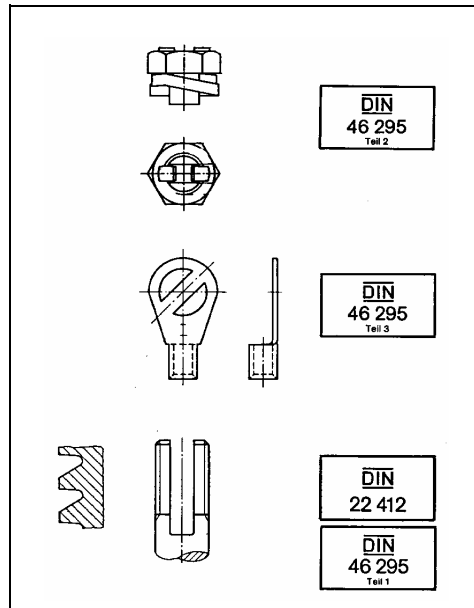


Bild 5.4.1
Prinzip einer genormten Klemme mit geschlitzten Bolzen und Sägezahngevinde zur Sicherung gegen Lockern

Danfoss-Bauer-Motoren haben ein Klemmenbrett, bei dem ein H-förmiger Klemmbügel auf der Unterseite den Verdrehenschutz übernimmt, während in die obere, U-förmige Hälfte eine dachförmige **Anschlussscheibe** nach DIN 46288 eingelegt wird. Das abisolierte, gerade Ende des Netzleiters wird unter die Anschlussscheibe "gesteckt" und mit der Mutter festgeklemt.

Die Anslusstechnik unter Verwendung von Anschlussscheiben nach DIN 46288 hat sich bei Schaltschützen seit Jahrzehnten millionenfach auch unter betriebsmäßiger Erschütterung bewährt. Sie wurde nach einem langwierigen Prüfverfahren von der PTB unter Anwendung der Bedingungen nach der "C-Generation" für die Zündschutzart "e" akzeptiert.

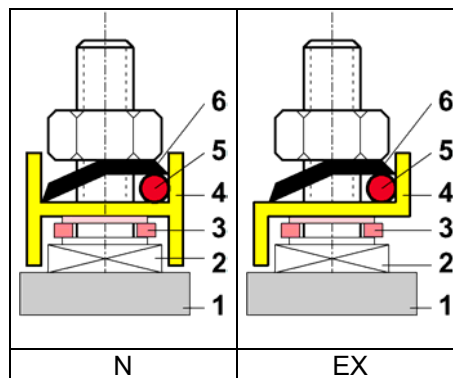


Bild 5.4.2
Beispiel für Anslusstechnik links normal (N) rechts Zündschutzart "e" (EX)
1 - Sockel
2 - Vierkant
3 - Kabelschuh an Wi-Ableitung
4 - Verdrehenschutz (N = Z / EX = U-Bügel)
5 - Netzleiter
6 - Anschlussscheibe

Alternativ werden bei Anschlussquerschnitten bis zu 16 mm² PTB-zertifizierte Anschlussklemmen mit Käfigzugfedern eingesetzt (bild 5.4.3).

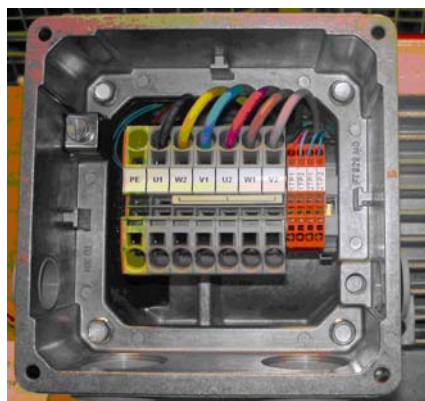


Bild 5.4.3
Anschlussklemmen in Federzugtechnik
6 Klemmen U1-W2-V1-U2-W1-V2
1 Klemme für Schutzleiter PE
Sternverbinder W2-U2-V2
4 Hilfsklemmen
1TP1-1TP2-2TP1-2TP2

Externe Anschlüsse an der unteren Klemmenreihe

5.5 Mechanische Schutzmaßnahmen

Neben den in den "Allgemeinen Bestimmungen" festgelegten Anforderungen an Abstände und Stoßfestigkeit des Belüftungssystems (vgl. Abschnitt 4) werden die in Bild 5.5 dargestellten Mindestwerte für den **radialen Luftspalt** zwischen Ständer und Läufer verlangt. Das Diagramm gilt für die Frequenz 50 Hz. Im Einzelfall sind die tatsächlichen Drehzahlen (z. B. bei 60 Hz oder variabler Frequenz) zu beachten.

Bei Vertikalmotoren muss das Hineinfallen von kleinen Fremdkörpern auf der Lufteintrittseite durch ein Schutzdach oder durch entsprechenden Einbau verhindert sein (siehe Bild 4.3.2).

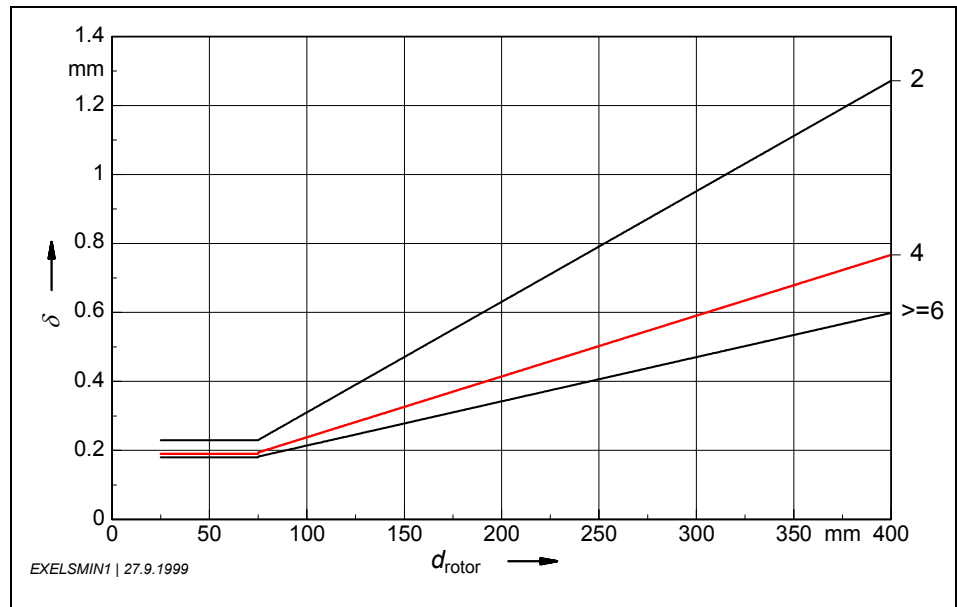


Bild 5.5

Mindestwerte für den radialen Luftspalt δ in Abhängigkeit von Rotordurchmesser d_{rotor} und den Polzahlen 2, 4, 6 und höher bei 50 Hz

5.6 Prüfung und Kennzeichnung

Motoren der Zündschutzart "e" werden bei der Typenprüfung einer benannten Stelle (z. B. von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt) auf die Einhaltung der elektrischen und mechanischen Bauvorschriften geprüft. In einer EG-Baumusterprüfbescheinigung werden zusammen mit der Nummer der benannten Stelle (z.B. 0102 bei der PTB) die elektrischen Daten festgelegt, die auch auf dem Prüfschild des Motors anzugeben sind. Diese Zusatzdaten können mit dem Hauptschild vereinigt sein.

Als äußere Kennzeichnung wird ein Hinweisschild verwendet:



im Sechseck
bei Ausführung nach DIN EN 50014 / VDE 0170-1
bzw. DIN EN 50019 / VDE 0170-6
bzw. Übereinstimmung mit der Richtlinie zur Verhütung von Explosionen

5.7 Prüfbescheinigungen durch benannte Stellen

Nach den früher gültigen Bestimmungen ExVO stellte der amtliche Prüfungsschein ein Gutachten dar, das die Grundlage für eine Bauartzulassung durch die zuständige Landesbehörde (beispielsweise das Arbeitsministerium des Landes Baden-Württemberg) bildete. Diese umständliche und für das Ausland teilweise unverständliche Abwicklung wurde durch die ElexV vereinfacht:

Prüfungsschein, **Konformitätsbescheinigung** oder Kontrollbescheinigung konnten bis zum Jahr 2003 als "Baumusterprüfbescheinigungen" gemäß § 8 der ElexV ausgestellt werden (Bild 5.7.1).

Spätestens seit 01.07.2003 werden die Zertifikate nur noch als **"EG-Baumusterprüfbescheinigung"** ausgestellt (Bild 5.7.2).






<div style="text-align: center;">  <p>Physikalisch-Technische Bundesanstalt</p> </div> <p style="text-align: center;">KONFORMITÄTSBESCHEINIGUNG PTB Nr. Ex-93.C.3401</p> <p>(1) Diese Bescheinigung gilt für das elektrische Betriebsmittel Drehstrommotor Typ .../DKP 984-241 (Getriebemotor)</p> <p>(2)</p> <p>(3) der Firma Eberhard Bauer GmbH & Co. W-7300 Esslingen-Neckar</p> <p>(4) Die Bauart dieses elektrischen Betriebsmittels sowie die verschiedenen zulässigen Ausführungen sind in der Anlage zu dieser Konformitätsbescheinigung festgelegt.</p> <p>(5) Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt bescheinigt als Prüfstelle nach Artikel 14 der Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaften vom 18. Dezember 1975 (76/117/EWG) die Übereinstimmung dieses elektrischen Betriebsmittels mit den harmonisierten Europäischen Normen</p> <p style="text-align: center;">Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche</p> <p>EN 50 014:1977 + A1...A5 (VDE 0170/0171 Teil 1/1.87) Allgemeine Bestimmungen EN 50 019:1977 + A1...A3 (VDE 0170/0171 Teil 6/1.87) Erhöhte Sicherheit "e"</p> <p>nachdem das Betriebsmittel mit Erfolg einer Bauartprüfung unterzogen wurde. Die Ergebnisse dieser Bauartprüfung sind in einem vertraulichen Prüfprotokoll festgelegt.</p> <p>(6) Das Betriebsmittel ist mit dem folgenden Kennzeichen zu versehen: EEx e II T1, T2 oder T3</p> <p>(7) Der Hersteller ist dafür verantwortlich, daß jedes derart gekennzeichnete Betriebsmittel in seiner Bauart mit den in der Anlage zu dieser Bescheinigung aufgeführten Prüfungsunterlagen übereinstimmt und daß die vorgeschriebenen Stückprüfungen erfolgreich durchgeführt wurden.</p> <p>(8) Das elektrische Betriebsmittel darf mit dem hier abgedruckten gemeinschaftlichen Unterscheidungszeichen gemäß Anhang II der Richtlinie des Rates vom 6. Februar 1979 (79/198/EWG) gekennzeichnet werden.</p> <p>Im Auftrag  H. Genth</p> <div style="text-align: right;">  <p>Braunschweig, 26.05.1993</p> </div> <p style="font-size: small; text-align: center;"> Prüfbescheinigungen ohne Unterschrift und ohne Dienststempel haben keine Gültigkeit. Die Bescheinigungen dürfen nur unangetastet weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen der Genehmigung der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, Bundesallee 100, Postfach 33 45, D-3300 Braunschweig </p> <p style="font-size: x-small;">V 15 - 320 907 - 7 85</p>	<div style="text-align: center;"> <p>Physikalisch-Technische Bundesanstalt</p> </div> <p style="text-align: center;">ANLAGE zur Konformitätsbescheinigung PTB Nr. Ex-93.C.3401</p> <p><u>Beschreibung des Prüfgegenstandes</u> Die mechanische Ausführung des Drehstrommotors Typ .../DKP 984-241</p> <p>in der Zündschutzart Erhöhte Sicherheit "e" ist festgelegt in der Teilbescheinigung PTB Nr. Ex-92.C.3015 U und den zugehörigen Nachträgen.</p> <p><u>Bemessungsgrößen und Daten</u> Diese Bescheinigung gilt unter der Voraussetzung, daß sich die Motoren dieses Typs hinsichtlich der elektrischen und thermischen Beanspruchungen nur unwesentlich von dem geprüften Muster unterscheiden, für die folgenden Ausführungen:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Leistung:</td> <td>0,30/0,55</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: right;">kW</td> </tr> <tr> <td>Spannung:</td> <td>220</td> <td>380</td> <td>690</td> <td style="text-align: right;">V</td> </tr> <tr> <td>Strom:</td> <td>2,85/3,0</td> <td>1,65/1,73</td> <td>0,91/0,95</td> <td style="text-align: right;">A</td> </tr> <tr> <td>Leistungsfaktor:</td> <td>0,56/0,80</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Frequenz:</td> <td>50</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: right;">Hz</td> </tr> <tr> <td>Drehzahl:</td> <td>700/1425</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: right;">min⁻¹</td> </tr> <tr> <td>Betriebsart:</td> <td>S1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Verhältnis I_A/I_N:</td> <td>2,8/4,4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wärmeklasse:</td> <td>B oder F</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>Neben den oben angegebenen Spannungen sind auch dazwischenliegende Werte zulässig. Die zugehörigen Ströme sind im reziproken Verhältnis der Spannungen umzurechnen. Gegenüber den Bemessungswerten darf die Netzspannung bis zu ± 5 % und die Netzfrequenz bis zu ± 2 % entsprechend dem Bereich A nach IEC 34-1 schwanken.</p> <p><u>Temperaturüberwachung</u> Für die Auswahl einer stromabhängig verzögerten Schutzeinrichtung wurden die Zeiten t_p wie folgt bestimmt:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Temperaturklasse:</td> <td>T1</td> <td>T2</td> <td>T3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Zeit t_p:</td> <td>50/27</td> <td>50/27</td> <td>50/25</td> <td style="text-align: right;">s</td> </tr> </table> <p>Im Auftrag  H. Genth</p> <div style="text-align: right;">  <p>Braunschweig, 26.05.1993</p> </div> <p style="text-align: right;">Blatt 1/1</p>	Leistung:	0,30/0,55			kW	Spannung:	220	380	690	V	Strom:	2,85/3,0	1,65/1,73	0,91/0,95	A	Leistungsfaktor:	0,56/0,80				Frequenz:	50			Hz	Drehzahl:	700/1425			min ⁻¹	Betriebsart:	S1				Verhältnis I _A /I _N :	2,8/4,4				Wärmeklasse:	B oder F				Temperaturklasse:	T1	T2	T3		Zeit t _p :	50/27	50/27	50/25	s
Leistung:	0,30/0,55			kW																																																				
Spannung:	220	380	690	V																																																				
Strom:	2,85/3,0	1,65/1,73	0,91/0,95	A																																																				
Leistungsfaktor:	0,56/0,80																																																							
Frequenz:	50			Hz																																																				
Drehzahl:	700/1425			min ⁻¹																																																				
Betriebsart:	S1																																																							
Verhältnis I _A /I _N :	2,8/4,4																																																							
Wärmeklasse:	B oder F																																																							
Temperaturklasse:	T1	T2	T3																																																					
Zeit t _p :	50/27	50/27	50/25	s																																																				

Bild 5.7.1 Beispiel einer Konformitätsbescheinigung nach C-Generation (vgl. Abschnitt 2.5)






<p>Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig und Berlin</p> <p style="text-align: center;"></p> <p style="text-align: center;">EG-Baumusterprüfbescheinigung</p> <p>(1) EG-Baumusterprüfbescheinigung</p> <p>(2) Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen - Richtlinie 94/9/EG</p> <p>(3) EG-Baumusterprüfbescheinigungsnummer PTB 99 ATEX 3273</p> <p>(4) Gerät: Drehstrommotoren der Typenreihe .../D.XE.11.../...</p> <p>(5) Hersteller: Bauer Antriebstechnik GmbH</p> <p>(6) Anschrift: D-73726 Esslingen</p> <p>(7) Die Bauart dieses Gerätes sowie die verschiedenen zulässigen Ausführungen sind in der Anlage zu dieser Baumusterprüfbescheinigung festgelegt.</p> <p>(8) Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt bescheinigt als benannte Stelle Nr. 0102 nach Artikel 9 der Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaften vom 23. März 1994 (94/9/EG) die Erfüllung der grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen für die Konzeption und den Bau von Geräten und Schutzsystemen zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen gemäß Anhang II der Richtlinie. Die Ergebnisse der Prüfung sind in dem vertraulichen Prüfbericht PTB Ex 98-30017 festgelegt.</p> <p>(9) Die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen werden erfüllt durch Übereinstimmung mit EN 50014:1997 EN 50019:1994</p> <p>(10) Falls das Zeichen „X“ hinter der Bescheinigungsnummer steht, wird auf besondere Bedingungen für die sichere Anwendung des Gerätes in der Anlage zu dieser Bescheinigung hingewiesen.</p> <p>(11) Diese EG-Baumusterprüfbescheinigung bezieht sich nur auf Konzeption und Bau des festgelegten Gerätes gemäß Richtlinie 94/9/EG. Weitere Anforderungen dieser Richtlinie gelten für die Herstellung und das Inverkehrbringen dieses Gerätes.</p> <p>(12) Die Kennzeichnung des Gerätes muß die folgenden Angaben enthalten:</p> <p style="text-align: center;"> II 2 G EEx e II T1, T2, T3 oder T4</p> <p>Zertifizierungsstelle Explosionsschutz Im Auftrag Braunschweig, 29. März 1999</p> <p> Dr.-Ing. U. Engel Regierungsinspektor</p>	<p>Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig und Berlin</p> <p style="text-align: center;"></p> <p style="text-align: center;">Datenblatt 04 zur EG-Baumusterprüfbescheinigung PTB 99 ATEX 3273</p> <p style="text-align: center;">für den Drehstrom-Asynchronmotor Typ .../DXE11LA4-.../... (Getriebemotor)</p> <p><u>Bemessungsgrößen und Daten</u></p> <p>Diese Bescheinigung gilt unter der Voraussetzung, daß sich die Motoren dieses Typs hinsichtlich der elektrischen und thermischen Beanspruchung nur unwesentlich von dem geprüften Muster unterscheiden, für die folgenden Ausführungen:</p> <table border="0"> <tr> <td>Leistung an der Arbeitswelle:</td> <td>4,0</td> <td></td> <td></td> <td>kW</td> </tr> <tr> <td>Spannung:</td> <td>110</td> <td>400</td> <td>690</td> <td>V</td> </tr> <tr> <td>Strom:</td> <td>31,5</td> <td>8,7</td> <td>5,1</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>Leistungsfaktor:</td> <td></td> <td>0,81</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Frequenz:</td> <td></td> <td>50</td> <td></td> <td>Hz</td> </tr> <tr> <td>Drehzahl: (Motor)</td> <td></td> <td>1445</td> <td></td> <td>min⁻¹</td> </tr> <tr> <td>Betriebsart:</td> <td></td> <td>S1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Verhältnis I_n/I_n:</td> <td></td> <td>7,8</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wärmeklasse:</td> <td></td> <td>B oder F</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>Neben den oben angegebenen Spannungen sind auch dazwischenliegende Werte zulässig. Die zugehörigen Ströme sind im reziproken Verhältnis der Spannungen umzurechnen. Gegenüber den Bemessungswerten darf die Netzspannung bis zu ± 5 % und die Netzfrequenz bis zu ± 2 % entsprechend dem Bereich A nach IEC 34-1 schwanken.</p> <p><u>Temperaturüberwachung</u></p> <p>Für die Auswahl einer stromabhängig verzögerten Schutzeinrichtung wurden die Zeiten t_e wie folgt bestimmt:</p> <table border="0"> <tr> <td>Temperaturklasse:</td> <td>T1</td> <td>T2</td> <td>T3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Zeit t_e:</td> <td>9</td> <td>9</td> <td>9</td> <td>s</td> </tr> </table> <p><u>Prüfbericht</u> PTB Ex 99-30036</p> <p>Zertifizierungsstelle Explosionsschutz Im Auftrag Braunschweig, 29. März 1999</p> <p> Dr.-Ing. U. Engel Regierungsinspektor</p> <p style="text-align: right;">Blatt 1/1</p>	Leistung an der Arbeitswelle:	4,0			kW	Spannung:	110	400	690	V	Strom:	31,5	8,7	5,1	A	Leistungsfaktor:		0,81			Frequenz:		50		Hz	Drehzahl: (Motor)		1445		min ⁻¹	Betriebsart:		S1			Verhältnis I _n /I _n :		7,8			Wärmeklasse:		B oder F			Temperaturklasse:	T1	T2	T3		Zeit t _e :	9	9	9	s
Leistung an der Arbeitswelle:	4,0			kW																																																				
Spannung:	110	400	690	V																																																				
Strom:	31,5	8,7	5,1	A																																																				
Leistungsfaktor:		0,81																																																						
Frequenz:		50		Hz																																																				
Drehzahl: (Motor)		1445		min ⁻¹																																																				
Betriebsart:		S1																																																						
Verhältnis I _n /I _n :		7,8																																																						
Wärmeklasse:		B oder F																																																						
Temperaturklasse:	T1	T2	T3																																																					
Zeit t _e :	9	9	9	s																																																				

Bild 5.7.2 Beispiel einer EG-Baumusterprüfbescheinigung für Danfoss Bauer GmbH

5.8 Motoren mit betriebsmäßiger Funkenbildung und Sonderantriebe

Für Motoren mit betriebsmäßiger Funkenbildung (z. B. an Kommutatoren oder Schleifringen) sowie für Antriebe, die nicht zuverlässig gegen Überlastung geschützt werden können (z. B. bei Aussetzbetrieb, Schaltbetrieb, Kurzzeitbetrieb oder Ähnlichem), **scheidet die Zündschutzart "e" grundsätzlich aus**. Solche Antriebe sind auf andere Weise, z. B. durch die Zündschutzarten Druckfeste Kapselung "d" oder Überdruckkapselung "p", zu schützen. Beim **Betrieb am Umrichter** ergeben sich für Motoren der Zündschutzart "e" erhebliche Aufwendungen für die Modifikation des Umrichters, den Überlastungsschutz und für die Prüfung durch eine benannte Stelle (Abschnitt 15). Die Praxis tendiert daher bei Umrichterbetrieb eindeutig zur Zündschutzart "d".

6 Zündschutzart Druckfeste Kapselung "d"

Grundgedanke der Zündschutzart "d" ist, eine mögliche Zündung auf das **Innere des Motorgehäuses zu beschränken** und sie nicht auf die umgebende explosionsfähige Atmosphäre übergreifen zu lassen, also den so genannten Zünddurchschlag zu vermeiden.

An der Oberfläche der Gehäuse darf die Temperatur den für die jeweilige Temperaturklasse zulässigen Grenzwert nicht übersteigen.

Vor allem im angelsächsischen Ausland ist häufig mit dem Begriff "Explosionsschutz" bei elektrischen Maschinen die Zündschutzart "Druckfeste Kapselung" (flameproof bzw. explosion-proof) verbunden.

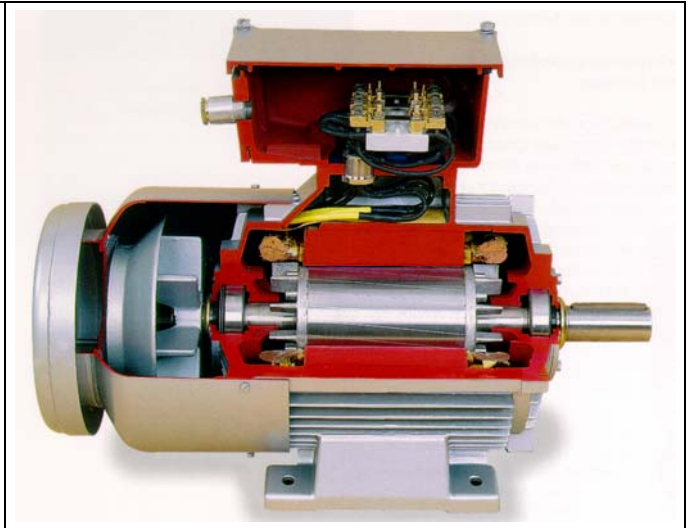
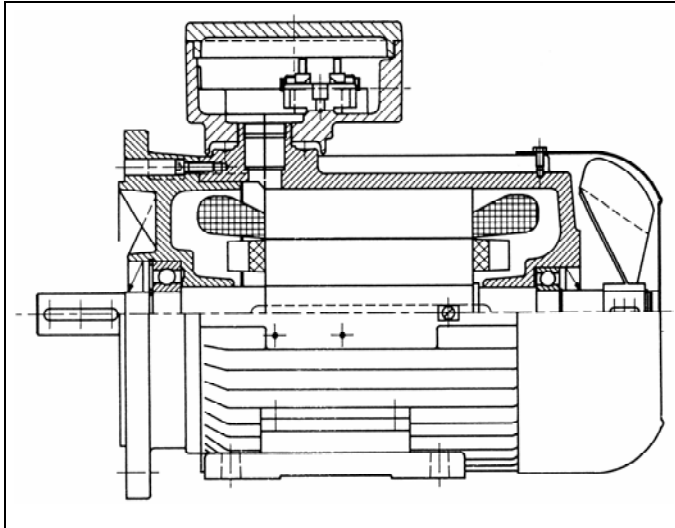


Bild 6.0.1

Schnittbild eines druckfest gekapselten Drehstrom-Käfigläufer-Motors in Zündschutzart "de" nach Unterlagen der Fa. ATB (Fabrikat F&G)

Bild 6.0.2

6.1 Schutzmaßnahmen gegen den Zünddurchschlag

Die Wandungen und Verschraubungen der Gehäuse müssen einem inneren **Explosionsüberdruck** standhalten, der mit dem Gehäuseinhalt abgestuft ist. Spatlängen und Spaltweiten an Passflächen und Wellendurchführungen müssen mindestens den nach Gehäuseinhalt und Explosionsgruppen abgestuften Grenzwerten entsprechen (siehe Tabelle 6.1.2), um einen **Zünddurchschlag** zu vermeiden.

Vor allem bei der Explosionsgruppe IIC sind die maximal zulässigen Spaltweiten an Wellendurchführungen so gering, dass ein erheblicher fertigungstechnischer Aufwand nötig ist.

Nicht isolierte unter Spannung stehende Teile und die zur Aufrechterhaltung des Explosionsschutzes erforderlichen Teile dürfen nur mit Hilfe von Werkzeugen abnehmbar sein. Nach der früher gültigen VDE 0171/2.61 waren für diesen Zweck noch Sonderwerkzeuge (z. B. Dreikantschlüssel) vorgeschrieben. Nach EN50018:2000 genügen als "Sonderverschluss" Sechskantschrauben ohne Schlitz oder Zylinderkopfschrauben mit Innensechskant, wenn bei Verwendung in Gruppe I der Schraubenkopf in einer Einsenkung liegt oder von einem Schutzkragen umschlossen ist (s.a. Abschnitt 28.2).

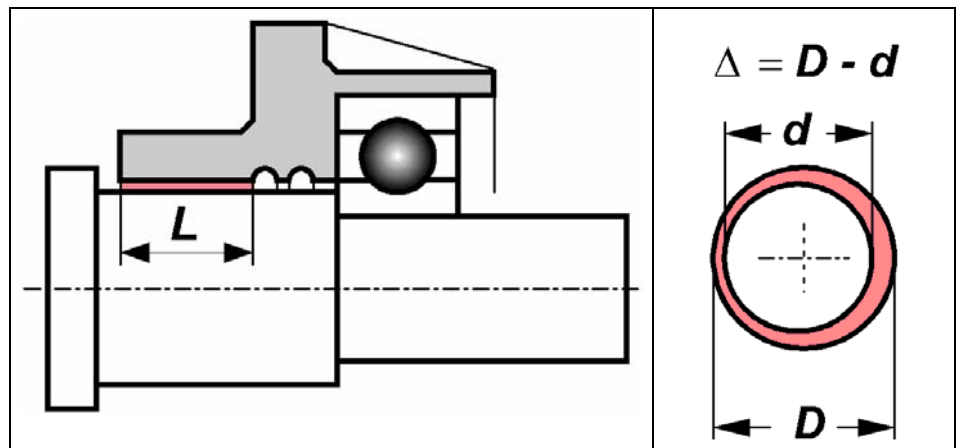


Bild 6.1.1
 Prinzipdarstellung einer zünddurchschlagsicheren Wellendurchführung bei einem Elektromotor der Zündschutzart "d"
 L - Spaltlänge
 Δ - Spaltweite

Kennzahlen explosionsfähiger Gemische								
Ex- plo- sions- gruppe	Grenzspalt- weite MESG bei L = 25 mm IEC 60079-1A	Größte Spaltweite Δ D Wellen- durch- führung V > 2 ltr., WL L = 25 mm Δ D (mm)	Temperaturklasse					
			T1	T2	T3	T4	T5	T6
	mm	mm	>450°C	>300°C	>200°C	>135°C	>100°C	>85°C
I	MESG > 0,9	Δ D ≤ 0,75	Methan	-	-	-	-	-
IIA	MESG > 0,9	Δ D ≤ 0,6	Propan	Butan	Benzine	Acet- aldehyd	-	-
IIB	0,5 ≤ MESG ≤ 0,9	Δ D ≤ 0,3	Kokerei- gas	Ethylen	Schwefel- wasserst.	-	-	-
IIC	MESG < 0,5	Δ D ≤ 0,25	Wasser- stoff	Acetylen	-	-	-	Schwefel- kohlen- stoff

Tabelle 6.1.2
 Anforderungen an Spaltweiten und Spaltlängen für zünddurchschlagsichere Wellendurchführungen im Vergleich zur Grenzspaltweite MESG
 Erläuterung der Abkürzungen:
 MESG - Grenzspaltweite
 L - Spaltlänge
 Δ D - Spaltweite (Durchmesser-Unterschied Flansch zu Welle)
 V - Gehäuse-Volumen
 WL - Wälzlager

6.2 Einteilung von Gasen und Dämpfen in Explosionsgruppen

Die explosionsfähigen Gase und Dämpfe werden entsprechend ihrer Zündtemperatur in Temperaturklassen T1 bis T6 eingeteilt, wie unter 5.2 ausführlich beschrieben wurde.

Bei der Zündschutzart "e" ist die Gefährlichkeit eines Gases schon mit der **Zündtemperatur** definiert, da ja die Zündung völlig vermieden werden soll.

Bei der Zündschutzart "d" benötigt man noch zusätzliche Angaben über die Explosionsgruppe, d.h. die Fähigkeit zum **Zünddurchschlag**, da ja das Übergreifen einer Zündung vom Motorinnern auf die den Motor umgebende Atmosphäre verhindert werden soll.

Explosionsgruppe	IIA	IIB	IIC
Acetaldehyd	II A		
Aceton	II A		
Acetylen			II C
Ethan	II A		
Ethylacetat	II A		
Ethylether		II B	
Ethylalkohol	*	*	*
Ethylchlorid	II A		
Ethylen		II B	
Ethylenoxid		II B	
Ethylglykol		II B	
Ammoniak	II A		
i-Amylacetat	II A		
Benzine, Ottokraftstoffe (Siedebeginn < 135 °C)	II A		
Spezialbenzine (Siedebeginn > 135 °C)	II A		
Benzol (rein)	II A		
n-Butan	II A		
n-Butylalkohol	II A		
Cyclohexanon	II A		
Diesekraftstoffe DIN 51 601/4.78	II A		
Düsenkraftstoffe	II A		
Essigsäure	II A		
Essigsäureanhydrid	II A		
Heizöle DIN 51 603	II A		
n-Hexan	II A		
Kohlenoxid	II A		
Methan	II A		
Methanol	II A		
Methylchlorid	II A		
Naphthalin	II A		
Ölsäure	*	*	*
Phenol	II A		
Propan	II A		
n-Propylalkohol	*	*	*
Schwefelkohlenstoff			II C
Schwefelwasserstoff		II B	
Stadtgas (Leuchtgas)		II B	
Tetralin (Tetrahydronaphthalin)	*	*	*
Toluol	II A		
Wasserstoff			IIC

Tabelle 6.2.2

Einteilung von Gasen und Dämpfen in Explosionsgruppen nach der früheren DIN VDE 0165

* Explosionsgruppe noch nicht ermittelt.

6.3 Thermische Schutzmaßnahmen

Die Temperatur der Wicklung ist nur durch die thermische Stabilität und die Alterung der verwendeten Isolierstoffe begrenzt, kann also den Werten für normale, nicht explosionsgeschützte Motoren nach Tabelle 6.3.1 entsprechen.

Wärmeklasse (Isolierstoffklasse)	E	B	F	H
Grenz-Übertemperatur (K)	75	80	105	125

Tabelle 6.3.1

Zulässige Grenz-Übertemperaturen für isolierte Wicklungen bei Dauerbetrieb nach DIN EN 60034-1 (VDE 0530 Teil 1) (siehe auch Tabelle 4.2)

Für die Außenseite der Gehäuse ergeben sich Grenzwerte, die je nach Temperaturklasse aus der Tabelle 6.3.2 ersichtlich sind:

Zündtemperatur des Gases (°C)	>	450	300	200	135	100	85
Temperaturklasse		T1	T2	T3	T4	T5	T6
Oberflächentemperatur (°C) bei ungünstigster Spannung im Bereich ± 10 % (EN 50014, 23.4.6.1)	≤	440	290	195	130	95	80
Oberflächentemperatur (°C) bei Messung mit U_N	≤	-	-	180	120	90	75

Tabelle 6.3.2

Grenztemperaturen für die Gehäuse-Oberfläche von Motoren in Zündschutzart "d"

Die in früheren Normen festgelegten zusätzlichen Sicherheitsabstände von 20 % zwischen zulässiger Grenztemperatur und Zündtemperatur sind mit Einführung der Europannormen entfallen. Gemäß internationaler Vereinbarung genügt die Sicherheit, die bereits bei der Ermittlung der Zündtemperatur eingeschlossen bzw. durch verschärfte Prüfbedingungen gegeben ist.

Zur Einhaltung der in der Tabelle 6.3.2 genannten Gehäusetemperaturen wird nach EN 60079-14 ein **Überlastungsschutz** vorgeschrieben. Für die Auswahl des Überstromschutzschalters sind die Bestimmungen DIN VDE 0660 und EN 60947, also die gleichen Kriterien wie für normale, nicht explosionsgeschützte Motoren, maßgebend. Gegenüber Antrieben in Zündschutzart "e", für die eine Funktionsprüfung der Schutzeinrichtung durch eine benannte Stelle und vor allem die Einhaltung der Abschaltbedingungen für die Zeit t_E verlangt wird, ist also die Zuordnung der Schutzeinrichtung vereinfacht (vgl. 11.15).

Die **direkte Temperaturüberwachung** durch TMS ist bei der Zündschutzart "d" eine im gesamten Leistungsbereich anwendbare Alternative, von der zunehmend Gebrauch gemacht wird. Sie kann vom Hersteller als "TMS als Alleinschutz" nach entsprechender Typenprüfung zertifiziert werden. Durch diese Prüfung ist bei läuferkritischen Maschinen zu gewährleisten, dass außerhalb der druckfesten Kapselung liegende Wellenteile keine zündgefährlichen Temperaturen erreichen. Das TMS-Auslösegerät muss eine Baumusterprüfbescheinigung haben (vgl. 11.9.3).

Da im Sinne der Vorschriften für den Explosionsschutz nur die Oberflächentemperatur des Gehäuses zu überwachen ist, entfällt i. A. eine Unterscheidung nach thermisch ständer- und läuferkritischen Maschinen, sodass die in der Ständerwicklung eingebetteten Temperaturfühler i. A. alle Motorgrößen und Betriebsarten erfassen können. Verhältnismäßig aufwändig ist allerdings die Herausführung der Anschlussenden zum Klemmenkasten, der vom Innenraum des Motors meist druckfest getrennt ist.

6.4 Anschlussstechnik

Nach den früheren deutschen Bestimmungen ist der Anschlussraum in Zündschutzart "e" vom druckfest gekapselten Innenraum des Motors getrennt (Bilder 6.4.1 und 6.4.3). Die Stromzuführung zur Wicklung erfolgt über druckfeste Durchführungsbolzen oder Mehrfachdurchführungen (2). Diese Konstruktion wird in IEC 60079-1 mit **"indirekte Einführung Typ X"** bezeichnet. Sie wird in Deutschland bevorzugt, weil es schwierig erscheint, am Aufstellungsort anstelle von (1) eine druckfeste Leitungseinführung herzustellen und unter den wechselnden Einflüssen des Betriebes aufrechtzuerhalten.

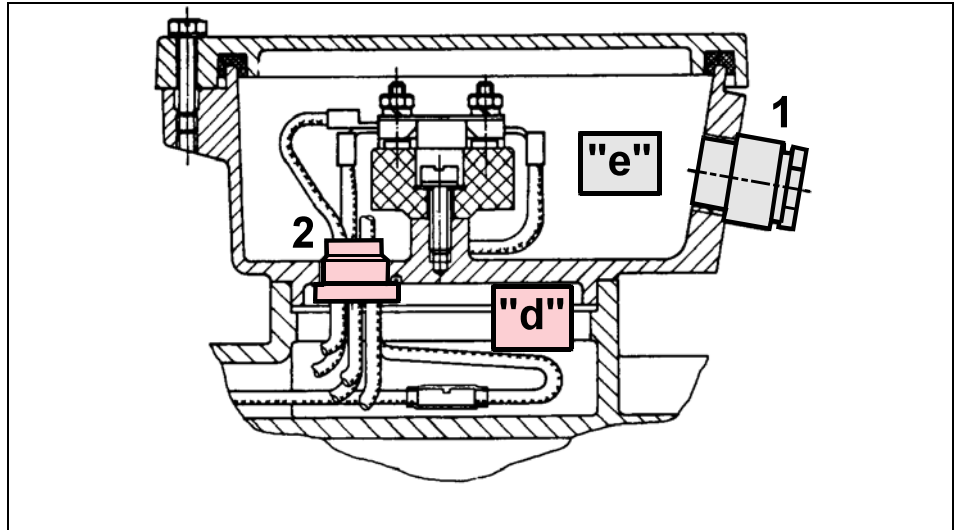


Bild 6.4.1

Beispiel für eine "indirekte Einführung" in den Anschlussraum der Zündschutzart "e" mit druckfesten Mehrfachdurchführungen (2) zum "d"-Raum. Einführungsteil (1) erfüllt mechanische Anforderungen und IP, jedoch nicht "d".

Nach den europäischen Normen ist es zulässig, den Anschlussraum in die druckfeste Kapselung einzubeziehen. Diese beispielsweise in Frankreich und Nordamerika gebräuchliche **"direkte Einführung"** wird nach IEC mit "Typ Y" bezeichnet (Bilder 6.4.2 und 6.4.3).

Bei "direkter Einführung" müssen die Netzleiter über geprüfte und bescheinigte druckfeste Einführungsteile in den Klemmenraum geführt werden.

Da diese in Deutschland wenig gebräuchliche Anschlusstechnik in hohem Maße von der fachgerechten und sorgfältigen Ausführung abhängt, wurde in den Errichtungsbestimmungen zunächst eine Abnahme durch einen Sachverständigen verlangt. Seit die Hersteller von Bauteilen verbesserte Einführungsteile anbieten, konnte diese Forderung entfallen.

Nach wie vor gilt jedoch, dass die ausführlichen Anforderungen in EN 60079-14, 10.3 und die Montagerichtlinien des Herstellers zu beachten sind.



Bild 6.4.2

Beispiel einer druckfesten Leitungseinführung in den Klemmenkasten nach den u. A. in Frankreich und in den USA angewandten Bestimmungen, die auch in EN Eingang gefunden haben

(Bild: Fa. STAHL)

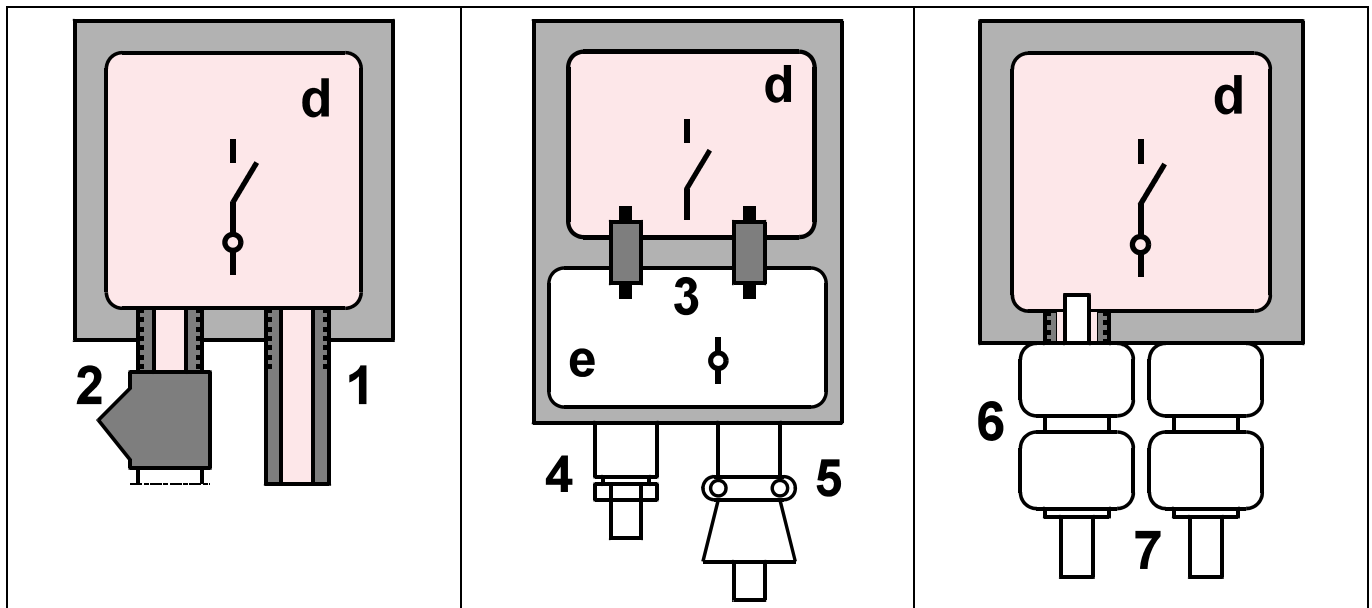


Bild 6.4.3

Einführungsarten in den Anschlussraum

"d" - Geräteeinbauroum in Zündschutzart druckfeste Kapselung

"e" - Anschlussraum in Zündschutzart erhöhte Sicherheit

- 1 - Druckfeste Rohrleitung ("conduit system")
- 2 - Zündsperrung ("conduit seal")
- 3 - Druckfeste Leitungsdurchführungen
- 4 - Stopfbuchsverschraubung für fest verlegte Kabel
- 5 - Trompeteneinführung für flexibel verlegte Kabel
- 6 - Druckfeste Kabelarmatur
- 7 - Metallbewehrtes Kabel

6.5 Pauschale Konformitätsbescheinigung

Schon 1980 trat mit Einführung der ersten ElexV bezüglich des Bescheinigungsverfahrens eine Vereinfachung auf. Die bis dahin notwendige Bauartzulassung zusätzlich zum PTB-Prüfschein konnte entfallen. Dies galt für Motoren, die entsprechend den europäischen Normen gebaut wurden. Diese Motoren erhielten eine Konformitäts- oder EG-Baumusterprüfbescheinigung, die in allen EG-Ländern gültig ist.

Für Drehstrommotoren in der Zündschutzart EEx d oder EEx de wird die EG-Baumusterprüfbescheinigung nach ATEX bis Temperaturklasse T6 ausgestellt (Bild 6.5). Sie kann bis zur Temperaturklasse T4 "pauschal", d. h. in Eigenverantwortung des Herstellers für verschiedene elektrische Motorauslegungen verwendet werden. Bei Temperaturklasse T5/T6 ist sie durch ein von der benannten Stelle zertifiziertes Datenblatt zu ergänzen.

Damit ergab sich eine wesentliche Verminderung der Anzahl der Bescheinigungen. Es wird im eigentlichem Sinne der **Explosionsschutz durch die druckfeste Kapselung** bescheinigt.

In den pauschalen Konformitätsbescheinigungen kann auch die Ausführung von Motoren mit Temperaturfühler **als Alleinschutz** enthalten sein. Im Weiteren können Motoren für erhöhte Umgebungstemperatur bis max. 60 °C, Motoren für die Betriebsarten S2 bis S7 bzw. S8 (Schutz durch Temperaturfühler) sowie Speisung der Motoren aus statischen Frequenzumformern im Rahmen dieser pauschalen Konformitätsbescheinigung für die Zündgruppen T1 bis derzeit T4 ausgeführt werden.

Die drastische Verminderung der Anzahl der Prüfungsscheine, Konformitätsbescheinigungen und EG-Baumusterprüfbescheinigungen brachte eine erhebliche Erleichterung für Prüfstellen und Betreiber. Auch für den Hersteller bedeutet dies eine Befreiung von der Beantragung einer Vielzahl von Scheinen.

Allerdings ist der Hersteller nach wie vor verpflichtet, an allen verschiedenen Motorausführungen, die im Rahmen dieser pauschalen Konformitätsbescheinigung erstellt werden, die notwendigen experimentellen Prüfungen durchzuführen und als **Typprüfungen** in Protokollen festzuhalten und zu dokumentieren. Nachprüfungen durch eine benannte Stelle sind vorbehalten. Die Überwachung der Herstellung ist auch im Gesetzeswerk verankert. Damit ist gewährleistet, dass die Sicherheit bezüglich des Explosionsschutzes wie bei der bisherigen Verfahrensweise im gleichen Maße vorhanden ist [3.30].



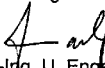

Physikalisch-Technische Bundesanstalt		PTB
Braunschweig und Berlin		
		
EG-Baumusterprüfbescheinigung		
(1)	Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen - Richtlinie 94/9/EG	
(2)	EG-Baumusterprüfbescheinigungsnummer	
	PTB 99 ATEX 1105	
(3)	Gerät:	Drehstrommotoren Typen ../DN.XD05.. - ../DN.XD35..
(4)	Hersteller:	Danfoss Bauer GmbH
(5)	Anschrift:	D- Esslingen
(6)	Die Bauart dieses Gerätes sowie die verschiedenen zulässigen Ausführungen sind in der Anlage zu dieser Baumusterprüfbescheinigung festgelegt.	
(7)	Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt bescheinigt als benannte Stelle Nr. 0102 nach Artikel 9 der Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaften vom 23. März 1994 (94/9/EG) die Erfüllung der grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen für die Konzeption und den Bau von Geräten und Schutzsystemen zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen gemäß Anhang II der Richtlinie.	
	Die Ergebnisse der Prüfung sind in dem vertraulichen Prüfbericht PTB Ex 99-19183 festgelegt.	
(8)	Die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen werden erfüllt durch Übereinstimmung mit	
	EN 50014:1997	EN 50018:1994
		EN 50019:1994
(9)	Falls das Zeichen „X“ hinter der Bescheinigungsnummer steht, wird auf besondere Bedingungen für die sichere Anwendung des Gerätes in der Anlage zu dieser Bescheinigung hingewiesen.	
(10)	Diese EG-Baumusterprüfbescheinigung bezieht sich nur auf Konzeption und Bau des festgelegten Gerätes gemäß Richtlinie 94/9/EG. Weitere Anforderungen dieser Richtlinie gelten für die Herstellung und das Inverkehrbringen dieses Gerätes.	
(11)	Die Kennzeichnung des Gerätes muß die folgenden Angaben enthalten:	
	 II 2 G EEx d IIC T3...T6 bzw. EEx de IIC T3...T6	
	Zertifizierungsstelle Explosionsschutz	Braunschweig, 12. August 1999
	Im Auftrag	
	 Dr.-Ing. U. Engel Regierungsdirektor	

Bild 6.5
Beispiel einer vereinfachten ("pauschalen") EG-Baumusterprüfbescheinigung für Drehstrommotoren der Zündschutzart "d" oder "de", Achshöhen 56 ... 355. Bis T4 unter Verzicht auf elektrische Daten; bei T5/T6 ergänzt durch ein PTB-zertifiziertes Datenblatt

7 Zündschutzart Überdruckkapselung "p"

Bei dieser Zündschutzart sind die gefährdeten Teile in Gehäuse eingeschlossen, die von **Frischluff oder von Schutzgas unter Überdruck** so durchspült werden, dass explosionsfähige Gemische, die vor der Inbetriebnahme in die Gehäuse eingedrungen sind, entfernt werden und während des Betriebes in die Gehäuse nicht eindringen.

Das Kennzeichen "p" entspricht dem englischen Begriff "pressurization". Es hat das Kennzeichen "f" für "Fremdbelüftung" abgelöst.

Die besonderen Bestimmungen nach DIN EN 50016/VDE 0170-3, betreffen – dem Schutzgedanken entsprechend – weniger die Konstruktion und Auslegung des Motors, sondern mehr das Zubehör für die Fremdbelüftung (Strömungswächter, Steuerung, Verriegelung und Kapselung der Luftführung).

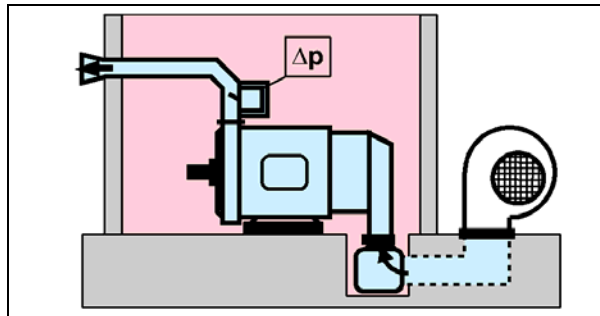


Bild 7
Prinzip der
Zündschutzart
Überdruckkapselung "p"
bei einem Drehstrom-
Kommutator-Motor mit
Überdruck-
Überwachung Δp

Wegen des relativ großen Aufwandes für das Zubehör wird das Prinzip der Überdruckkapselung vor allem für Maschinen größerer Leistung, bei hohen Temperaturklassen und Explosionsgruppen sowie bei Maschinen mit betriebsmäßiger Funkenbildung (Kommutator oder Schleifring) angewandt.

Da solche Maschinen ohnedies meist durchzugbelüftet in Kühlart IC1X, IC2X oder IC3X konzipiert werden, bietet sich die Erweiterung auf Überdruckkapselung an.

Bei der Errichtung von Anlagen in Zündschutzart "p" sind u. a. folgende Einzelbestimmungen zu beachten:

- Das Schutzgas (Luft, inertes Gas oder ein anderes geeignetes Gas) darf nicht brennbar sein.
- Die Schutzgasleitungen müssen den 1,5fachen Betriebsdruck aushalten und beständig gegen das Schutzgas sein.
- Die Kapselung mit den angeschlossenen Schutzgasleitungen muss der Schutzart IP40 genügen. Das Austreten von Flammen oder Funken muss verhindert sein.
- Bei ständiger Durchspülung muss das Schutzgas entweder in den nicht explosionsgefährdeten Bereich abgeführt werden, oder es sind Maßnahmen zu treffen – z. B. Einbau von Funkenfängern – die ein Herausschleudern von Funken oder glühenden Teilen verhindern.
- Durch Sicherheitsmaßnahmen, z. B. Verwendung von Zeitrelais, Strömungswächtern, muss gewährleistet sein, dass das überdruckgekapselte Betriebsmittel erst nach mehrfacher, ausreichender – mindestens aber 5facher – Vorspülung des freien Gehäusevolumens einschließlich der Zu- und Ableitung eingeschaltet werden kann.
- Es muss eine selbsttätige Einrichtung vorgesehen sein, die sicherstellt, dass die im Gehäuse eingebauten Betriebsmittel abgeschaltet werden, wenn
 - der Druck unter den vorgeschriebenen Mindestwert fällt oder
 - die vorgeschriebene Mindestdurchsatzmenge an Schutzgas unterschritten wird.
- Wenn ein Abschalten zu einem gefährlicheren Betriebszustand der Anlage führen kann, darf die Auslösung eines Warnsignals vorgesehen werden.
- Die Einhaltung der Errichtungsbestimmungen ist durch einen Sachverständigen unter Beachtung der Betriebsanleitung zu überprüfen (EN 60079-14, Abschnitt 13).

8 Zündschutzart "n" für explosionsgefährdete Bereiche der Zone 2

Nach einer Bearbeitungszeit von mehr als zehn Jahren ist mit Ausgabedatum April 1999 die europäische Norm EN 50021 "Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche; **Zündschutzart 'n'**" erschienen. Die entsprechende nationale Norm heißt DIN EN 50021 (VDE 0170-16) [1.13]. Der Umfang der Norm (74 Seiten) entspricht der Bearbeitungszeit; sie löst die "Anforderungen für das Errichten in Zone 2" aus der früheren deutschen Norm DIN VDE 0165 [6] ab, die für dieses Thema mit zwei Seiten ausgekommen sind. Die internationale Norm IEC 60079-15 [3] ist Ersatz für den IEC-Report 79-15 (1987).

Die Errichtungsbestimmungen EN 60079-14 lassen im Abschnitt 5.2.3 für den Einsatz in Zone 2 neben der Zündschutzart "n" auch elektrische Betriebsmittel zu, die den Anforderungen einer anerkannten Norm für industrielle elektrische Betriebsmittel entsprechen, sofern sie u.A.

- im ungestörten Betrieb keine zündfähigen heißen Oberflächen haben und keine Lichtbögen oder Funken erzeugen
- eine für den Einsatzort ausreichende IP-Schutzart aufweisen
- durch eine kompetente Person beurteilt worden sind.

8.1 Anwendungsbereich der Norm (Zitat)

"Diese Europäische Norm enthält die Anforderungen für die Bauart, die Prüfung und die Kennzeichnung von elektrischen Betriebsmitteln der Gruppe II in der Zündschutzart "n" zur Verwendung in Bereichen, in denen explosionsfähige Atmosphäre aus Gas, Dampf oder Nebel wahrscheinlich nicht auftritt oder die – wenn sie dennoch auftritt – wahrscheinlich nur selten und nur für eine kurze Zeit existiert. Diese Norm gilt sowohl für nicht funkende elektrische Betriebsmittel als auch für Betriebsmittel mit Teilen oder Stromkreisen, die Lichtbögen, Funken oder heiße Oberflächen hervorrufen, die – sofern sie nicht nach einer der in dieser Norm festgelegten Methoden geschützt sind – in der Lage sein könnten, umgebende explosionsfähige Atmosphäre zu zünden.

Ein nichtzündfähiges Bauteil ist bei seiner Verwendung auf den besonderen Stromkreis beschränkt, für den nachgewiesen wurde, daß es nichtzündfähig ist; dieses Bauteil kann daher nicht getrennt daraufhin beurteilt werden, ob es dieser Norm entspricht. Diese Norm wird auf elektrische Geräte und Bauteile der Gruppe 2, Kategorie 3G angewendet. Derartige Geräte sind dafür ausgelegt, in Übereinstimmung mit den Betriebsparametern zu funktionieren, die von dem Hersteller festgelegt wurden und die ein normales Schutzniveau sicherstellen. Geräte dieser Kategorie gewährleisten das erforderliche Schutzniveau während des normalen Betriebes.

Anmerkung 1: In dieser Norm hat das Wort "Betriebsmittel" dieselbe Bedeutung wie das Wort "Gerät", das in der EG-Richtlinie benutzt wird.

Übereinstimmung mit dieser Europäischen Norm bedeutet nicht das Beseitigen oder Vermindern von Anforderungen irgendeiner anderen Europäischen Norm, der das elektrische Betriebsmittel entspricht.

Diese Norm ergänzt die Anforderungen für Betriebsmittel üblicher Industriequalität und kann über sie hinausgehen.

Anmerkung 2: Die Anwendung dieser Norm kann wegen des weiten Bereiches von Betriebsmitteln und Techniken, die diese Norm abdeckt, eine ingenieurmäßige Beurteilung erfordern. Falls Betriebsmittel zertifiziert werden sollen, kann es erforderlich sein, daß die hierfür maßgeblichen Anforderungen zwischen dem Hersteller und der Prüfstelle abgestimmt werden müssen."

8.2 Zündschutzmethoden der Zündschutzart "n"

Beim Beginn der internationalen Arbeiten an der Norm für Zone-2-Betriebsmittel wurden von deutscher Seite zunächst vor allem zwei Anforderungen eingebracht:

- Betriebsmäßig keine Funken, Lichtbögen oder unzulässige Temperaturen
- Gute Industriequalität.

Diese durch DIN VDE 0165 :1991 noch näher festgelegte Grundanforderung hatte sich in der Praxis gut bewährt und war mit dem Begriff **"non-sparking"** gut zu umschreiben.

Vor allem unter britischem Einfluß wurden in die Norm EN 50021 jedoch eine ganze Reihe weiterer, teilweise sehr unterschiedlicher und für die deutsche Anwendungspraxis auch neuer Methoden aufgenommen. Es gibt die Methoden A, C, R, L und P und bei der Methode C zusätzlich fünf verschiedene Konzepte (siehe Abschnitt 8.3).

Das Kurzzeichen "n" erinnert zwar noch an eine dieser Methoden ("non-sparking"), in der wörtlichen Umschreibung für die Zündschutzart "n" wurde jedoch der weitergehende und etwas umständliche Begriff "Zone-2-Betriebsmittel" eingeführt.

8.2.1 Definition der Zündschutzart "n"

"Zündschutzart elektrischer Betriebsmittel, bei der für den normalen Betrieb und bestimmte anormale Bedingungen, wie sie in dieser Norm festgelegt sind, erreicht wird, dass die Betriebsmittel nicht in der Lage sind, eine umgebende explosionsfähige Atmosphäre zu zünden."

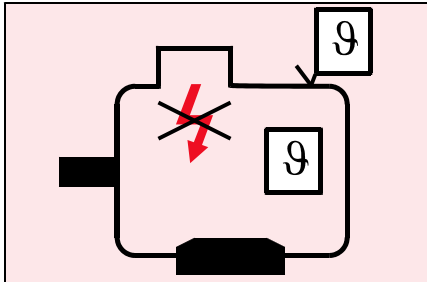
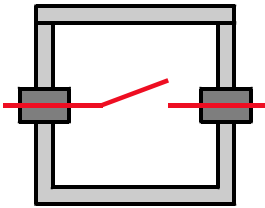
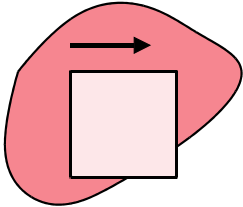
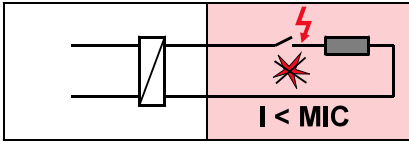
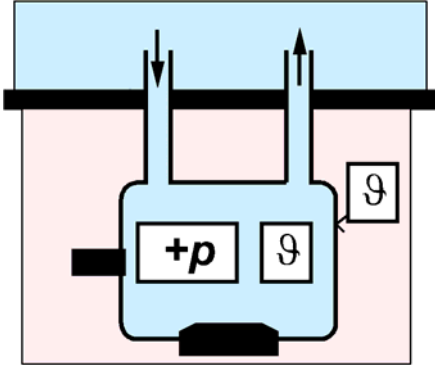
8.2.2 Definition "normaler Betrieb"

"Der elektrische und mechanische Betrieb eines Betriebsmittels im Rahmen seiner Auslegungsdaten und innerhalb der Grenzen, wie sie vom Hersteller festgelegt wurden.

Anmerkung 1: Die vom Hersteller festgelegten Grenzen können andauernde betriebliche Bedingungen einschließen, wie z. B. den Betrieb eines Motors mit einer bestimmten Schalthäufigkeit.

Anmerkung 2: Die Veränderung der Versorgungsspannung innerhalb der festgelegten Grenzen und jede andere betriebliche Toleranz ist Teil des normalen Betriebes."

8.3 Schema der Zündschutzmethoden bei der Zündschutzart "n"

Symbol Kurzbeschreibung	Prinzip	Anwendung bei Motoren	Anwendung bei anderen Betriebsmitteln z.B.
nA nichtfunkend (keine Funken oder heißen Oberflächen)		Käfigläufer- motoren	Klemmenkästen Sicherungen Leuchten Trafos Steckvorrichtungen Zellen Batterien MSR
nC funkend (Funken und/oder heiße Oberflächen) (<i>sparking contacts</i>)	 <p>Zündschutzkonzepte:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Umschlossenen Schalter - nicht zündfähige Bauteile - hermetisch dichte Kapselung - abgedichtete Einrichtungen - gekapselte Einrichtungen 	-	$V \leq 20 \text{ cm}^3$ z.B. Relais $V \leq 100 \text{ cm}^3$ $V \leq 100 \text{ cm}^3$
nR schwadensicher (<i>restricted breathing</i>)		-	$\Delta\theta \leq 10 \text{ K}$ (daher nicht für Motoren)
nL energiebegrenzt (<i>limited energy</i>)		-	Prinzip "i" mit Vereinfachungen
nP vereinfachte Überdruckkapselung (<i>simplified pressurization</i>)		Schleifringläufer- motoren Kommutator- motoren	Überwachung von Druck und Vorpülung vereinfacht IEC 60079-2 Schaltkästen und Schaltschränke

8.4 Zündschutzmaßnahme "schwadensichere Gehäuse" nR

Auf die zusätzliche **Schutzwirkung eines relativ gasdichten Gehäuses**, also einer hohen IP-Schutzart, wurde schon vor der Verwendung des Begriffes "Schwadensicherheit" hingewiesen [3.10]. Bild 8.4.1 zeigt den Grundgedanken in Anlehnung an eine Veröffentlichung [3.41] der Fa. STAHL: Ein an einem Gehäuse vorbeiziehender Gasschwaden dringt so langsam und so unvollständig in das Gehäuse ein, daß die Gaskonzentration unterhalb der unteren Explosionsgrenze (UEG) bleibt.

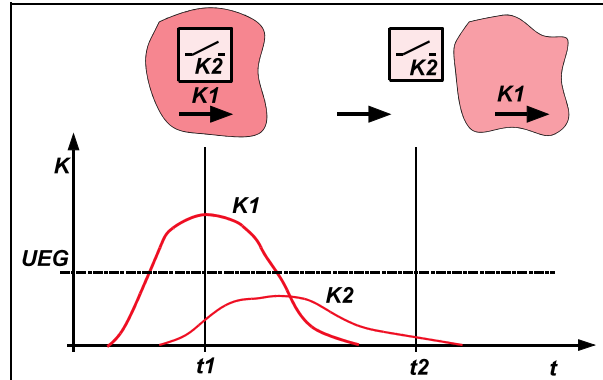


Bild 8.4.1
Prinzipdarstellung der
Zündschutzmaßnahme
"Schwadensicherheit"

K1 Konzentration im
Schwaden
K2 Konzentration im
Gehäuse
t Zeitablauf
UEG Untere
Explosionsgrenze

In der überholten nationalen Norm DIN VDE 0165, Abschnitt 6.3.1.4, waren schwadensichere Gehäuse zugelassen für Betriebsmittel, in deren Innern Funken oder Lichtbögen oder unzulässige Temperaturen entstehen. Das Gehäuse musste mindestens dem Schutzgrad IP54 entsprechen; ein innerer Überdruck von 4 mbar musste mindestens 30 s benötigen, um auf 20 mbar abzusinken.

Bild 8.4.2 zeigt einen solchen Prüfvorgang und macht den enormen Einfluss der IP-Schutzart deutlich.

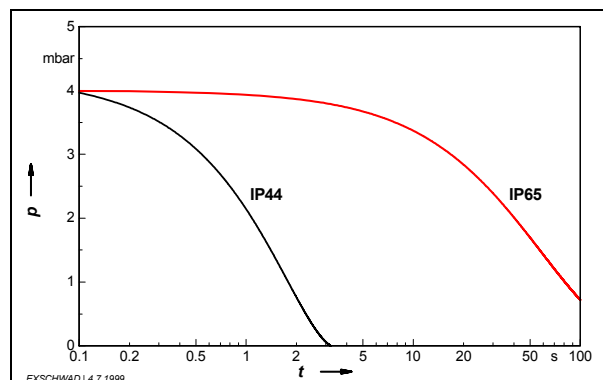


Bild 8.4.2
Diagramm des
Druckabfalls bei der
Prüfung auf
Schwadensicherheit
nach der
überholten
DIN VDE 0165 :1991
bei Motoren der
Schutzarten
IP44 und IP65

Typische Anwendungen für die schwadensichere Ausführung waren Kommutatormotoren (betriebsmäßige Funkenbildung) und mechanische Bremsen (unzulässige Erwärmung an den Reibbelägen).

In der neuen Norm EN 50021 bzw. EN 60079-15 wurden die Anforderungen an die Zündschutzmaßnahme "nR" verschärft (Auszug aus Abschnitt 22.1):

"Der Schutz durch schwadensichere Gehäuse kann unter folgenden Voraussetzungen angewendet werden:

- a) Gehäuse, die funkende Kontakte enthalten, aber mit Begrenzung der freigesetzten Energie, sodaß die durchschnittliche Lufttemperatur innerhalb des Gehäuses die äußere Umgebungstemperatur um nicht mehr als 10 K übersteigt. Dagegen darf die innere Lufttemperatur die äußere Umgebungstemperatur bis zu 20 K übersteigen, wenn der Temperaturabfall bei Abschalten des Betriebsmittels auf höchstens 10 K/h begrenzt ist.
- b) Gehäuse, die keine funkenden Kontakte enthalten, mit einer Begrenzung lediglich der äußeren Oberflächentemperatur.

Anmerkung 1: Der Einsatz von schwadensicheren Gehäusen für den Schutz gegen die Zündung durch funkende Kontakte ist dann nicht erlaubt, wenn aufgrund der hohen Innentemperatur bei Abschaltung des Betriebsmittels eine erhöhte Gefahr des Ansaugens von explosionsfähiger Atmosphäre in das Gehäuse hinein besteht."

Die Festlegung nach a) schließt die Anwendung der Zündschutzmaßnahme "Schwadensicherheit" bei Kommutatormaschinen künftig aus. Mechanische Bremsen sind nach b) erlaubt, sofern sie die ebenfalls verschärften Prüfbedingungen erfüllen. Diese verlangen jetzt:

- mit Stückprüfung** der Schwadensicherheit des Gehäuses:
Innerer Unterdruck von 3 mbar (30 mm WS) benötigt mindestens 80 s, um auf einen Unterdruck von 1,5 mbar (15 mm WS) anzusteigen
- ohne Stückprüfung** der Schwadensicherheit des Gehäuses:
Innerer Unterdruck von 30 mbar (300 mm WS) benötigt mindestens 180 s, um auf einen Unterdruck von 15 mbar (150 mm WS) anzusteigen.

Zu beachten ist neben den Druckwerten die Umkehrung des Prüfprinzips von "Abfall eines Überdruckes" (alte Norm) auf "Anstieg eines Unterdrucks" (neue Norm).

Zusammenfassung:

Während die Zündschutzmaßnahme "Schwadensicherheit" nach den früheren Normen bei elektrischen Maschinen mit betriebsmäßiger Funkenbildung eine gewisse Anwendung fand, schließen die Anforderungen der neuen Norm eine Verwendung für diese Art von Betriebsmitteln praktisch aus.

Die weiteren Ausführungen konzentrieren sich daher auf die für elektrische Maschinen verbleibende Zündschutzmaßnahme "nA".

8.5 Allgemeine Anforderungen bei der Zündschutzart "nA"

Die nachfolgende, stichwortartig verkürzte, auszugsweise und teilweise kommentierte Auflistung kann das Studium der Norm nicht ersetzen.

Potentielle Zündquellen

Im üblichen Betrieb und unter bestimmten, in der Norm festgelegten anormalen Bedingungen muß verhindert sein, daß die Temperatur jeder äußeren und inneren Oberfläche den zulässigen Grenzwert überschreitet.

Maximale Oberflächentemperatur

Die maximale Oberflächentemperatur ist bevorzugt als Temperaturklasse, wahlweise als tatsächlich auftretende Temperatur anzugeben.

Temperaturklasse	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Maximale Oberflächentemperatur bei der Typprüfung (°C)	440	290	195	130	95	80

Sie ist unter den ungünstigsten Bedingungen und bei der ungünstigsten Spannung im genormten Toleranzbereich (bei Ex-Motoren Bereich "A" 95 ... 105 % der Bemessungsspannung) zu messen.

Bei Motoren, die läuferkritisch sind, gilt selbstverständlich die Käfigtemperatur.

Mechanische Festigkeit

Die Anforderungskriterien für die Stoßprüfung nach Bild 8.5.1 sind gegenüber den Anforderungen bei der Zündschutzart "e" auf 50 % reduziert (Bild 8.5.2).

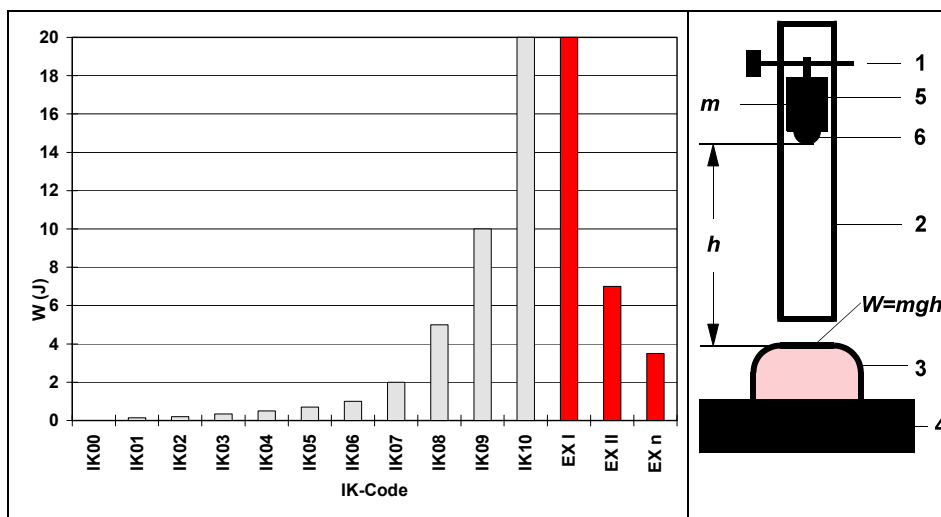


Bild 8.5.1
Stoßfestigkeit elektrischer Maschinen der Zündschutzart EEx e II (EX II) und EEx nA (EX n) im Vergleich zu den IK-Stoßgraden nach EN 50102 (siehe auch [3.10])

Bild 8.5.2
Schema der Stoßprüfung; bei EEx nA: $m=1$ kg und $h=0,35$ m

Nichtmetallische Gehäuse

Die Dauergebrauchstemperatur muß um mindestens 10 K über der höchsten Temperatur des Gehäuses liegen (bei Zündschutzart "e" ist der Abstand 20 K). Zur Vermeidung von elektrostatischen Aufladungen darf der Oberflächenwiderstand 1 GΩ nicht übersteigen (gleicher Wert wie bei "e").

Anschlußteile

Die Anforderungen der Norm für den Anschluss externer Leiter entsprechen weitgehend den allgemeinen Anforderungen für nicht explosionsgeschützte Elektromotoren in üblicher Industriearbeit.

Wie bei der Zündschutzart "e" muß an der Außenseite des Gehäuses ein Schutzleiteranschluss vorgesehen werden; Abstufung mit der Größe des Außenleiters, mindestens jedoch 4 mm².

Kabeleinführungen

Die Einführungsteile müssen entweder einer Europäischen Norm für Industriekabel- und -leitungseinführungen oder den Anforderungen der EN 50014 für Motoren der Zündschutzart "e" entsprechen.

Luftstrecken

Die Anforderungen sind gegenüber der Zündschutzart "e" etwa auf 2/3 reduziert (Bild 8.5.3).

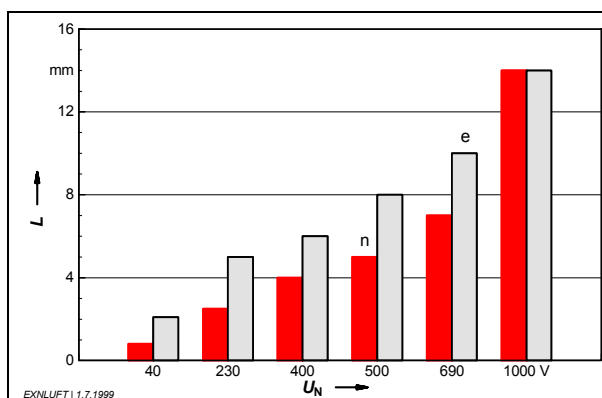


Bild 8.5.3
Vergleich der erforderlichen Luftstrecken L bei üblichen Bemessungsspannungen U_N für die Zündschutzarten "e" und "n"

Kriechstrecken

Die Anforderungen sind gegenüber der Zündschutzart "e" ebenfalls deutlich reduziert (Bild 8.5.4).

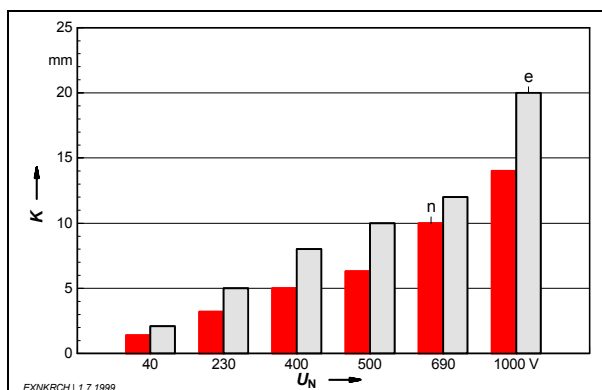


Bild 8.5.4
Vergleich der erforderlichen Kriechstrecken K bei üblichen Bemessungsspannungen U_N für die Zündschutzarten "e" und "n"

Isoliervermögen

Die Anforderungen entsprechen weitgehend den üblichen Werten nach EN 60034-1; neu und ungewöhnlich ist die Angabe einer Toleranz auf die Prüfspannung.

8.6 Ergänzende Bestimmungen für drehende elektrische Maschinen

Die folgenden Anforderungen treffen auf drehende elektrische Maschinen im Geltungsbereich von EN 60034 zu.

IP-Schutzart

Die Mindestschutzart für das Gehäuse ist IP54, bei Aufstellung in sauberen und trockenen Bereichen IP20 mit Kennzeichnung "X" (besondere Bedingungen). Klemmenkästen an Motoren mit Bemessungsspannungen bis 1000 V müssen nach außen mindestens die Schutzart IP54 haben; sie können zum Innern der Maschine offen sein, wenn die Maschine mindestens die Schutzart IP44 hat.

Wenn die Schutzart des Gehäuses von einer Dichtung abhängt und dieses Gehäuse für Installations- oder Wartungszwecke geöffnet werden soll, sind die Dichtungen an einer der beiden zusammengehörigen Oberflächen anzubringen bzw. so zu sichern, daß Verlust, Beschädigung oder ein nicht korrekter Zusammenbau verhindert wird. Das Dichtungsmaterial darf nicht an der gegenüberliegenden Oberfläche kleben.

Radialer Luftspalt

Die Formel für den Mindestluftspalt und die daraus resultierenden Werte entsprechen den Werten für Maschinen der Zündschutzart "e".

Lüftungsöffnungen für Außenlüfter

Übereinstimmend mit den Anforderungen bei der Zündschutzart "e" müssen die Belüftungsöffnungen

- auf der Lufteintrittseite mindestens IP20
 - auf der Luftaustrittseite mindestens IP10
- entsprechen.

Bei Anordnung mit senkrechter Welle muß das Hineinfallen von Fremdkörpern in die Belüftungsöffnungen verhindert sein.

Belüftungssystem

Lüfter, Schutzhauben und Belüftungsöffnungen müssen die Stoßprüfung nach Bild 8.5.1 und 8.5.2 aushalten.

Die Abstände entsprechen den Anforderungen für Maschinen der Zündschutzarten "e" und "d".

Wenn die Umfangsgeschwindigkeit des Lüfters 50 m/s überschreitet, müssen Lüfter und benachbarte Bauteile (Haube, Schutzgitter) elektrostatisch leitfähig sein, dürfen also einen Oberflächenwiderstand von 1 G Ω nicht übersteigen.

Bauteile der Belüftungseinrichtung aus Leichtmetall dürfen nicht mehr als 6 % (Gewichtsanteil) Magnesium enthalten.

Lager und Wellendichtungen

Bei Wälzlagern darf der radiale oder axiale Mindestabstand zwischen den festen und den sich drehenden Teilen einer Dichtung oder eines Labyrinths nicht kleiner als 0,05 mm sein. Für Gleitlager beträgt dieser Mindestabstand 0,1 mm. Dieser Mindestabstand ist für alle denkbaren Positionen der Welle innerhalb der Lager anzuwenden.

Anmerkung 1: Das Axialspiel eines typischen Kugellagers ist annähernd 10mal größer als das radiale Spiel.

Anmerkung 2: Lager, die vom Lagerhersteller mit integrierten Deckscheiben geliefert werden, sind von den oben genannten Anforderungen ausgenommen.

Wenn Gleitdichtungen verwendet werden, müssen sie entweder geschmiert sein oder aus einem Material mit einem niedrigen Reibungskoeffizienten, z. B. PTFE, hergestellt sein. Im ersten Fall ist die Konstruktion des Lagers so auszuführen, dass die Schmierung der Dichtung jederzeit aufrechterhalten wird. Die maximal zulässige Oberflächentemperatur gilt auch für Gleitdichtungen.

Um Übertemperaturen im üblichen Betrieb zu vermeiden, sollten vom Hersteller alle Informationen für erforderliche Wartungsmaßnahmen zur Verfügung gestellt werden.

Käfigläufer aus einzelnen Stäben, die mit Endringen verbunden werden

Als Vorsichtsmaßnahme gegen das Auftreten von zündfähigen Lichtbögen oder Funken sind hochwertige Verbindungen (Hartlöten oder Schweißen) zwischen Stäben und Ringen herzustellen.

Die Stäbe sollen gegen das Blechpaket festgelegt werden. Die Läuferkonstruktion soll das Risiko eines Bruches von Stäben, Ringen oder Verbindungsstellen minimieren. Imprägnierung als Befestigung soll für die Betriebsbedingungen geeignet sein.

Gußkäfigläufer

Gußkäfigläufer sind in Druckguß, Zentrifugalguß oder gleichwertigen Techniken herzustellen, um sicherzustellen, daß die Nut vollständig ausgefüllt ist.

Begrenzung der Oberflächentemperatur

Die Temperatur jeder äußeren oder inneren Oberfläche, die mit explosionsfähiger Atmosphäre in Berührung kommen kann, darf unter üblichen Betriebsbedingungen die festgelegte Grenztemperatur nicht übersteigen. Bei Auslegung für die Betriebsarten S1 oder S2 braucht die Temperaturerhöhung während des Anlaufs nicht berücksichtigt zu werden. Bei den Betriebsarten S3 bis S10 sind der Anlauf und die Lastwechsel zu berücksichtigen.

Betrieb am Umrichter

Motoren zur Speisung durch Umrichter mit veränderlicher Spannung und Frequenz müssen für diesen Betrieb als Einheit mit dem in den beschreibenden Unterlagen festgelegten Umrichter geprüft werden – i.A. durch den Hersteller des Motors. Aus EN 60079-14, 7b) und 11.2.2 ergibt sich, dass direkte Temperaturüberwachung (TMS) erforderlich ist. Die **Prüfung als Einheit** stellt eine deutliche Erschwerung der Abwicklung im Vergleich zu einem Motor der Zündschutzart "d" dar – vor allem wenn Motor und Umrichter von verschiedenen Lieferanten kommen.

8.7 Kennzeichnung

Das elektrische Betriebsmittel ist auf seinen Hauptteilen an einer sichtbaren Stelle zu kennzeichnen. Die Kennzeichnung muß lesbar und dauerhaft sein, wobei mögliche chemische Korrosionserscheinungen zu berücksichtigen sind.

8.7.1 Bestandteile der Kennzeichnung

Die Kennzeichnung muß enthalten:

- a) den Namen des Herstellers oder sein eingetragenes Warenzeichen
- b) die Typbezeichnung des Herstellers
- c) das Symbol EEx n
- d) das Kurzzeichen
A - für nicht funkende Betriebsmittel
C - für funkende Betriebsmittel, in denen die Kontakte in geeigneter Weise geschützt sind, jedoch nicht durch schwadensichere Gehäuse, Energiebegrenzung oder Überdruckkapselung
R - für schwadensichere Gehäuse
L - für energiebegrenzte Betriebsmittel
P - für Betriebsmittel mit vereinfachter Überdruckkapselung
- e) das Symbol für die Gruppe des elektrischen Betriebsmittels
- das Symbol der Gruppe II (mit Ausnahme der funkenden Betriebsmittel mit den Symbolen C oder L nach (d), die in Verbindung mit den Symbolen IIA, IIB oder IIC verwendet werden).
Betriebsmittel für die Verwendung in einer besonderen Gas- oder Dampf-atmosphäre sind mit dem Symbol II zu kennzeichnen, hinter dem der Name oder die chemische Formel des Gases oder des Dampfes steht.
- f) das Symbol der Temperaturklasse T oder die auftretende höchste Oberflächentemperatur.

Elektrische Betriebsmittel, die für den Einsatz in einer bestimmten Gas- oder Dampfatosphäre gekennzeichnet sind, brauchen keine Temperaturklasse aufzuweisen.

- g) der Bereich der Umgebungstemperatur, falls er von -20 °C bis 40 °C abweicht.
- h) eine Seriennummer oder einen Chargenidentifikationscode außer für Kabel- und Leitungseinführung
Verschluß- und Zwischenplatten
Leitungsdurchführungen
Steckvorrichtungen
- i) i) den Namen oder das Zeichen der Prüfstelle, die die Bescheinigung ausgestellt hat und die Nummer der Bescheinigung, falls das Betriebsmittel als mit dieser Europäischen Norm übereinstimmend zertifiziert worden ist.
- j) das Symbol X hinter der Zertifikatsnummer, wenn irgendwelche besonderen Bedingungen für Installation und Benutzung bestehen, die für die Sicherheit bedeutsam sind. Wenn das Betriebsmittel keine Zertifikatsnummer trägt, ist das Symbol X nach der Kennzeichnung nach Abs. f) anzubringen.

8.7.2 Beispiele für die Kennzeichnung bei elektrischen Maschinen

Bei Übereinstimmung mit Richtlinie 94/9/EG und EN 50021/EN 60079-15

CE Ex II 3G EEx nA II T3

CE	CE-Kennzeichnung; bescheinigt die Konformität mit allen relevanten EU-Richtlinien
Ex	spezielles Kennzeichen zur Verhütung von Explosionen nach ATEX 100a, 1.0.5
II	Gerätegruppe für Explosionsschutz außerhalb des Bergbaues
3	Geräteklasse nach ATEX 100a, Anhang I
G	Explosionsgefahr durch Gase, Dämpfe, Nebel ("Gasexplosionsschutz")
EEx	Explosionsschutz nach Europäischen Normen
n	Zündschutzart "n" für Zone-2-Betriebsmittel
A	Zündschutzmethode "nicht funkendes Betriebsmittel"
II	explosionsgefährdete Bereiche außerhalb schlagwettergefährdeter Grubenbaue
T3	Temperaturklasse

Bei Übereinstimmung mit den Normen ohne Anwendung der Richtlinie

Diese Version ist theoretisch denkbar und zur Lieferung in CENELEC-Länder ohne EU-Zugehörigkeit ausreichend, wird aber nicht praktiziert. Diese Länder akzeptieren erfahrungsgemäß die EU-relevanten Zusätze.

EEx nA II T3

EEx	Explosionsschutz nach Europäischen Normen
n	Zündschutzart "n" für Zone-2-Betriebsmittel
A	Zündschutzmethode "nicht funkendes Betriebsmittel"
II	explosionsgefährdete Bereiche außerhalb schlagwettergefährdeter Grubenbaue
T3	Temperaturklasse

8.8 Dokumentation und Verantwortlichkeit

Die Dokumentation ist vom Hersteller zu liefern und muß Folgendes enthalten:

- a) eine Erklärung des Herstellers über die Übereinstimmung mit der Norm und mit einer vollständigen Auflistung der Gesichtspunkte der Explosionssicherheit des elektrischen Betriebsmittels oder ein Zertifikat, das von einer anerkannten Prüfstelle herausgegeben wurde;
- b) Identifikation des Herstellers;
- c) Typbezeichnung des Herstellers;
- d) Beschreibung des Betriebsmittels;
- e) Kennzeichnung und jede andere Information, die üblicherweise für das elektrische Betriebsmittel erforderlich ist, das mit dieser oder anderen entsprechenden Europäischen Normen übereinstimmt;
- f) zusätzliche Bedingungen für die sichere Installation und den Betrieb des Betriebsmittels einschließlich der besonderen Bedingungen, die für die Benutzung von Betriebsmitteln mit dem Symbol X benötigt werden.

Durch die Kennzeichnung des elektrischen Betriebsmittels erklärt der Hersteller in alleiniger Verantwortung, daß die Typ- und Stückprüfungen erfolgreich abgeschlossen wurden und das Produkt mit den Anforderungen der Europäischen Norm übereinstimmt.

8.9 Konformitätserklärung des Herstellers oder Baumusterprüfbescheinigung einer benannten Stelle

Weder in der Norm noch in der EU-Richtlinie 94/9/EG wird für Zone-2-Betriebsmittel der Zündschutzart "n" eine Konformitätsbescheinigung (EG-Baumusterprüfbescheinigung, Zertifizierung) einer benannten Stelle (z. B. PTB, DMT, TÜV Nord) verlangt. Die Übereinstimmung mit der Norm und der Richtlinie kann vom Hersteller erklärt werden, wie dies auch nach altem Recht mit der Herstellererklärung üblich war.

Mit Rücksicht auf den Export und wohl auch als ein Instrument des Marketing werden allerdings von einigen Herstellern auch Konformitätsaussagen von benannten Stellen erlangt.




Bild 8.9.1
Umrichteromotor der Typenreihe
»Eta-K« mit Kegelradgetriebe

zugehörige
Konformitätserklärung des
Herstellers siehe Bild 8.9.2

8.10 Prüfung durch eine befähigte Person nach einer Instandsetzung

Die Funktion des Sachverständigen (Sachkundigen) nach §9 der ElexV vom 13. 12. 1996 ist geändert. Nach ElexV musste der Sachverständige (Sachkundige) nach Instandsetzung von Betriebsmitteln der Zonen 2 und 22 nicht tätig werden.

Diese Abhandlung macht jedoch deutlich, daß die Zündschutzart "n" im Gegensatz zu der früher üblichen "guten Industriequalität" einige ex-spezifische Merkmale enthält, wie sie bisher in den klassischen Zündschutzarten "e", "i" oder "p" enthalten sind.

Es ist der Sicherheit dienlich, wenn nach der Instandsetzung aller mit  gekennzeichneten Betriebsmitteln – also auch nach der Instandsetzung von elektrischen Maschinen der Zündschutzart "n" – eine amtlich anerkannte befähigte Person tätig wird. In der ElexV (alt) war in §11 festgelegt, dass die in §9 verlangte Prüfung durch einen Sachkundigen bei Zone 2-Betriebsmitteln entfällt. Dieser Ausschluss ist in der BetrSichV entfallen.

Werksbescheinigung



**Motoren mit angebautem Frequenzumrichter
Kompaktantriebe Eta-K**

Danfoss Bauer GmbH

Postfach 10 02 08
D-73726 Esslingen
Eberhard-Bauer-Str. 36-60
D-73734 Esslingen
Telefon (0711) 3518 0
Telefax (0711) 3518 381

**Explosionsschutzzone 2-Betriebsmittel
Zündschutzart "n"**
B 320.0200-30 - Stand 02/02

Betrieb von Drehstrom-Käfigläufer-Motoren in Bereichen mit seltener Explosionsgefahr (Zone 2, Kategorie 3) nach EN 50021 und IEC 60079-15

Zone 2 umfasst Bereiche, in denen damit zu rechnen ist, dass eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre nur selten und dann auch nur kurzzeitig auftritt.

International wurde hierfür die Zündschutzart "n" (Zone 2 - Betriebsmittel) eingeführt und genormt (EN 50021 bzw. IEC 60079-15).

Eine amtliche Prüfung oder Zulassung der verwendeten Betriebsmittel ist nach den deutschen Bestimmungen und auch nach den internationalen Normen ausdrücklich nicht erforderlich.

Folgende Anforderungen werden an Zone 2 - Betriebsmittel gestellt:

- Betriebsmäßig dürfen keine Funken, Lichtbögen oder unzulässige Temperaturen entstehen. Unzulässig ist eine Temperatur, die gleich oder größer ist als die Zündtemperatur (nicht Temperaturklasse) des jeweiligen brennbaren Stoffes.
- Die Ausführung des Belüftungssystems muss EN 50014, Abschnitt 17, entsprechen.
- Bei Umrichterbetrieb ist eine geeignete Schutzeinrichtung zu verwenden (z.B. Thermistoren), die Bestandteil der Umrichtersteuerung sein kann.
- Bei Umrichterspeisung muss der Motor mit dem festgelegten Umrichter als Einheit geprüft werden. Diese Anforderung nach 10.9.2.1 in EN 50021 wird bei Eta-K-Motoren erfüllt.

Hiermit wird bescheinigt, dass die IP65 - Drehstrom-Asynchron-Motoren in Zündschutzart "n" mit Kennzeichnung

**II 3G EEx n A II T3 nach EN 50021
Ex n A II T3 nach IEC 60079-15**

des Herstellers Danfoss Bauer GmbH den oben genannten Anforderungen genügen und in der Gerätekategorie 3 als Zone 2 - Betriebsmittel verwendet werden dürfen.

Dies umfasst Motoren der Baureihen D06 ... D16, mit angebautem Frequenzumrichter, wahlweise mit Bremse.

Die maximale Oberflächentemperatur (bezogen auf eine Umgebungstemperatur von 40 °C) beträgt 160 °C (bei angebautem Frequenzumrichter, wahlweise mit angebaute Bremse).

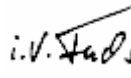
Diese Grenztemperatur wird bei quadratisch mit der Drehzahl ansteigendem Drehmoment im Frequenzbereich 16 ... 50 Hz eingehalten.

Danfoss Bauer GmbH

EE-ef/gr
File : Ex_Z2_Eta_K.doc



i.A. Dipl.-Ing. Eiffler
(Leiter EE)



i.V. Fuchs
(Leiter QW)

BAUER geared motors

Bild 8.9.2

Beispiel einer Herstellererklärung für einen Umrichter-Getriebemotor zur Verwendung in Zone 2

9 Explosionsgefahr durch Schlagwetter oder Explosivstoffe

Neben der Explosionsgefahr durch die in der Chemie und in der Petrochemie auftretenden Gase, Nebel und Dämpfe gibt es auch eine Gefährdung durch **Schlagwetter (Grubengas)**, Explosivstoffe und brennbare Stäube. Letztere sind im Teil III dieser Druckschrift behandelt; Schlagwetter und Explosivstoffe in diesem Abschnitt.

9.1 Bereiche mit Explosionsgefahr durch Schlagwetter

In **schlagwettergefährdeten Grubenräumen unter Tage** waren früher nach den "Vorschriften für die Errichtung elektrischer Anlagen in Bergwerken unter Tage" VDE 0118 nur Motoren in "schlagwettergeschützter Ausführung (Sch)" gemäß den "Vorschriften für schlagwettergeschützte Betriebsmittel" VDE 0170 einzusetzen. Gemäß internationaler Vereinbarung trat in den europäischen Normen für diesen Anwendungsbereich das Kennzeichen "I" an die Stelle von "Sch".

Das Kurzzeichen heißt also zum Beispiel EEx d I statt früher (Sch) d.

Bei der Zündschutzart EEx d I bzw. (Sch) d entsprechen die wichtigsten Bau- und Prüfbestimmungen der Ausführung EEx d II A T1 (vgl. Abschnitt 6).

Eine Unterscheidung nach Explosionsgruppen und Temperaturklassen entfällt beim Schlagwetterschutz, da es sich ja stets um den Schutz gegen die gleiche Gasart, nämlich Grubengas (Methan), handelt. Falls jedoch auch andere Gase frei werden können, ist wie für Gruppe II zu prüfen und zu bezeichnen.

Betriebsmittel für den Anwendungsbereich I unterliegen vor allem erhöhten **mechanischen** Anforderungen und Prüfbedingungen.

Für Bereiche unter Tage wurden in den neuen EG-Richtlinien die Kategorien "M1" und "M2" eingeführt.



Bild 9.1 Typischer Betrieb unter Tage
(mit freundlicher Genehmigung der Fa. LOHER AG)

9.2 Bereiche mit Explosionsgefahr durch Explosivstoffe

Der Entwurf DIN VDE 0166 : 1996 für das "Errichten elektrischer Anlagen in durch explosionsgefährliche Stoffe gefährdeten Bereichen" [1.7] und der neuere europäische Normentwurf prEN 50273 : 2000 stellen eine gravierende Änderung gegenüber der formal noch gültigen Ausgabe DIN 57166 / VDE 0166 : 1981 dar.

Explosionsgefährliche Stoffe im Sinne dieser Norm sind feste, flüssige, pastenförmige oder gelatinöse Stoffe und Zubereitungen, die auch ohne Beteiligung von Luftsauerstoff exotherm und unter schneller Entwicklung von Gasen reagieren können und die unter festgelegten Prüfbedingungen detonieren, schnell deflagrieren oder beim Erhitzen unter teilweisem Einschluß explodieren.

Die **Zersetzungstemperatur** ist definiert als die Temperatur, bei der eine bestimmte Menge des Stoffes unter festgelegten Bedingungen sich gerade noch entzündet, verpufft oder explodiert (siehe Abschnitt 3.4 in [1.7]).

Im Anhang A der Norm sind explosionsgefährliche Stoffe mit ihren Zersetzungstemperaturen (Werte von 53 ... 355 °C) aufgelistet.

In Anlehnung an den Gasexplosionsschutz werden jetzt drei **Bereiche** (Zonen) festgelegt, die durch explosionsgefährliche Stoffe gefährdet sind. Dies sind Bereiche, in denen beim Herstellen, Bearbeiten, Verarbeiten oder Aufbewahren explosionsgefährlicher Stoffe Zündgefahren durch elektrische Einrichtungen entstehen können.

Die Bereiche werden vom Betreiber der Anlage festgelegt.

Einteilung der Bereiche:

Zone E 1

Bereiche, in denen explosionsgefährliche Stoffe

- konstruktions- oder verfahrensbedingt mit elektrischen Einrichtungen in Berührung kommen,
- als Staub, Dampf, Kondensat, Sublimat oder in anderen Zustandsformen in beachtenswertem Umfang auftreten können.

Zone E 2

Bereiche, in denen explosionsgefährliche Stoffe

- konstruktions- und verfahrensbedingt mit elektrischen Einrichtungen nicht in Berührung kommen,
- als Staub, Dampf, Kondensat, Sublimat oder in anderen Zustandsformen nur gelegentlich auftreten können.

Zone E 3

Bereiche, in denen explosionsgefährliche Stoffe konstruktions- und verfahrensbedingt mit elektrischen Einrichtungen nicht in Berührung kommen und als Staub, Dampf, Kondensat, Sublimat oder in anderen Zustandsformen weder konstruktions- noch verfahrensbedingt auftreten können, z. B. bei Lagerung in Versandverpackungen oder in anderen geschlossenen Verpackungen.

Die Oberflächentemperatur von elektrischen Betriebsmitteln, deren Oberfläche mit solchen Stoffen **bestimmungsgemäß in Berührung kommt (Zone E1)**, muss mindestens **100 K** unter der Zersetzungstemperatur liegen.

Die Oberflächentemperatur von elektrischen Betriebsmitteln, deren Oberfläche mit solchen Stoffen **in Berührung kommen kann (Zone E2)**, muss mindestens **40 K** unter der Zersetzungstemperatur liegen. Die Temperaturgrenzen gelten als eingehalten, wenn explosionsgeschützte elektrische Maschinen mindestens der **Temperaturklasse T3** verwendet werden.

Darüber hinaus ist im Abschnitt 4.8.2 der Norm für elektrische Maschinen unter anderem festgelegt :

- Elektrische Maschinen sind gegen unzulässige Erwärmung infolge **Überlastung zu schützen**. Motoren, die ihren Anzugsstrom I_A bei Nennspannung und Nennfrequenz oder Generatoren, die ihren Kurzschlussstrom I_K ohne unzulässige Erwärmung dauernd aushalten können, bedürfen keines Überlastungsschutzes. Als Schutzeinrichtungen kommen in Betracht:
 - a) **Überstromschutzeinrichtungen** mit stromabhängig verzögerter Auslösung, z. B. Motorstarter nach EN 60947-4-1 in allen Außenleitern, die auf höchstens den Nennstrom der Maschine einzustellen sind.
 - b) Einrichtungen zur **direkten Temperaturüberwachung** mit Hilfe von Temperaturfühlern.
 - c) Andere Einrichtungen, die in einer der vorerwähnten Schutzeinrichtungen gleichwertigen Weise den geforderten Schutz gegen unzulässige Erwärmung bewirken.
- Stromabhängig verzögerte Schutzeinrichtungen dürfen nur bei Motoren für **Dauerbetrieb** mit leichten und nicht häufigen Anläufen, die keine nennenswerte zusätzliche Erwärmung hervorrufen, verwendet werden.
- Es müssen Vorkehrungen getroffen sein, damit der Betrieb eines Drehstrommotors bei **Ausfall einer Phase** verhindert wird.
- Motoren, die mit **veränderlicher Frequenz** und Spannung z. B. durch einen Umrichter gespeist werden, müssen eine an diese Betriebsart angepasste Schutzeinrichtung erhalten. Im allgemeinen ist eine Einrichtung zur direkten Temperaturüberwachung unumgänglich.
- Stromabhängig verzögerte Schutzeinrichtungen müssen bei Motoren mit **Sanftanlauf** einer besonderen Bewertung unterzogen werden.
- **Umlaufende Teile**, wie z. B. Lüfter, müssen so angeordnet oder zusätzlich geschützt sein, dass keine Zündgefahr durch unzulässige Temperaturen oder Funken auftreten kann.
- Die **IP-Schutzart** richtet sich nach der Zone:
Zone E1: IP6X Zone E2: IP5X Zone E3: IP4X
- **Belüftungsöffnungen** müssen mindestens dem Schutzgrad IP20 auf der Lufteintrittsseite und IP10 auf der Luftaustrittsseite entsprechen.

10 Wahl der Zündschutzart nach Zonen und Kategorien

Für die Wahl der Zündschutzart und der erforderlichen Schutzmassnahmen spielen die Art sowie die **zeitliche und örtliche Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins einer explosionsfähigen Atmosphäre** eine wichtige Rolle. In den "Regeln für die Vermeidung der Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre mit Beispielsammlung" (kurz "Explosionsschutz-Regeln" EX-RL) ist als Entscheidungshilfe eine große Zahl von Einrichtungen und Verarbeitungsvorgängen mit den zugeordneten Zonen aufgeführt [1.9].

Zuständig für die Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche ist grundsätzlich der **Arbeitgeber (Betreiber)**, wie sich aus folgenden Quellen ergibt:

- Artikel 7 RL 1999/92/EG (ATEX 137) und sinngemäß §5 der BetrSichV**
(1) Der Arbeitgeber teilt Bereiche, in denen explosionsfähige Atmosphären vorhanden sein können, entsprechend Anhang I in Zonen ein.
- EN 50281-3; 4.3 Einteilung staubexplosionsgefährdeter Bereiche**
"Weil diese Norm einen großen Bereich verschiedener Anwendungsfälle abdecken soll, ist es nicht möglich genaue Festlegungen der nötigen Maßnahmen für jeden Einzelfall zu treffen. Es ist deshalb wichtig, dass die hier empfohlene Prozedur von Personen durchgeführt wird, die Kenntnisse auf dem Gebiet der Zoneneinteilung, der im Verfahren verwendeten Stoffe, der jeweiligen Anlage und ihrer Funktion haben."

Bestehen Zweifel über die Festlegung explosionsgefährdeter Bereiche, so entscheiden hierüber die **Aufsichtsbehörden** (Gewerbeaufsichtsamt, Technischer Überwachungsverein, Berufsgenossenschaft) gemäß der in der zugehörigen Rechtsverordnung festgelegten Zuständigkeit.

Die Zonen 20, 21 und 22 sind im Teil III "Staub-Explosionsschutz" behandelt. Die geplante neue Benummerung bei IEC nach Abschnitt 28 ist zu beachten.

Zone	Ex-Atmosphäre	Häufigkeit	Zünd- oder IP-Schutzart von Motoren	B a u b e s t i m m u n g e n		Errichtungsbestimmungen	
				national + EN tws. auslaufend	IEC + EN harmonisiert	national VDE-Bezeichnung	IEC CENELEC
0	Gase u. Dämpfe	ständig oder langfristig	Doppel-Zündschutzart z.B. "d" + "e"	DIN EN 50284 4.2.4	EN 50284 4.2.4	VDE 0165-1	IEC 60079-14 EN 60079-14
1	Gase u. Dämpfe	gelegentlich	Allgemein EEEx e EEEx d EEEx p	DIN EN 50014 DIN EN 50019 DIN EN 50018 DIN EN 50016	IEC 60079-0 IEC 60079-7 IEC 60079-1 IEC 60079-2	VDE 0165-1	IEC 60079-14 EN 60079-14
2	Gase u. Dämpfe	selten, kurzzeitig	EEEx nA oder nach 60079-14 Abschn. 5.2.3	DIN EN 50021	IEC 60079-15	VDE 0165-1	IEC 60079-14 EN 60079-14
20	Staub	ständig oder langfristig oder häufig	nicht zulässig (siehe Abschnitt 26.2)	DIN EN 50281-1-1	IEC 61241-1-1	VDE 0165-2	IEC 61241-1-2 EN 50281-1-2
21	Staub	gelegentlich	"tD" (s. Abschnitt 27)	DIN EN 50281-1-1	IEC 61241-1-1	VDE 0165-2	IEC 61241-1-2 EN 50281-1-2
22	Staub	kurzzeitig	"tD" (s. Abschnitt 27)	DIN EN 50281-1-1	IEC 61241-1-1	VDE 0165-2	IEC 61241-1-2 EN 50281-1-2
20, 21, 22	Staub	-	künftige Norm (Gas + Staub)	DIN EN 60079-0	IEC / EN 60079-0,	VDE 0165-2	IEC 61241-14 IEC 60079-14

Tabelle 10.0.1

Wahl der Zündschutzart eines Elektromotors nach Zonen
Für die Zonen 20, 21 und 22 ist auch Teil III zu beachten

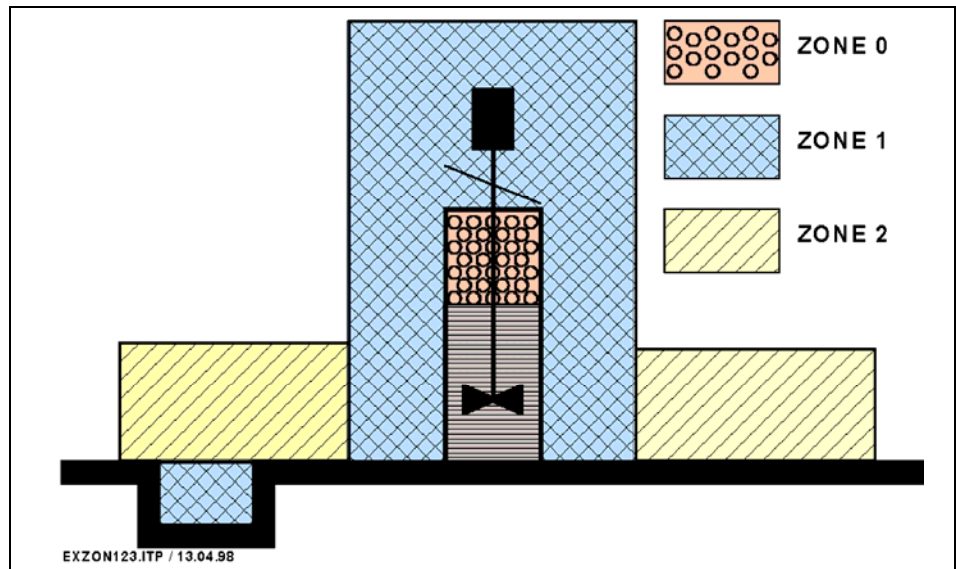


Bild 10.0.2
Rührwerk als Beispiel einer Zoneneinteilung (IEC 60079-10 / EN 60079-10)
(Schraffur nach Norm; Farbe nicht genormt)

An die praktische Anwendungsbreite der Zone-2-Betriebsmittel nach der neuen Norm werden unterschiedliche Erwartungen geknüpft; die Aufteilung beim Beispiel der Installation einer neuen Anlage der Großchemie nach Bild 10.0.3 lässt nicht erkennen, in welchem Umfang Zone-1-Betriebsmittel durch die meist preisgünstigeren Zone-2-Betriebsmittel ersetzt werden konnten.

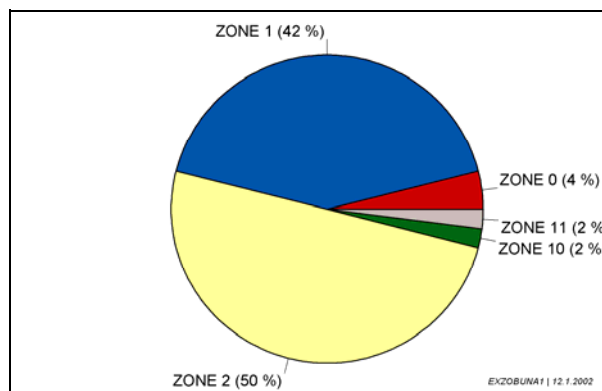


Bild 10.0.3
Verteilung der Ex-Zonen
in der BUNA GmbH nach
einer Umbewertung von
TGL nach DIN EN
(nach W. Thieme in der
Stahl-Ex-Zeitschrift Juni
1994)

Zum voraussichtlichen Einsparungspotential durch die Verwendung von Zone-2-Material bei der BASF gab Dr. de Haas beim 11. Ex-Sachverständigen-Seminar 1991 folgende Schätzung:

- Drehstrommotoren "n" statt "EEx e II T3", 4polig, ≤ 15 kW: ca. 30 %
- Gesamtinvestitionen für MSR ca. 1,2 ... 2,4 %

10.1 Bereiche mit ständiger Explosionsgefahr (Kategorie 1)

Zone 0 umfasst Bereiche, in denen eine explosionsfähige Atmosphäre, die aus einem Gemisch von Luft und Gasen, Dämpfen oder Nebeln besteht, ständig, langfristig oder häufig vorhanden ist.

Erläuterungen in den EX-RL, Abschnitt E 2.1:

Hierzu gehört in der Regel nur das Innere von Behältern oder das Innere von Apparaturen (Verdampfern, Reaktionsgefäßen usw.), wenn die Bedingungen der Definition der Zone 0 erfüllt sind.

Für die zeitliche Wahrscheinlichkeit wird in prEN 13463-2 in Anlehnung an niederländische Praxis unverbindlich genannt:

Mehr als 1000 Stunden pro Jahr.

Zugelassene Betriebsmittel in Zone 0

Gemäß DIN EN 60014 dürfen in Zone 0 nur Betriebsmittel verwendet werden, die IEC 60079-11 (Kategorie "ia – Eigensicherheit") und Abschnitt 12.3 von EN 60079-14 entsprechen. Anforderungen für Betriebsmittel der Zone 0 (Kategorie 1G) sind in EN 50284 (VDE 0170/0171 Teil 12) enthalten. Die extremen Anforderungen werden i. Allg. nur durch die Zündschutzart "ia" ohne offene Schaltkontakte erfüllt. Motoren sind in Zone 0 nicht üblich. Eine Ausnahme bildet die Kombination von zwei voneinander unabhängigen genormten Zündschutzarten, die auf unterschiedlichen physikalischen Schutzprinzipien beruhen (z. B. "double-safety-motors" der Zündschutzart "e" in Gehäuse "d" oder "p") nach Abschnitt 4.2.4 von EN 50284.

10.2 Bereiche mit gelegentlicher Explosionsgefahr (Kategorie 2)

Zone 1 umfasst Bereiche, in denen damit zu rechnen ist, dass eine explosionsfähige Atmosphäre aus Gasen, Dämpfen oder Nebeln gelegentlich auftritt.

Erläuterungen in den EX-RL:

Hierzu können u. a. gehören

- die nähere Umgebung der Zone 0,
- die nähere Umgebung von Beschickungsöffnungen,
- der nähere Bereich um Füll- und Entleerungseinrichtungen,
- der nähere Bereich um leicht zerbrechliche Apparaturen oder Leitungen aus Glas, Keramik u. dgl.,
- der nähere Bereich um nicht ausreichend dichtende Stopfbuchsen, z. B. an Pumpen und Schiebern,
- das Innere von Apparaturen wie Verdampfern, Reaktionsgefäßen.

Für die zeitliche Wahrscheinlichkeit wird in prEN 13463-2 in Anlehnung an niederländische Praxis unverbindlich genannt:

Mehr als 10 Stunden pro Jahr.

Zugelassene Betriebsmittel in Zone 1

Gemäß DIN EN 60079, 5.2.2, müssen Motoren in einer der folgenden, für dieses Betriebsmittel infrage kommenden Zündschutzarten explosionsgeschützt sein:

- Druckfeste Kapselung EEx d II
- Erhöhte Sicherheit EEx e II
- Überdruckkapselung EEx p II

Unter dem Einfluss nordamerikanischer Praxis, wo Motoren für die Division 1 "flameproof" (also druckfest gekapselt) und für die Division 2 "non-sparking" (also ohne betriebsmäßige Funkenbildung) sein müssen, besteht teilweise die Tendenz, die Zündschutzart "d" der Zone 1 und "e" der Zone 2 zuzuordnen. Diese Tendenz ist weder durch die praktische Erfahrung noch durch die gültigen Europäischen Normen gestützt. Vielmehr sind nach den gültigen Bestimmungen Motoren in beiden Zündschutzarten für Zone 1 zulässig – allerdings unter Beachtung der Schutzmöglichkeit (z. B. im Schaltbetrieb, vgl. Abschnitt 11 oder Umrichterbetrieb, vgl. Abschnitt 15).

10.3 Bereiche mit seltener Explosionsgefahr (Kategorie 3)

Zone 2 umfasst Bereiche, in denen nicht damit zu rechnen ist, dass eine explosionsfähige Atmosphäre durch Gase, Dämpfe oder Nebel auftritt, aber wenn sie dennoch auftritt, dann aller Wahrscheinlichkeit nach nur selten und während eines kurzen Zeitraums.

Erläuterungen in den EX-RL:

Hierzu können u. a. gehören

Bereiche, welche die Zonen 0 oder 1 umgeben.

Räume, in denen brennbare Stoffe nur in Rohrleitungen mit geschweißten oder hartgelöteten Verbindungen gefördert werden, sind keine explosionsgefährdeten Bereiche.

Für die zeitliche Wahrscheinlichkeit wird in prEN 13463-2 in Anlehnung an niederländische Praxis unverbindlich genannt:

Weniger als 10 Stunden pro Jahr.

Zugelassene Betriebsmittel in Zone 2

Nach DIN EN 60079-14, 5.2.3 dürfen Betriebsmittel verwendet werden, die für Zone 1 geeignet sind oder den Bestimmungen DIN EN 50021 der Zündschutzart "n" für den Einsatz in Zone 2 entsprechen [1.13]. Weiterhin sind elektrische Betriebsmittel zulässig, die den Anforderungen einer anerkannten Norm für industrielle elektrische Betriebsmittel entsprechen und einigen weiteren Anforderungen genügen (s. a. Abschnitt 8).

10.4 Bereiche ohne Explosionsgefahr

Hierzu gehören Bereiche, die unter üblichen Betriebsbedingungen nur bei außergewöhnlichen Störungen explosionsgefährdet sind.

Darunter fallen auch Räume, in denen nur geschweißte Rohrleitungen der unter 10.1 bis 10.3 genannten Anlagen vorhanden sind, im Allgemeinen auch dann, wenn das Gut im Rohr unter Überdruck steht.

Zugelassene Betriebsmittel in der ungefährdeten Zone

In diesem Bereich können normale, nicht explosionsgeschützte Betriebsmittel verwendet werden.

10.5 Abstufung der Schutzmaßnahmen nach den Zonen

Explosionsgefährdete Bereiche werden nach der **Wahrscheinlichkeit der Auftretens** von explosionsfähiger Atmosphäre in Zonen eingeteilt. Wenn man in allen Bereichen gleich hohe "Sicherheit" oder ein gleich niedriges Restrisiko erreichen will, so können die Maßnahmen zur Vermeidung des Zündanlasses entsprechend angepasst werden; es ergibt sich eine wirtschaftliche Bauweise ohne Beeinträchtigung der Sicherheit. Bild 10.5 zeigt die Anpassung der Schutzmaßnahmen an die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer Explosionsgefahr in vereinfachter grafischer Darstellung.

ZONE	0	1	2	(N)
GEA				
Definition	ständig langfristig häufig	gelegentlich bei Normalbetrieb	nicht im Normalbetrieb wenn dennoch, dann nur kurzzeitig	praktisch nie
Unverbindl. Disk. wert	> 1000 h/a	> 10 h/a	< 10 h/a	
ZÜND-QUELLE				

Bild 10.5 Wahrscheinlichkeit des Zusammentreffens einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre (GEA) mit einer Zündquelle (in Anlehnung an die Darstellung von H. Dreier in [1.9];

Zeitangabe als unverbindlicher Diskussionswert aus getrennter Quelle prEN 13463-2, Anhang C

10.6 Grundsätzliche Anforderungen an Betriebsmittel nach ATEX 95

Die folgenden grundsätzlichen Festlegungen sind der Richtlinie ATEX 100a entnommen; der Begriff "Geräte" in der Richtlinie entspricht dem Begriff "Betriebsmittel" in der Norm.

Kategorie 1 umfasst Geräte, die konstruktiv so gestaltet sind, dass sie in Übereinstimmung mit den vom Hersteller angegebenen Kenngrößen betrieben werden können und ein sehr hohes Maß an Sicherheit gewährleisten.

Geräte dieser Kategorie sind zur Verwendung in Bereichen bestimmt, in denen eine explosionsfähige Atmosphäre, die aus einem Gemisch von Luft und Gasen, Dämpfen oder Nebeln oder aus Staub-Luft-Gemischen besteht, ständig oder langfristig oder häufig vorhanden ist.

Geräte dieser Kategorie müssen selbst bei selten auftretenden Gerätestörungen das erforderliche Maß an Sicherheit gewährleisten und weisen daher Explosionsschutzmaßnahmen auf, so dass

- beim Versagen einer apparativen Schutzmaßnahme mindestens eine zweite unabhängige apparative Schutzmaßnahme die erforderliche Sicherheit gewährleistet bzw.
- beim Auftreten von zwei unabhängigen Fehlern die erforderliche Sicherheit gewährleistet wird.

Kategorie 2 umfasst Geräte, die konstruktiv so gestaltet sind, dass sie in Übereinstimmung mit den vom Hersteller angegebenen Kenngrößen betrieben werden können und ein hohes Maß an Sicherheit gewährleisten.

Geräte dieser Kategorie sind zur Verwendung in Bereichen bestimmt, in denen damit zu rechnen ist, dass eine explosionsfähige Atmosphäre aus Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Staub-Luft-Gemischen gelegentlich auftritt.

Die apparativen Explosionsschutzmaßnahmen dieser Kategorie gewährleisten selbst bei häufigen Gerätestörungen oder Fehlerzuständen, die üblicherweise zu erwarten sind, das erforderliche Maß an Sicherheit.

Kategorie 3 umfasst Geräte, die konstruktiv so gestaltet sind, dass sie in Übereinstimmung mit den vom Hersteller angegebenen Kenngrößen betrieben werden können und ein Normalmaß an Sicherheit gewährleisten.

Geräte dieser Kategorie sind zur Verwendung in Bereichen bestimmt, in denen nicht damit zu rechnen ist, dass eine explosionsfähige Atmosphäre durch Gase, Dämpfe, Nebel oder aufgewirbelten Staub auftritt, aber wenn sie dennoch auftritt, dann aller Wahrscheinlichkeit nach nur selten und während eines kurzen Zeitraums. Geräte dieser Kategorie gewährleisten bei normalem Betrieb das erforderliche Maß an Sicherheit.

Die nachfolgende Tabelle zeigt in Kurzform die Kriterien für die Einteilung in Gerätegruppen und -kategorien. Sie macht deutlich, dass bei der Zoneneinteilung die **zeitliche Wahrscheinlichkeit des Auftretens von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre** bestimmend ist, während bei den Kategorien die **Fehlerbetrachtung** entscheidend ist.

Gruppe II (durch Gas oder Stäube explosionsgefährdete Bereiche)					
Kategorie 1		Kategorie 2		Kategorie 3	
G (Gas) Zone 0	D (Staub) Zone 20	G (Gas) Zone 1	D (Staub) Zone 21	G (Gas) Zone 2	D (Staub) Zone 22
sehr hohes Maß an Sicherheit auch bei selten auftretenden Gerätestörungen		hohes Maß an Sicherheit		normales Maß an Sicherheit	
sicher bei zwei unabhängigen Fehlern		sicher bei üblicher Gerätestörung		sicher bei normalem Betrieb	
zwei redundante Schutzmaßnahmen					

Die Fehlerbetrachtung wird am Beispiel von Käfigläufermotoren besonders deutlich:

- Bei Motoren der Zündschutzart EEx e II für die Zone 1 (Kategorie 2) werden an die Funktion des Motorschutzschalters für den seltenen Störfall "blockierter Läufer" besondere Anforderungen gestellt: Er muss beim Anzugsstromverhältnis I_A/I_N innerhalb der Zeit t_E auslösen.
- Bei Motoren der Zündschutzart EEx nA II für die Zone 2 (Kategorie 3) wird nur der Normalbetrieb betrachtet. Es wird angenommen, dass ein Zusammentreffen des seltenen Störfalls "blockierter Läufer" mit dem "nicht oder nur kurzzeitigen" Auftreten von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre äußerst unwahrscheinlich ist.

Der Störfall "blockierter Läufer" ist im Übrigen auch bei der Zündschutzart "n" durch den nach EN 60079-17, Abschnitt 7, vorgeschriebenen Überlastungsschutz abgedeckt – wenn auch nicht mit den strengen zeitlichen Anforderungen und Prüfvorschriften wie bei der Zündschutzart "e".

10.7 Division-Einteilung nach NEC

In diesem Zusammenhang sind die in Nordamerika eingeführten "Divisions" nach dem "**National Electrical Code (NEC)**" interessant [2.10].

Die nachfolgenden Definitionen entsprechen dem Stand von 1993, der zur Zeit noch überwiegend angewendet wird:

10.7.1 Division 1 nach NEC

Hierzu zählen Bereiche, in denen

- zündfähige Gemische brennbarer Gase und Dämpfe unter normalen Betriebsbedingungen auftreten können;
- zündfähige Gemische solcher Gase und Dämpfe häufig infolge von Instandsetzungs- und Wartungsarbeiten oder durch Undichtigkeiten vorhanden sein können;
- bei Betriebsstörungen oder fehlerhafter Arbeitsweise an Apparaturen oder im Prozessablauf zündfähige Gemische entstehen und gleichzeitig Störungen an elektrischen Betriebsmitteln verursacht werden können.

10.7.2 Division 2 nach NEC

Hierzu zählen:

- Bereiche, in denen flüchtige brennbare Flüssigkeiten oder brennbare Gase transportiert, verarbeitet oder benutzt werden, sich normalerweise jedoch in geschlossenen Behältern oder Rohrsystemen befinden, woraus sie nur durch einen Schaden oder bei anormaler Betriebsweise entweichen können.
- Bereiche, in denen eine zündfähige Konzentration von Gasen oder Dämpfen normalerweise durch eine Zwangsbelüftung verhindert wird, die jedoch durch Störung oder anormale Betriebsweise der Belüftungsanlage explosionsfähig werden können.
- Bereiche, die an Bereiche der Division 1 angrenzen und in welche gelegentlich zündfähige Schwaden von Gasen oder Dämpfen eindringen können, sofern nicht ein solcher Übertritt durch entsprechende Überdruckbelüftung mit Frischluft verhindert und eine Überwachung gegen Ausfall der Belüftung vorgesehen ist.

Seit der Ausgabe 1996 des NEC wird nun alternativ eine Zoneneinteilung in Anlehnung an IEC 60079-10 zugelassen. Nach wie vor müssen allerdings Betriebsmittel zur Verwendung in der Division 1 durch eine US-Prüfstelle (z.B. UL oder FMR) zertifiziert werden [vgl. Beitrag über "Explosionsschutz-Zulassungen ohne Grenzen" von W. Berner und W. R. Slominski in der Stahl-EX-Zeitschrift 1997].

IEC 60079-10	Zone 0	Zone 1	Zone 2
NEC 1993 / 1996	Division 1		Division 2
NEC 1996	Zone 0	Zone 1	Zone 2

Bild 10.7

Schematischer Vergleich der Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche in "Divisions" (Nordamerika) und "Zonen" (Europa)
 NEC 1996 ist eine in den USA neu eingeführte Alternative.

11 Wahl von Zündschutzart und Motorschutz nach der Betriebsart

Die Entscheidung für eine bestimmte Zündschutzart, z. B. "e" oder "d", kann auch von der Betriebsart des elektrischen Betriebsmittels beeinflusst werden. Elektromotoren kleiner Leistung werden relativ häufig im Schalt- und Bremsbetrieb eingesetzt: Dieser Trend ist auch bei Antrieben für explosionsgefährdete Bereiche – wenn auch in abgeschwächter Form – zu beobachten. Aus dieser Betriebsart ergeben sich einige besondere Anforderungen für Auswahl und Einsatz explosionsgeschützter Drehstrommotoren.

Explosionengeschützte Drehstrommotoren werden meist für die Betriebsart S1 ausgelegt, zertifiziert und projektiert. Sie sind **ohne Änderung der Auslegung und der Schutzeinrichtung** auch für die Betriebsarten S2 (Kurzzeitbetrieb) und S3 (Aussetzbetrieb) verwendbar. Eine **spezielle Auslegung für S2 oder S3** und die entsprechende Anpassung der Schutzeinrichtung gemäß den Abschnitten 11.10.1 und 11.10.2 ist nur zu empfehlen, wenn aus Platz- oder Kostengründen (bei Serienbedarf) die technisch mögliche Verkleinerung der Typengröße erwünscht oder notwendig ist.

Anders bei Betriebsart S4 (Aussetz-Schaltbetrieb): Hier ist die thermische Bemessung überwiegend durch den Schaltbetrieb bestimmt und deshalb durch eine Auslegung für S1 nicht abgedeckt. Die Errichtungsbestimmungen EN 60079-14 enthalten im Abschnitt 11.2.1 eine Anweisung zu diesem Thema (sinngemäß auch in VDE 0165 (alt), 6.1.4.3.5): "Im Allgemeinen sind Motoren mit stromabhängig verzögerten Überlastschutzeinrichtungen zulässig für Dauerbetrieb mit leichten und nicht häufigen Anlaufvorgängen, die keine nennenswerte zusätzliche Erwärmung hervorrufen. Motoren, die häufigen oder schweren Anlaufvorgängen ausgesetzt sind, sind nur dann zulässig, wenn geeignete Schutzeinrichtungen sicherstellen, dass die Grenztemperatur nicht überschritten wird."

11.1 Überlastungsschutz bei Elektromotoren

Aus der Betriebsweise eines Motors ergeben sich besondere Anforderungen an den Überlastungsschutz, die am Beispiel eines Schrapfers (Bilder 11.1.1 und 11.1.2) deutlich gemacht werden können. Dieser Antriebsfall hat zwar nichts mit dem Explosionsschutz zu tun, ist dafür aber allgemein bekannt.

Beim Einschalten im Vorfeld des Materials (Sand, Kiesel, Schotter) nimmt der Motor den Anzugsstrom I_A auf, bewegt dann die Schaufel fast im Leerlauf (I_0), bis sie zum Eingriff kommt. Der Laststrom I_L steigt mit der Schaufelfüllung bis auf den **Bemessungsstrom I_N** an. Gerät die Schaufel an einen unvorhergesehenen, extrem hohen Widerstand (z. B. an einen großen Steinbrocken), so kann der Motor abgewürgt werden und den **Anzugsstrom (Kurzschlussstrom) I_A** aufnehmen.

Während eines typischen Spielverlaufs ändert sich der Strom im Verhältnis $I_0 : I_A$, d. h. etwa 1 : 12.



Bild 11.1.1 Anwendungsbeispiel für Elektromotoren mit wechselnder Belastung während eines Arbeitsspiels

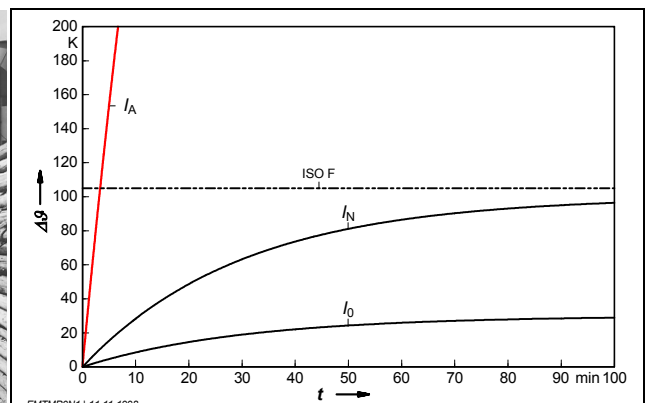
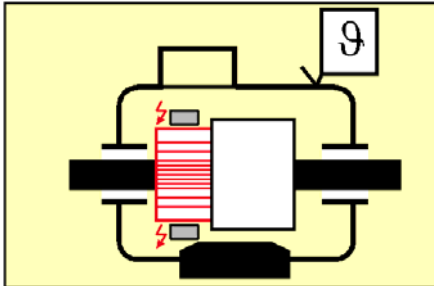
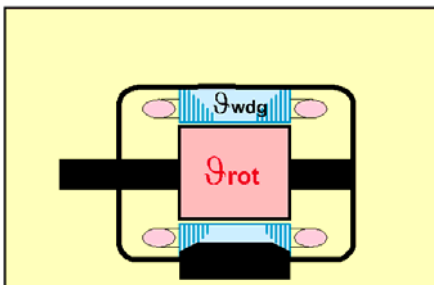


Bild 11.1.2 Temperaturanstieg $\Delta\theta$ bei Leerlauf (I_0), Nennlast (I_N) und im Kurzschluss (I_A) im Vergleich zum Grenzwert für Wärmeklasse F (ISO F)

Die thermische Auswirkung unterschiedlicher Lastzustände wird aus Bild 11.1.2 deutlich; dabei ist vorausgesetzt, dass der jeweils angegebene Strom (I_A , I_0 , I_N) in gleichbleibender Höhe fließt. Die Ströme stehen bei dem für Bild 11.1.2 gewählten Beispiel etwa im Verhältnis $I_0 : I_N : I_A = 0,6 : 1 : 4$; die Erwärmungen etwa $0,35 : 1 : 15$. Bei dem als Beispiel gezeigten Schrapper würde die Temperatur im Blockierungsfall mit I_A so rasch ansteigen, dass sie sich bei dem hier gewählten Zeichenmaßstab nicht mehr darstellen lässt.

11.2 Überlastungsschutz bei den Zündschutzarten "d" und "e"

Der Überlastungsschutz für elektrische Maschinen hat bei den beiden überwiegenden Zündschutzarten einen unterschiedlichen Stellenwert.

Prinzip	Bedeutung des Überlastungsschutzes
	<p>Bild 11.2.1 Druckfeste Kapselung "d" Aus der Definition in 3.2 und dem Prinzipbild wird deutlich, dass im Sinne des Explosionsschutzes nur die äußere Gehäusetemperatur, nicht aber die Temperatur der Wicklung oder des Läufers zu beachten ist. Bei einem Kommutatormotor dürfen sogar betriebsmäßig Funken entstehen.</p>
	<p>Bild 11.2.2 Erhöhte Sicherheit "e" In der Definition nach 3.2 sind "zusätzliche Maßnahmen" verlangt, die unzulässig hohe Temperaturen im Inneren verhindern. Dies ist z. B. ein angepasster Überlastungsschutz, der bei allen Betriebsarten eine für den Explosionsschutz unzulässig hohe Erwärmung Θ_{rot} auch innerhalb des Gehäuses, also auch im Läufer, verhindert.</p>

11.3 Stromüberwachung bei Dauerbetrieb S1

Abgesehen von speziellen Antrieben (z. B. Hebezeuge) sind listenmäßige Motoren stets für Dauerbetrieb bemessen. Wird der Antrieb mit hoher Schalthäufigkeit betrieben, so kann dies die Wahl eines vergrößerten Motormodells in Sonderauslegung erforderlich machen, während umgekehrt bei ausgesprochenem Kurzzeitbetrieb oft ein wesentlich kleineres Modell gewählt werden kann. **Es ist deshalb technisch erforderlich oder wirtschaftlich vorteilhaft, jede vom Dauerbetrieb abweichende Betriebsart dem Motorhersteller anzugeben.**

11.3.1 Beschreibung des Dauerbetriebs

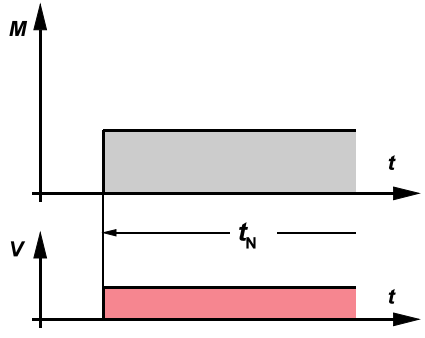
Früher übliche Bezeichnung Vereinfachtes Schema	Kurzzeichen und Definition nach Norm
DB — Dauerbetrieb	S1
	<p>Dauerbetrieb Betrieb mit einer konstanten Belastung, die so lange ansteht, dass die Maschine den thermischen Beharrungszustand erreichen kann. Die entsprechende Kennzeichnung ist S1 oder DB.</p> <p>M Belastung V elektrische Verluste t Zeit t_N Betriebszeit mit konstanter Belastung</p>

Bild 11.3.1 Schema für S1

Die Beharrungstemperatur Θ_{\max} stellt sich ein, wenn die Wärmeabfuhr gleich groß ist wie die verlustbedingte Wärmezufuhr. Die Stromaufnahme ist – mit gewissen Einschränkungen bei kleinen Maschinen bis etwa 1 kW – repräsentativ für die Verluste und die Erwärmung. Der Überlastungsschutz kann deshalb von stromabhängig thermisch verzögerten Überlastschutzeinrichtungen (Bimetall-Relais oder Motorschutzschalter) nach [1.2] übernommen werden. Diese auch "Motorstarter" genannten Schaltgeräte müssen den Normen der Reihe DIN VDE 0660 [1.2] entsprechen. Beim Schutz von Motoren der Zündschutzart "e" muss die angegebene Auslösezeit mit einer zulässigen Abweichung von $\pm 20\%$ eingehalten werden.

11.3.2 Kleinmotoren mit $I_0/I_N > 0,7$

Motoren mit kleiner Bemessungsleistung sind meist magnetisch hoch gesättigt und weisen daher einen **relativ hohen Leerlaufstrom** auf. Bild 11.3.2 zeigt eine typische Stromkennlinie eines Motors mit Bemessungsleistung 0,25 kW in relativer Darstellung und im Vergleich zu einem Motor mit 11 kW.

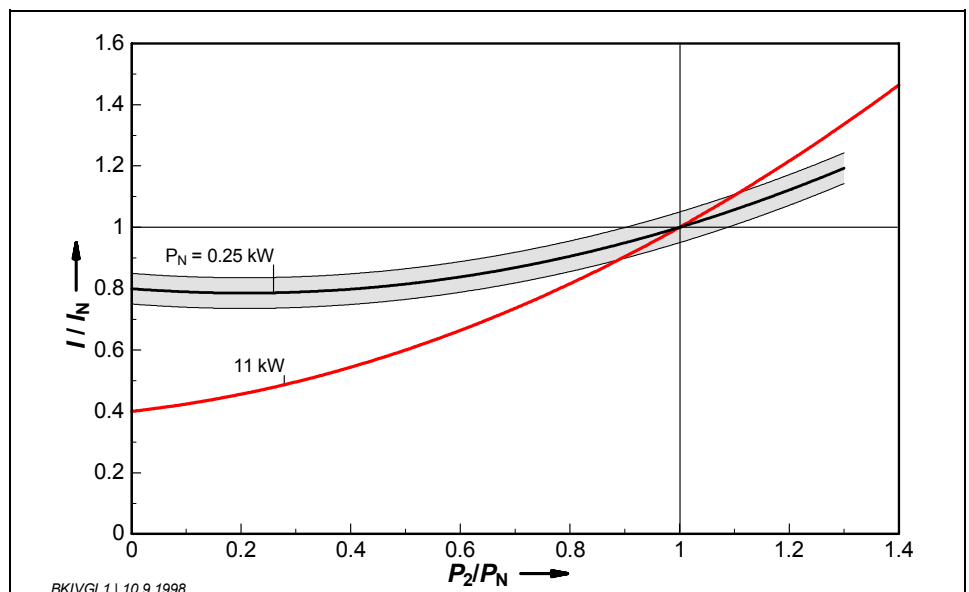


Bild 11.3.2

Relative Stromaufnahme I/I_N in Abhängigkeit von der relativen Belastung P_2/P_N bei Käfigläufermotoren mit Bemessungsleistung $P_N = 0,25$ und 11 kW

Die PTB-Prüfregeln [2.6] legen für derartige Motoren der Zündschutzart "e" fest: "Motoren, deren Leerlaufstrom I_0 nur wenig kleiner als ihr Nennstrom I_N ist, sind durch Motorschutzschalter nicht in allen Fällen ausreichend geschützt. Gemäß VDE 0660 sind die Auslöser so justiert, dass der Einstellstrom (Motornennstrom) dauernd fließen kann, während bei 1,2fachem Nennstrom der Auslöser innerhalb von zwei Stunden (vom betriebswarmen Zustand ausgehend) ansprechen muss. Hieraus ergibt sich ein sogenannter 'Grenzstrom' für den Auslöser, der etwa bei dem 1,15fachen Einstellstrom liegt. Es muss also damit gerechnet werden, dass der Motorschutzschalter eine dauernde Belastung des Motors mit dem 1,15fachen Nennstrom zulässt. Solche Motoren können nun einen fast waagerechten Verlauf der Belastungskennlinie $I = f(P_2)$ aufweisen. Das bedeutet, dass ein solcher Motor auch bei Überlast kaum mehr Strom aufnimmt, als bei Nennlast.

Gleichzeitig steigt aber hierbei die Läufererwärmung durch zunehmenden Schlupf stark an, und auch die Ständerwicklung wird durch Rückwirkung vom Läufer her stärker erwärmt, als es nur unter Berücksichtigung der relativ geringen Stromzunahme zu erwarten wäre. Mit einem solchen Verhalten ist vor allem bei Motoren zu rechnen, bei denen der Leerlaufstrom I_0 mehr als das 0,7fache des Nennstromes I_N beträgt. Die Voraussetzung für ein sicheres Ansprechen des thermischen Überstromauslösers bei Überlast ist bei diesen Maschinen also oftmals nicht mehr erfüllt und der thermische Schutz der Maschinen nicht mehr voll gewährleistet. Dieses besondere Verhalten bedingt, dass bereits beim Entwurf der Motoren auf die Möglichkeit eines wirksamen Schutzes Rücksicht genommen werden muss. Um eine Entscheidung darüber zu ermöglichen, ob ein Motor noch durch Motorschutzschalter sicher geschützt werden kann und damit die Forderungen des Explosionsschutzes erfüllt, sind folgende Untersuchungen durchzuführen:

- a) Prüfung der Maschine mit Nennleistung zur Ermittlung der elektrischen Nenndaten und der Nennbetriebs-Übertemperaturen von Ständerwicklung und Läuferkäfig.
- b) Ermittlung der Dauerbetriebs-Übertemperaturen von Ständerwicklung und Läuferkäfig bei Überlastung der Maschine mit 1,15fachem Nennstrom.
- c) Die nach b) ermittelten Dauerbetriebs-Übertemperaturen dürfen die Grenzwerte der Wärmeklasse und Temperaturklasse um nicht mehr als 40 % überschreiten (siehe 4.2).

Für die Bestimmung der Erwärmungszeiten sind die nach dem herkömmlichen Verfahren unter a) ermittelten Dauerbetriebs-Übertemperaturen einzusetzen.

Unter Berücksichtigung dieses Prüfverfahrens ist ein ausreichender Schutz auch durch die üblichen Motorschutzschalter gewährleistet.

Die eingangs aufgezeigten Probleme hinsichtlich des Motorschutzes würden sich bei Verwendung der direkten Temperaturüberwachung umgehen lassen."

11.3.3 Schaltung der Auslöser

In früheren PTB-Prüfungsscheinen war festgelegt, dass bei Wicklungen in Dreieckschaltung die Bimetallrelais oder -auslöser mit den Wicklungssträngen in Reihe zu schalten und auf den Strangstrom, also den $1/1,73 = 0,58$ fachen Motorbemessungsstrom einzustellen sind (Bild 11.3.3). Diese Forderung ist zwar entfallen, ist aber als Empfehlung nach wie vor sinnvoll:

- Bei Y- Δ -Anlauf ist die Wicklung geschützt, wenn nicht von Stern auf Dreieck weiterschaltet wird.
- Bei Ausfall eines Netzleiters ("Zweileiterbetrieb", s. Abschn. 11.5) besteht eine bessere Schutzwirkung für die Wicklung.

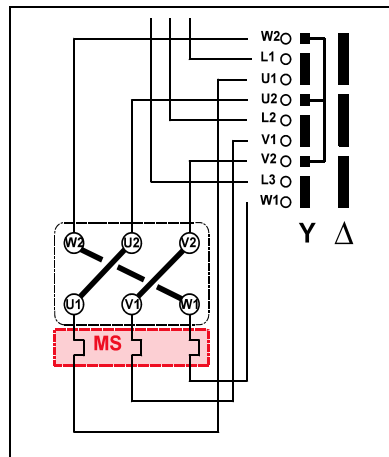


Bild 11.3.3
Schaltbild für Y-Δ-Einschaltung mit Anordnung und Bemessung der Bimetallschalter MS für den Strangstrom $I_{ph} = I_N / 1,73$

Bei polumschaltbaren Motoren sind für jede Drehzahlstufe getrennte Relais vorzusehen, die gegeneinander zu verriegeln sind.

Sowohl nach [1.8], Abschnitt 7 a) wie auch nach [1.7], Abschnitt 6.1.4.1 a) sind die Ströme in allen drei Außenleitern zu überwachen.

11.3.4 Zusammenfassung der Anforderungen bei Betriebsart S1

Zündschutzart	e	d
Relais oder Auslöser allpolig	x	x
Getrennte Relais für alle Drehzahlstufen bei Polumschaltung	x	x
Thermische Sonderprüfung bei Zertifizierung falls $I_0 / I_N > 0,7$	x	–
Max. zulässige Abweichung der Auslösezeit vom Nennwert $\pm 20\%$	x	–
Zertifizierung für Alleinschutz durch Thermistoren	B	H
Auslösung innerhalb Erwärmungszeit t_E (s. Abschn. 11.4)	x	–
Phasenausfallempfindlichkeit unabhängig von der Schaltung (s. Abschn. 11.5)	x	x

x erforderlich ▲ zulässig B benannte Stelle
– nicht erforderlich 0 nicht zulässig H Hersteller

11.4 Zeit t_E bei Zündschutzart "e"

Ein kritischer Betriebsfall ergibt sich, wenn ein Drehstrom-Asynchronmotor aus betriebswarmem Zustand mit festgebremstem Läufer an voller Spannung – also im "Kurzschluss" – steht. Die Temperatur in Ständer und Läufer steigt unter dem Einfluss des Anzugsstromes rasch an und erreicht nach einer messtechnisch oder – bei großen Maschinen – rechnerisch zu ermittelnden **Erwärmungszeit t_E** die zulässige Grenztemperatur. Das thermisch verzögerte Überstromrelais muss so ausgewählt werden, dass der Antrieb innerhalb dieser Zeit t_E vom Netz getrennt wird.

11.4.1 Bestimmung der Zeit t_E

Bild 11.4.1.1 zeigt die Verhältnisse schematisch am Beispiel eines Motors, der – ausgehend von einer Umgebungstemperatur $\vartheta_{amb} = 40\text{ °C}$ – im Dauerbetrieb S1 in der in Isolierstoffklasse F ausgeführten Wicklung eine Temperatur von $\vartheta_N = 130\text{ °C}$ erreicht (vgl. Tabelle 4.2). Wenn nun durch eine Betriebsstörung der Läufer blockiert wird ($n = 0$), so steigt die Temperatur in der Wicklung steil an. Sie erreicht nach kurzer Zeit die Zündtemperatur von 200 °C für Gase der Temperaturklasse T3: **Dies ist die Zeit t_E für T3.**

Die Zeit (t_E) bis zum Erreichen der kritischen Temperaturen für Gase der Temperaturklassen T2 (300 °C) und T1 (450 °C) wäre erheblich länger, doch wird vorher die nach Tabelle 11.4.1.2 zulässige Wicklungstemperatur ϑ_W von 210 °C überschritten. Die Erwärmungszeiten t_E für die Temperaturklassen T1 und T2 sind daher in diesem Fall nicht durch die Zündtemperatur des Gases, sondern durch die nur kurzzeitige Temperaturüberlastbarkeit der Wicklung bestimmt.

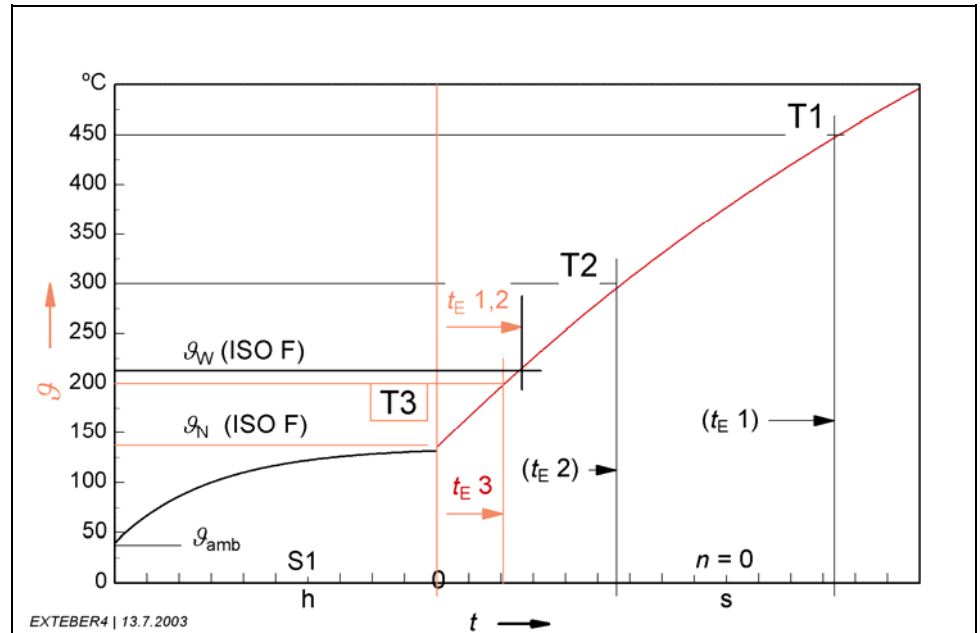


Bild 11.4.1.1
Schematische Darstellung zur Berechnung der Erwärmungszeit t_E für die Ständerwicklung.

Von der im Dauerbetrieb S1 erreichten Nenntemperatur ϑ_N steigt die Wicklungstemperatur bei festgebremstem Läufer ($n = 0$) steil an. Für die Temperaturklassen T1 und T2 bestimmt die Temperaturgrenze der Wicklung ϑ_W die Zeit t_E , für die Temperaturklasse T3 die Zündtemperatur des Gases.

Wärmeklasse (Isolierstoffklasse)	Zulässige Temperatur am Ende der Erwärmungszeit t_E
E	$\leq 175 \text{ °C}$
B	$\leq 185 \text{ °C}$
F	$\leq 210 \text{ °C}$
H	$\leq 235 \text{ °C}$

Tabelle 11.4.1.2 Grenztemperatur einer isolierten Wicklung am Ende der Erwärmungszeit t_E nach EN 50019, Tabelle 3

In ähnlicher Weise ist der Temperaturanstieg des Käfigläufers auszuwerten. Hierbei sind die Grenztemperaturen für nichtisolierte Wicklungen zu berücksichtigen. Die Erwärmungszeiten des Ständers und des Läufers werden für die einzelnen Temperaturklassen getrennt ermittelt; die jeweils kürzere wird unter Berücksichtigung von Sicherheitsabschlägen und Rundungsregeln als Zeit t_E festgelegt. Über die hierbei einzuhaltenden Mindestzeiten geben die PTB-Prüfregeln [2.6] Auskunft.

Für die Beurteilung "ständerkritisch" und "läuferkritisch" sind neben dem Kurzschlussversuch noch andere Gesichtspunkte maßgebend (Abschn. 11.8).

11.4.2 Auslösekennlinie

DIN VDE 0165 forderte:

"Für Auslöser und Relais mit stromabhängig verzögerter Auslösung müssen am Betriebsort Auslösekennlinien verfügbar sein. Die Kennlinien sollen die Auslösezeiten bei 3poliger Belastung, ausgehend vom kalten Zustand bei einer Raumtemperatur von 20 °C, in Abhängigkeit mindestens vom 3- bis 8fachen Einstellstrom darstellen. Die Schutzeinrichtungen müssen die angegebenen Auslösezeiten mit einer zulässigen Abweichung von $\pm 20\%$ einhalten. Die Auslöser oder Relais für Maschinen mit Käfigläufer sind so auszuwählen, dass die Auslösezeit bei 3poliger Belastung, die aus der Kennlinie für das Verhältnis I_A/I_N der zu schützenden Maschine zu entnehmen ist, nicht größer ist als die auf dem Prüfschild der Maschine angegebene Erwärmungszeit t_E ." Die Zuordnung der Auslösezeiten t_A zu den relativen Ansprechströmen I/I_E bzw. I_A/I_N soll einerseits die sichere Abschaltung innerhalb der Erwärmungszeit ($t_A \leq t_E$) gewährleisten, andererseits jedoch auch noch einen sicheren Hochlauf des Motors bei betriebswarmem Relais ermöglichen. In den Bestimmungen ist festgelegt, dass die Erwärmungszeit t_E nicht kürzer als 5 s sein darf.

In **EN 60079-14** heißt die entsprechende Passage:

"Um den Anforderungen ... zu entsprechen, müssen abhängig verzögerte Überlastschutzeinrichtungen so ausgelegt sein, dass nicht nur der Motorstrom überwacht, sondern auch der festgebremste Motor innerhalb der auf dem Leistungsschild angegebenen Zeit t_E abgeschaltet wird. Die Strom-Zeit-Kennlinien, die Verzögerungszeit des Überlastrelais oder Überlastauslösers als eine Funktion des Anlaufstromes zum Bemessungsstrom angeben, sollten beim Betreiber verfügbar sein."

Die Kurven geben den Wert der Verzögerungszeit aus dem Kaltzustand, der auf eine Umgebungstemperatur von 20 °C bezogen ist, und für einen Anlaufstromverhältnissbereich von mindestens 3 bis 8 an. Die Auslösezeit der Schutzeinrichtungen muss diesen Verzögerungswerten $\pm 20\%$ entsprechen.

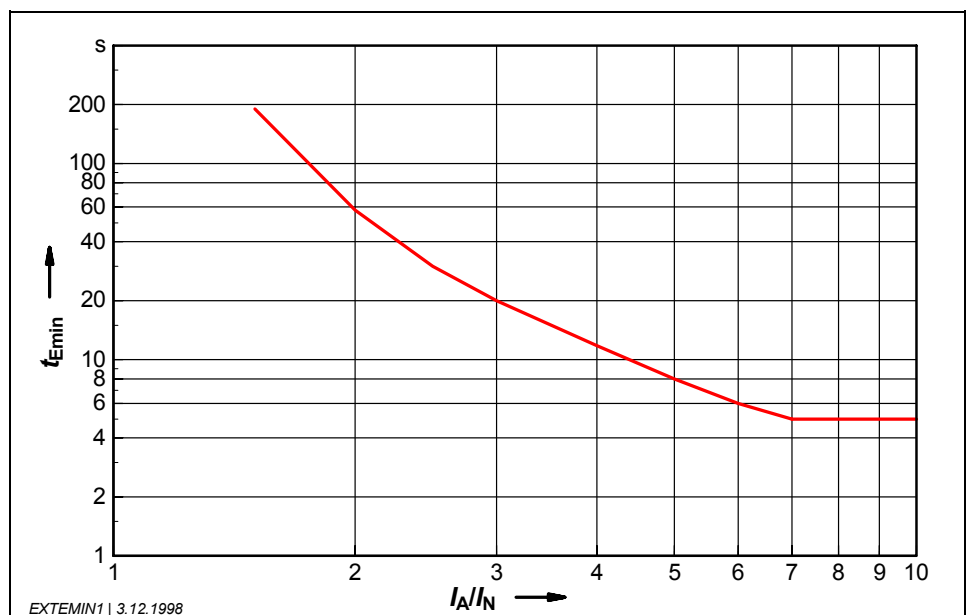


Bild 11.4.2

Mindesterwärmungszeit t_{Emin} nach IEC 60079-7 und DIN EN 50019/VDE 0170-6

Der waagerechte Ast der Kennlinie in Bild 11.4.2 berücksichtigt die Forderung $t_E \geq 5$ s. Der natürliche weitere Verlauf einer Auslösekennlinie mit Bimetallrelais bei Werten $I_A/I_N < 2,5$ ist in der Norm nicht dargestellt.

11.4.3 Sonderforderungen des VIK

Die Kennlinie stellt gleichzeitig Höchstwerte für die Auslösezeiten dar, die im kalten Zustand erreicht werden müssen. In betriebswarmem Zustand gehen die Auslösezeiten auf etwa **1/3 bis 1/4 der Kaltwerte** zurück, in der genormten Kennlinie in Bild 11.4.2 also teilweise bis unter 1 s.

Bei gewissen Antriebsarten – vor allem für Pumpen, Verdichter, Ventilatoren – reicht diese Zeit für einen sicheren Hochlauf nicht aus. Im Hinblick auf solche Antriebe fordert daher die Großchemie oft Zeiten t_E und relative Anzugsströme gemäß der Grenzlinie nach Bild 11.4.3.

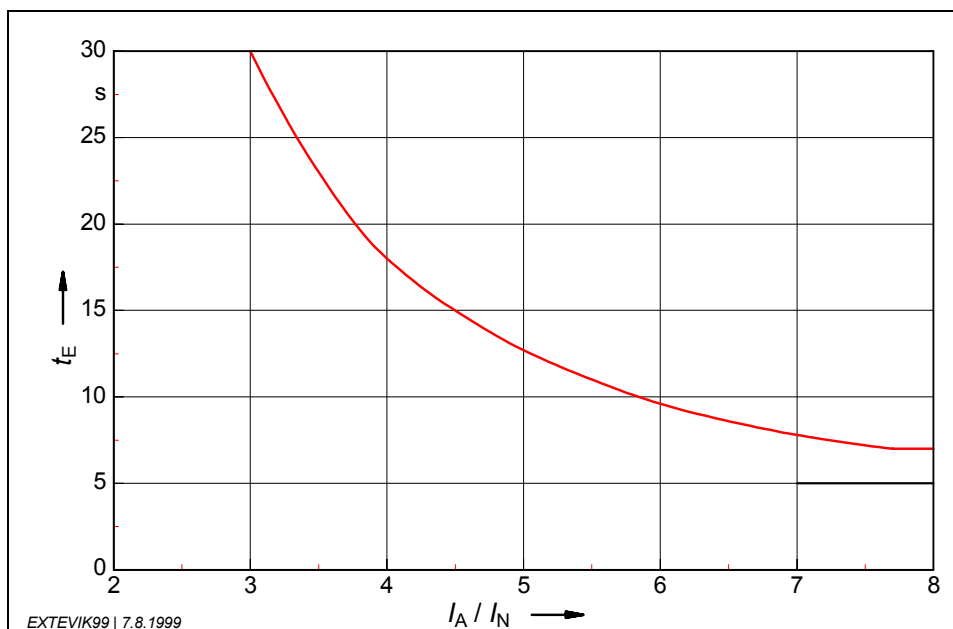


Bild 11.4.3

Mindestwerte für t_{Emin} und Höchstwerte für I_A/I_N nach VIK-Empfehlung (VIK = Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V.)

Diese Forderung geht über die Normen hinaus, so dass für gewisse Grenzfälle Neuabnahmen mit geänderter und teilweise aufwendigerer Auslegung notwendig werden. Abgesehen von Sonderfällen – z. B. Ventilatorantriebe – kann bei langsam laufenden Antrieben mit Getriebemotoren ein relativ niedriger Trägheitsfaktor F_I vorausgesetzt werden, so dass der Hochlauf selten länger als etwa 0,5 ... 1 s dauert. Es ist daher von Fall zu Fall zu prüfen, ob die Grenzwerte nach Kurve 11.4.3 bei Getriebemotoren angewandt werden sollen, sofern nicht die innerbetriebliche Normung und Lagerhaltung der Relais eine einheitliche Ausrichtung des Motors nach dem Schaltgerät erzwingt.

11.5 Zweileiterbetrieb

Zweileiterbetrieb oder Einphasenlauf ist der gestörte Betrieb einer Drehstrommaschine nach Ausfall eines Außenleiters [2.12].
Im englischen Sprachgebrauch wird dieser Störfall zutreffend als »single-phasing« bezeichnet.

11.5.1 Ursachen für den Zweileiterbetrieb

Beim Betrieb von Drehstrom-Kurzschlussläufermotoren kommt es immer wieder vor, dass einer der drei Außenleiter ausfällt. Die Ursache hierfür ist meist das Ansprechen *einer* Schmelzsicherung beim Einschaltstromstoß, gelegentlich auch schlechter Kontakt in der Leitungsführung oder Leitungsunterbrechung. Bekanntlich bleibt ein Drehstrom-Asynchronmotor auch bei Zweileiteranschluss mit nahezu voller Drehzahl – wenn auch bei verminderter Kippleistung – mit derjenigen Drehrichtung in Betrieb, in der ihm ein Bewegungsimpuls erteilt wurde oder in der er sich vor der Störung befand.

11.5.2 Auswirkung auf Stromaufnahme und Wicklungserwärmung

Der Strom in den beiden aktiven Netzleitern steigt gegenüber dem ungestörten Betrieb etwa um den Faktor 1,2 ... 2 an (Bild 11.5.2). Die Stärke des Anstieges ist u. a. abhängig von

- Größe und Auslegung des Motors,
- Auslastung (in der Regel niedriger als Nennmoment, da bei Zweileiterbetrieb das Kippmoment erheblich reduziert ist).

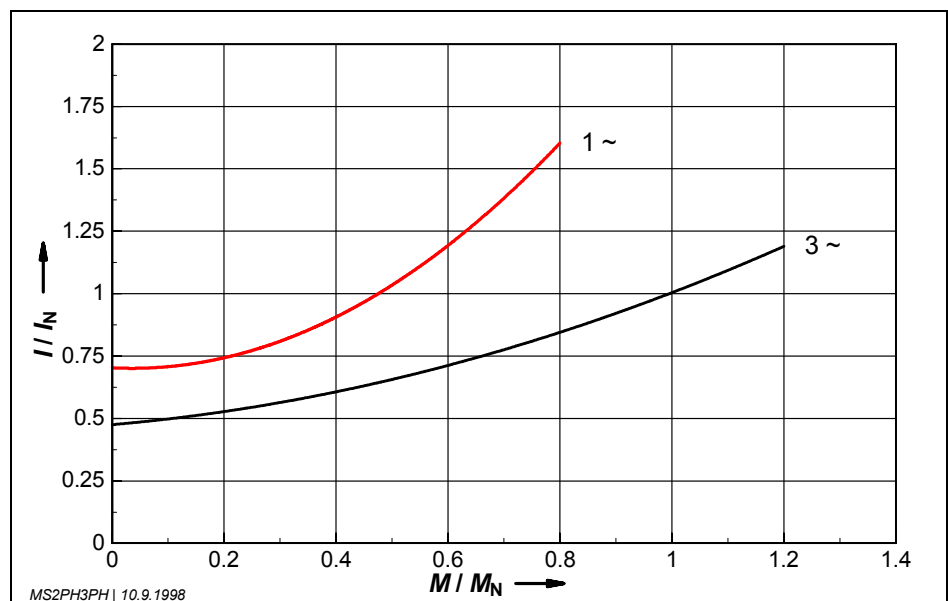


Bild 11.5.2

Relativer Strom in der Zuleitung I/I_N bei verschiedener Belastung M/M_N , jeweils bezogen auf den Bemessungswert im ungestörten Betrieb

3 ~ bei Dreiphasenbetrieb (3 Leiter)

1 ~ bei Einphasenbetrieb (2 Leiter)

Im Gegensatz zum ungestörten Betrieb ist der Strom in den beiden verbliebenen Außenleitern kein Maßstab für die Erwärmung des Motors:

- Bei Dreieckschaltung findet eine vom normalen Verhältnis abweichende Stromaufteilung statt:

ungestörter Betrieb: $1 : 1/\sqrt{3} = 1 : 0,58$,

gestörter Betrieb: $1 : 2/3 = 1 : 0,67$.

- Das gegenläufige (inverse) Drehfeld verursacht zusätzliche Verluste im Rotor, so dass vor allem bei größeren Motoren mit ausgeprägter Stromverdrängung Läufertemperaturen auftreten können, die bis zum doppelten Nennwert und höher ansteigen können. Die Rotortemperaturen heizen vor allem bei geschlossenen, oberflächengekühlten Maschinen (z. B. Kühlart IC 411) die Ständerwicklung entsprechend auf.
- Entlastend wirkt, dass Teile der Ständerwicklung entweder gar nicht direkt erwärmt werden (bei Sternschaltung ist ein Strang ohne Strom) oder nur mit reduziertem Strom beschickt werden (bei Dreieckschaltung liegen zwei Stränge in Reihenschaltung).

Eine allgemein gültige Aussage über die Wicklungstemperaturen im Zweileiterbetrieb ist daher nicht möglich. Wicklungen in Sternschaltung wären nicht gefährdet, wenn das Überstromrelais einen Stromanstieg über den Einstellwert verhindern könnte

11.5.3 Auswirkungen auf die Ströme in den Wicklungssträngen

Für die Stromverteilung in den drei Wicklungssträngen des Motors und für die Wirksamkeit des normalen Motorschutzrelais ergeben sich bei den beiden üblichen Schaltungen der Drehstrom-Ständerwicklung unterschiedliche Gesichtspunkte.

11.5.3.1 Sternschaltung

Bei Sternschaltung der Wicklung liegen die in der Netzleitung angeordneten Relais in Reihe mit den zugehörigen Wicklungssträngen, überwachen also direkt den für die Ständererwärmung maßgebenden Strom (Bild 11.5.3.1). Obwohl dieser Strom im ungünstigsten Fall um bis zu 32 % höher sein kann als der Nennstrom, besteht i. A. keine besonders hohe Gefahr für die Wicklung, da ja ein Wicklungsstrang (also ein Drittel des bewickelten Raumes) ohne Strom ist und einen erheblichen Wärmeausgleich übernehmen kann [3.1], [3.2].

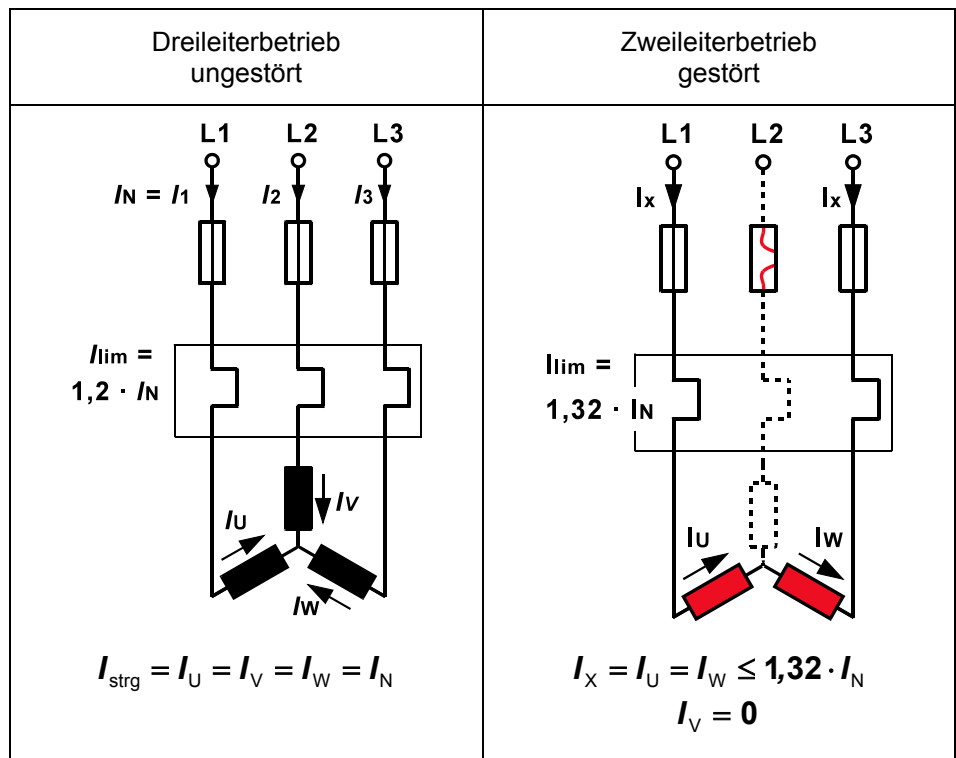


Bild 11.5.3.1
Stromaufnahme bei Dreiphasen- und Einphasenbetrieb in Sternschaltung

11.5.3.2 Dreieckschaltung

Fällt bei der Dreieckschaltung eine Netzleitung aus, so verbleibt ein Wicklungsstrang an voller Spannung, während die beiden anderen Stränge jeweils nur die halbe Nennspannung erhalten. Entsprechend ist auch die Stromaufteilung auf die beiden Zweige wie 2 : 1 bzw. $\frac{2}{3} I_N : \frac{1}{3} I_N$.

Selbst wenn das auf I_N eingestellte Motorschutzrelais nicht mehr als diesen Sollwert dauernd zulassen würde, wäre im gefährdeten Wicklungsstrang mit einem Dauerstrom von $\frac{2}{3} I_N = 0,67 I_N$ zu rechnen, während dieser Strang nur für $\frac{1}{\sqrt{3}} I_N = 0,58 I_N$ dauernd bemessen ist.

Tatsächlich darf im gestörten Betrieb ein Ansprechstrom bis zu $1,32 I_N$ fließen, d. h. im gefährdeten Wicklungsstrang können dauernd bis zu $1,32 \cdot 0,67 I_N = 0,88 I_N$ auftreten, ohne dass das Relais anspricht.

Der Wicklungsstrang wird also mit dem $0,88/0,58 = 1,5$ fachen zulässigen Strangstrom belastet, was selbst bei einem guten Wärmeausgleich mit den nur zu etwa 75% ihres Nennwertes belasteten beiden anderen Strängen eine beachtliche Gefährdung darstellt (Bild 11.5.3.2).

Es wurden Wicklungstemperaturen bis zu 140 % der Nennwerte gemessen, wenn der Außenleiterstrom dem Nennstrom entspricht.

Es können jedoch im Rahmen der zulässigen, genormten Ansprechtoleranzen der Relais weit höhere Ströme auftreten, sofern auf spezielle Phasenausfallempfindlichkeit verzichtet wird.

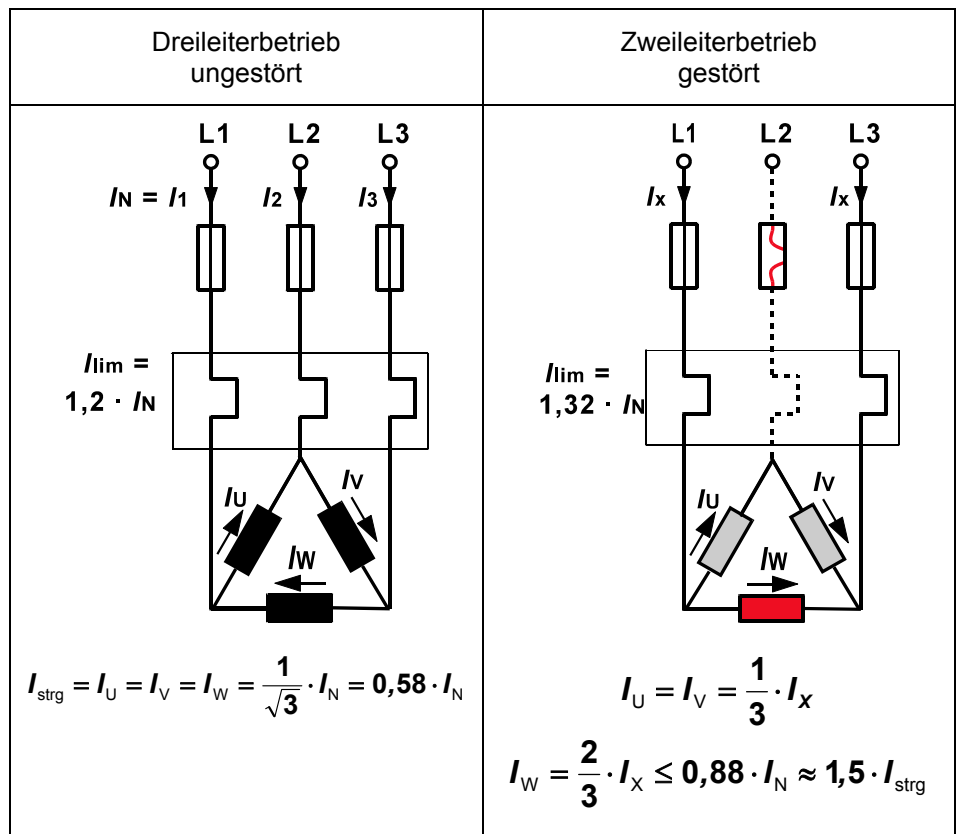


Bild 11.5.3.2

Stromaufnahme bei Dreiphasen- und Einphasenbetrieb in Dreieckschaltung

11.5.4 Ansprechwerte von Bimetallauslösern

Für Überlastrelais sind Prüfströme und ihre Toleranzen in DIN EN 60947-4-1 / VDE 0660-102 [1.2] festgelegt (Tabelle 11.5.4).

Überlastrelais	Faktor A	Faktor B
3polig belastet	1,05	1,2
2polig belastet, nicht phasenausfallempfindlich	1,05	1,32
2polig belastet, phasenausfallempfindlich	1,0	1,15

Tabelle 11.5.4 Prüfströme für Überlastrelais

Kenndaten für das Auslösen von 3poligen Überlastrelais, temperaturkompensiert,

bei 20 °C (Auszug aus DIN EN 60947-1-1 / VDE 0660 -102, Tab. 3 und 4):

A : Prüfstrom als Vielfaches des Einstellstromes, bei dem das Relais, ausgehend vom kalten Zustand, innerhalb von 2 Stunden nicht auslösen darf,

B : Prüfstrom als Vielfaches des Einstellstromes, bei dem das Relais anschließend an Test A innerhalb von 2 Stunden auslösen muss.

11.5.5 Phasenausfallempfindlichkeit von Motorschutzrelais

Die geschilderte Gefährdung von Drehstrom-Ständerwicklungen (vor allem in Dreieckschaltung) und die relativ hohe Ausfallquote haben schon in den 20er und 30er Jahren zur Entwicklung von »Phasenwächtern« oder »Asymmetrie-Relais« geführt, die meist zusätzlich zum Überstromrelais installiert werden mussten. Erst seit Einführung der »**Phasenausfallempfindlichkeit**« in Form einer relativ einfachen und preisgünstigen Zusatzeinrichtung am Bimetallauslöser in den 60er Jahren wurde der sogenannte *Phasenausfallschutz* etwas häufiger verwendet. Die ausführliche Diskussion bei der Einführung von erweiterten Bestimmungen für den Schutz von explosionsgeschützten Motoren der Zündschutzart "e" hat zu einer breiteren Anwendung dieser Schutzmöglichkeit beigetragen.

Stellvertretend für die verschiedenen am Markt angebotenen Lösungen wird nachstehend das Motorschutzrelais Z der Fa MOELLER (Bild 11.5.5) beschrieben. Wenn sich die Bimetalle im Hauptstromteil des Relais infolge dreiphasiger Motorbelastung ausbiegen, wirken sie alle drei auf eine Auslöse- und eine Differentialbrücke. Ein gemeinsamer Auslösehebel schaltet bei Erreichen der Grenzwerte den Hilfsschalter um. Auslöse- und Differentialbrücke liegen eng und gleichmäßig an den Bimetallen an. Wenn nun z. B. bei Ausfall eines Leiters ein Bimetall nicht so stark ausbiegt wie die beiden anderen oder zurückläuft, dann legen Auslöse- und Differentialbrücke unterschiedliche Wege zurück. Dieser Differenzweg wird im Gerät durch eine Übersetzung in zusätzlichen Auslöseweg umgewandelt, und die Auslösung erfolgt schneller.

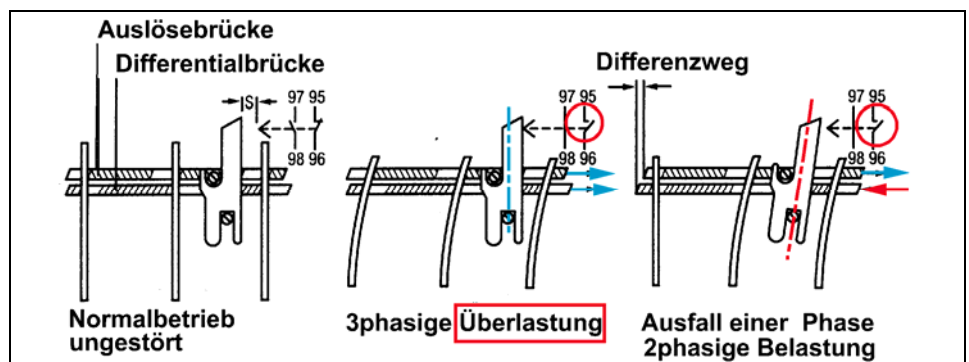


Bild 11.5.5.1

Prinzip der Phasenausfallempfindlichkeit eines Bimetallrelais (Motorschutzrelais Z der Fa. MOELLER; [2.5], [2.9])

Die Auswirkungen der Phasenausfallempfindlichkeit werden an den Auslösekennlinien deutlich: Die Mittelwerte der Auslösezeiten bei symmetrischer 3poliger Belastung aus kaltem Zustand nach Kennlinie 1 erhöhen sich deutlich bei 2poliger Belastung, wenn keine Phasenausfallempfindlichkeit vorgesehen ist (Kennlinie 2). Bei Relais mit Phasenausfallempfindlichkeit (Kennlinie 3) hingegen gehen die Auslösezeiten sehr stark zurück.

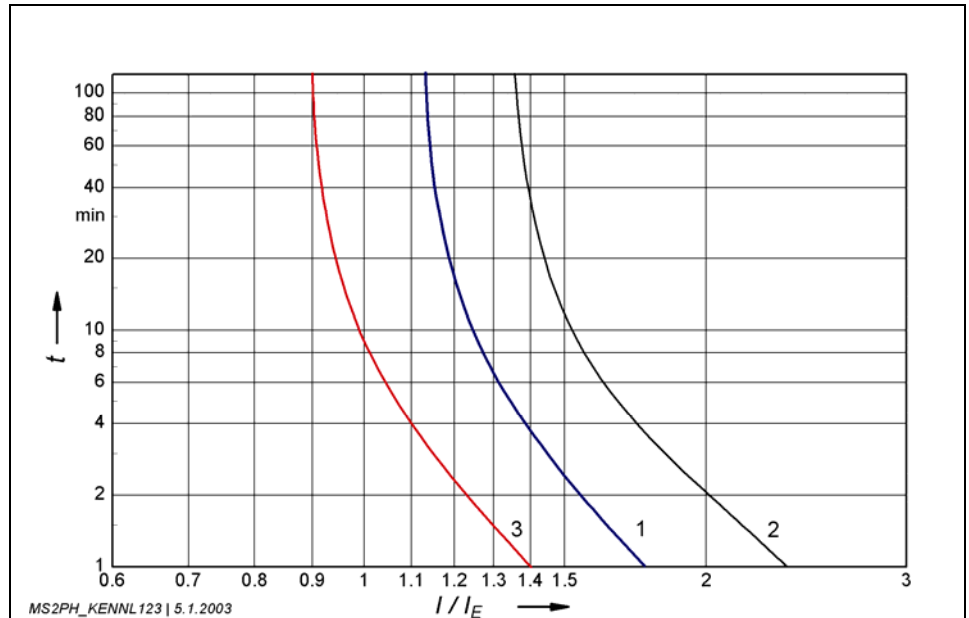


Bild 11.5.5.2 Vergleich von Auslösekennlinie bei Überlastung I/I_E
 1 symmetrische 3polige Belastung
 2 2polige Belastung ohne Phasenausfallempfindlichkeit
 3 2polige Belastung mit Phasenausfallempfindlichkeit

Die zunächst nur für Anlagen in Bereichen mit Explosionsgefahr verlangte Verwendung von phasenausfallempfindlichen Bi-Relais gehört inzwischen auch in anderen Anlagen zur Standardausrüstung. Bild 11.5.5.3 zeigt die positive Auswirkung auf die Schadensstatistik (nach einer internen Erhebung bei der Instandsetzung der Fa. Danfoss Bauer und ihren Vertragswerkstätten).

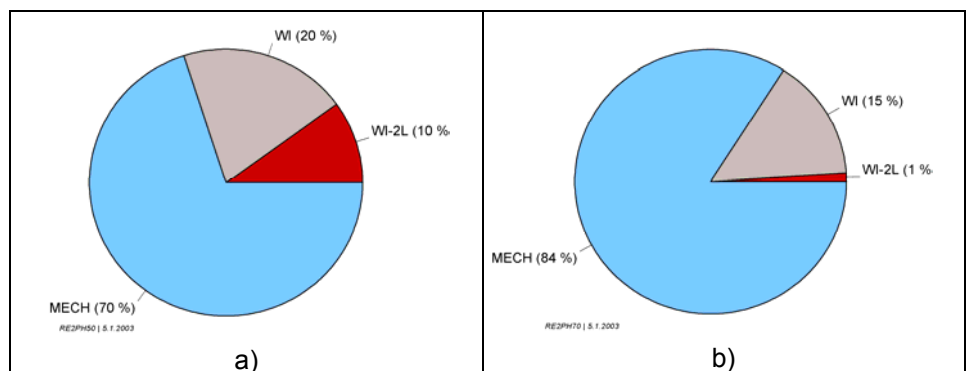


Bild 11.5.5.3 Ausfallquoten nach einer langjährigen Werksstatistik
 MECH: mechanische Schäden
 WI: Wicklungsschäden
 WI-2L: Wicklungsschäden wegen Zweileiterbetrieb
 a) - vor / b) - nach allgemeiner Einführung der Phasenausfallempfindlichkeit*

11.5.6 Phasenausfallschutz bei Motoren der Zündschutzarten "e" und "d"

In **DIN VDE 0165** waren die Festlegungen in 6.1.4.3.1 nur auf die Zündschutzart "e" bezogen:

"Bei Motoren sind Schutzeinrichtungen vorzusehen, die einen **Motorschutz auch bei Ausfall eines Außenleiters** sicherstellen. Stromabhängig verzögerte thermische Überstromrelais oder -auslöser sind z. B. geeignet, wenn sie mit Phasenausfallschutz nach DIN VDE 0660-104/09.82 versehen sind.

Schutzeinrichtungen für Motoren in Δ -Schaltung müssen bei zweipoliger Belastung ausgehend vom kalten Zustand bei Auslöseströmen $> 3 \times$ Einstellstrom bei dem 0,87fachen Anzugsstrom des Motors innerhalb der Erwärmungszeit t_E auslösen. Hierzu sind Kennlinien für die Schutzeinrichtungen für zweipolige Belastung analog Abschnitt 6.1.4.3.2 zu beachten".

(Die Abschnittsnummer 6.1.4.3.2 bezieht sich auf DIN VDE 0165).

Diese Formulierung lässt verschiedene Lösungsmöglichkeiten offen, soweit sie von einer anerkannten Prüfstelle als ausreichend angesehen werden. Beispielhaft wurde nur eine – relativ einfache und daher wahrscheinlich die gebräuchlichste – Lösungsmöglichkeit genannt.

In **EN 60079-14** heißt es zu diesem Thema in 7 sinngemäß für alle Zündschutzarten:

Die Überlastschutzeinrichtung sollte stromabhängig zeitverzögert sein und alle drei Außenleiter überwachen. **Es müssen Vorkehrungen getroffen sein, damit der Betrieb eines Drehstrommotors bei Ausfall einer Phase verhindert wird.**

Zusätzlich ist in 11.2.1 für Motoren der Zündschutzart "e" verlangt:

"Bei Wicklungen in Dreieckschaltung ist die Auslösezeit bei festgebremstem Motor und bei Phasenausfall mit dem 0,87fachen Motoranzugsstrom zu prüfen."

Bezüglich der **Phasenausfallempfindlichkeit** besteht zwischen der "alten" und der "neuen" Vorschrift bei streng wörtlicher Auslegung eine Diskrepanz:

Die alte Vorschrift verlangt nur, dass der Schutz des Motors sichergestellt ist. Die neue Vorschrift könnte so interpretiert werden, dass der Betrieb unterbunden werden muss – z.B. durch Überwachung der **Phasensymmetrie**.

Nach Auffassung der PTB genügt tatsächlich ein Bimetallrelais mit Phasenausfallempfindlichkeit [3.3].

Physikalisch-Technische Bundesanstalt • Postfach 33 45 • 38023 Braunschweig

Röhm GmbH
Chemische Fabrik
Kirschenallee

D-64293 Darmstadt

Ihr Zeichen: U-108/Lm/Gkr
Ihre Nachricht vom: 03. November 1999
Unser Zeichen: 3.43-Dr. Engel
Unsere Nachricht vom:

Bearbeitet von: Dr.-Ing. U. Engel
Telefondurchwahl: +49 531 592-3430
Telefaxdurchwahl: +49 531 592-3579
E-Mail: Ulrich.Engel@ptb.de

Datum: 16. November 1999

Phasenausfall bei explosionsgeschützten Drehstrommotoren

Sehr geehrte Damen und Herren,

die von Ihnen angekündigte und sehr präzise formulierte Fragestellung möchten wir wie folgt beantworten:

Die Anforderungen sind unseren Erachtens durch ein phasenausfallempfindliches Motorschutzrelais im Sinne von VDE 0165 (Februar 1991) hinreichend erfüllt. Der Fehlerfall, daß ein Motor mit Teillast einphasig weiterläuft, ohne das phasenausfallempfindliche Motorschutzrelais zum Auslösen zu bringen, ist doch recht exotisch und könnte allenfalls bei großen Maschinen mit hoher Stromverdrängung zu einer kritischen Erwärmung führen.

Der Wiederanlauf ist unter diesen Bedingungen überhaupt ausgeschlossen und dann spricht auch auf jeden Fall der Motorschutz an. Es ist deshalb nach unserer Auffassung nicht erforderlich, jeden Motor durch einen Phasensymmetriewächter o. ä. zu schützen.

Mit freundlichen Grüßen
im Auftrag


Dr.-Ing. U. Engel
Regierungsdirektor

Bild 11.5.6 Stellungnahme der PTB zur Verwendung von phasenausfallempfindlichen Motorschutzrelais zur Erfüllung der Vorschrift in EN 60079-14, Abschnitt 7 (Quelle: [3.3]).

11.6 Einsatzgrenzen für den stromabhängigen Motorschutz

Die Entscheidung für eine bestimmte Zündschutzart, z. B. "e" oder "d", kann auch von der **Betriebsart** des elektrischen Betriebsmittels beeinflusst werden. Elektromotoren kleiner Leistung werden relativ häufig im Schalt- und Bremsbetrieb eingesetzt. Dieser Trend ist auch bei Antrieben für explosionsgefährdete Bereiche – wenn auch in abgeschwächter Form – zu beobachten. Aus dieser Betriebsart ergeben sich einige besondere Anforderungen für die Auswahl und den Einsatz explosionsgeschützter Drehstrommotoren.

In den neuen Errichtungsbestimmungen **EN 60079-14** heisst es im Abschnitt 11.2.1 zu diesem Thema:

"Im allgemeinen sind Motoren mit stromabhängig verzögerten Überlastschutzeinrichtungen zulässig für Dauerbetrieb mit leichten und nicht häufigen Anlaufvorgängen, die keine nennenswerte zusätzliche Erwärmung hervorrufen. Motoren, die häufigen oder schweren Anlaufvorgängen ausgesetzt sind, sind nur dann zulässig, wenn geeignete Schutzeinrichtungen sicherstellen, dass die Grenztemperatur nicht überschritten wird."

Die Errichtungsbestimmungen **DIN VDE 0165** enthielten im Abschnitt 6.1.4.3.5 eine klare Anweisung zu diesem Thema:

"Stromüberwachte Maschinen dürfen im allgemeinen nur für Dauerbetrieb mit leichten und nicht häufig wiederkehrenden Anläufen verwendet werden, bei denen keine wesentlichen Anlaufferwärmungen auftreten.

Motoren für schwere Anlaufbedingungen oder für hohe Schalthäufigkeiten dürfen nur mit besonders angepassten Schutzeinrichtungen verwendet werden, die sicherstellen, dass die zulässige Höchsttemperatur nicht überschritten wird. Auch während des Anlaufs dürfen die Grenztemperaturen nicht überschritten werden."

Bei der praktischen Anwendung ergeben sich zwangsläufig zwei Fragen:

Was sind "schwere" Anläufe?

Dieser Teilaspekt ist in Abschnitt 11.11 behandelt.

Was sind "häufig wiederkehrende" Anläufe?

Diese Frage kann weder von der Norm noch vom Antriebstechniker mit einer einfachen, quantitativen Regel beantwortet werden. Allgemein lässt sich lediglich sagen, dass die Schalthäufigkeit zu hoch ist,

- wenn die durch Wärmeklasse (Isolierstoffklasse) und Temperaturklasse gesetzten Grenzen für Wicklung, Läufer und Oberfläche des Motors überschritten werden;
- wenn stromabhängig verzögerte Auslöser oder Relais einer Überlastungsschutzeinrichtung ansprechen.

Das Motorschutzrelais soll bei allen Betriebszuständen ein möglichst gutes thermisches Abbild der Motorwicklung darstellen. Wegen der sehr unterschiedlichen Massen von Motor und Relais, also der verschiedenen großen Zeitkonstanten, lässt sich diese Aufgabe nur sehr unvollkommen lösen: Das Relais wird in der Regel seine Ansprechtemperatur erreichen, bevor der Motor an seine Grenztemperatur kommt. Für ein bestimmtes Beispiel sind in Bild 11.6.1 die relativen Temperaturanstiege bei Belastung mit Bemessungsstrom gezeigt.

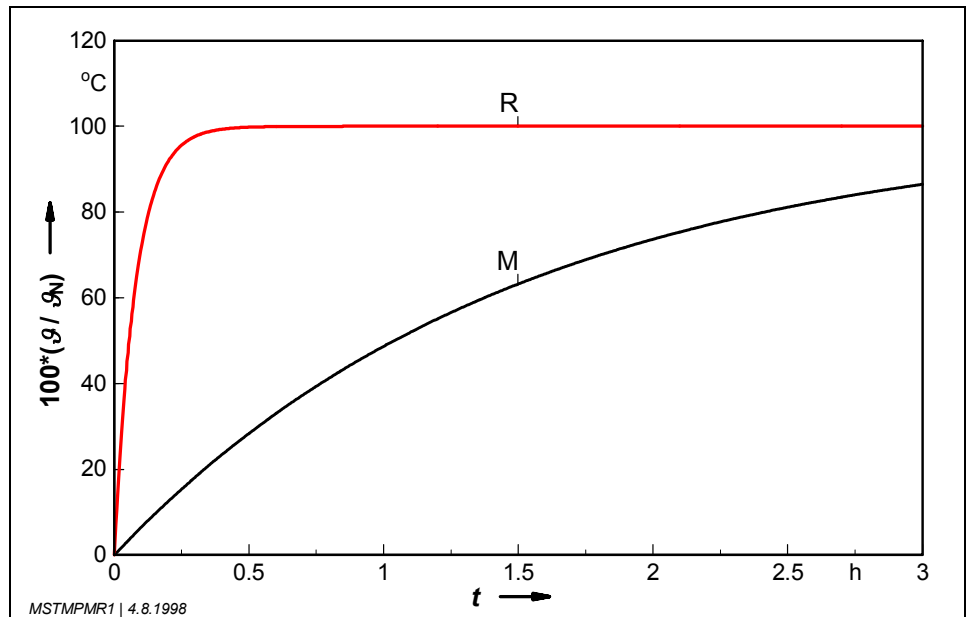


Bild 11.6.1

Temperaturanstieg $\theta(t)$ in Motor (M) und Relais (R) bei Belastung mit Bemessungsstrom

Zwangsläufig wird das Relais immer "zu früh" ansprechen, was einerseits vom Standpunkt der Sicherheit zu begrüßen ist, andererseits jedoch oft auch die volle thermische Ausnutzung der kurzzeitigen Überlastbarkeit oder der zulässigen Schalthäufigkeit eines Motors unterbindet.

Hier werden die **Grenzen eines stromabhängigen Überlastungsschutzes** deutlich, der ein wichtiges Element der Zündschutzart "e" darstellt.

11.7 Temperaturüberwachung durch thermischen Motorschutz TMS

Für den Überlastungsschutz explosionsgeschützter Motoren sind neben Überstromauslösern auch andere, gleichwertige Einrichtungen zulässig. Hier bietet die direkte Temperaturüberwachung durch Thermistoren (TMS) eine gute Möglichkeit.

In **DIN VDE 0165** (6.1.3.4) hieß es hierzu:

"Soll der Überlastschutz ausschließlich durch eine direkte Temperaturüberwachungseinrichtung mit Hilfe von Temperaturfühlern vorgenommen werden, so muss die Ausführung der Maschine hierfür gesondert geprüft und bescheinigt sein."

In **EN 60079-14** (7 b) und 11.2.2) ist sinngemäß festgelegt:

"Als Überlast-Schutzeinrichtung muss wahlweise ... eine Einrichtung zur direkten Temperaturüberwachung mit eingesetzten Temperaturfühlern ... eingesetzt werden.

Um diesen Anforderungen zu entsprechen, müssen die Wicklungstemperaturfühler in Verbindung mit den Schutzeinrichtungen für den thermischen Schutz auch bei festgebremster Maschine geeignet sein. Der Einsatz von eingebetteten Temperaturfühlern zur Überwachung der Maschinen-Grenztemperatur ist nur zulässig, wenn in der Maschinendokumentation ein solcher Einsatz festgelegt ist. Der Typ des eingebauten Temperaturfühlers oder der zugehörigen Schutzeinrichtung ist auf der Maschine angegeben."

Bei der Abnahme von Betriebsmitteln in den Zündschutzarten "e" und "d" mit TMS als Alleinschutz hatte die PTB früher das bei der Prüfung verwendete Auslösegerät im Prüfungsschein verbindlich vorgeschrieben.

Die weitgehende Normung (auch international in IEC 60034-11-2 unter der Bezeichnung "Mark A") von Thermistoren und Auslösegeräten hat die PTB zu einer einfacheren Handhabung veranlasst, die in den PTB-Mitteilungen Nr. 2/81 ausführlich beschrieben ist. Dort heisst es einleitend:

"Die PTB führt für den thermischen Maschinenschutz (TMS) ein Prüfzeichen zur Kennzeichnung von Auslösegeräten ein, die in Verbindung mit Kaltleiter-Temperaturfühlern nach DIN 44081 [1.4] zur Überwachung von explosions-geschützten elektrischen Maschinen geeignet sind. Nach erfolgreicher Prüfung der Auslösegeräte auf Einhaltung der maßgebenden elektrischen Daten an der Schnittstelle zwischen dem Fühlerkreis und dem Auslösegerät hat der Anwender die Auswahl unter Geräten, die das folgende Prüfzeichen tragen:"

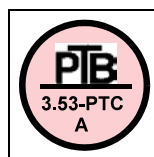


Bild 11.7

PTB-Prüfzeichen zur Funktionsprüfung von TMS-Auslösegeräten zur Überwachung von explosionsgeschützten Motoren, angewandt bis etwa 2001/2002

Das nationale PTB-Prüfzeichen für die Funktion (nicht für den Explosionsschutz) auf dem TMS-Auslösegerätes wird spätestens seit 01.07.2003 durch ein international gebräuchliches Kennzeichnung abgelöst, das ATEX-konform ist:

Ex II (2) G

Die Angabe der Kategorie in Klammern – hier (2) – soll darauf hinweisen, dass das Auslösegerät in einem ungefährdeten Bereich aufzustellen ist und mit seiner Schutzfunktion in die Kategorie 2 (Zone 1) hineinwirkt. Einzelheiten zur Funktionsprüfung von Motorschutzeinrichtungen siehe Abschnitt 11.15.

Einzelheiten zu Auslöse-Charakteristik, Nenn-Ansprechtemperaturen (NAT), Farbkodierung u. a. siehe [1.5], [2.2], [2.12].

11.8 Ständerkritische und läuferkritische Maschinen

Da die Temperaturfühler eines TMS in die Ständerwicklung eingebettet werden, können sie die Läuferemperatur nicht oder nur in ihrer Rückwirkung auf den Ständer erfassen. Für alle "thermisch läuferkritischen" Motoren – das sind vor allem die mittleren und größeren Einheiten – scheidet der TMS daher als **alleinige** Schutzeinrichtung bei der Zündschutzart "e" i. A. aus. Eine zusätzliche Prüfbescheinigung ist nicht erforderlich, wenn der TMS **zusätzlich** zu einer herkömmlichen Überstromschutzeinrichtung verwendet wird. Diese Kombination hat sich in der Praxis gut bewährt und erhöht den Schutzzumfang.

Die Bilder 11.8.1 und 11.8.2 zeigen den Temperaturanstieg im Ständer und Läufer beim Kurzschlussversuch. Das Thermoelement in der Ständerwicklung wurde nur als zusätzliche Messstelle angebracht; es ist bei der Abnahmeprüfung nicht erforderlich. Der verzögerte Temperaturverlauf "W-T" soll lediglich zeigen, dass eine direkte Messung mit Thermoelementen wegen der Wärmeisolation keine brauchbaren Ergebnisse für die Ständerwicklung liefert. Für die Beurteilung "ständerkritisch" und "läuferkritisch" sind neben dem Kurzschlussversuch auch noch andere Gesichtspunkte maßgebend.

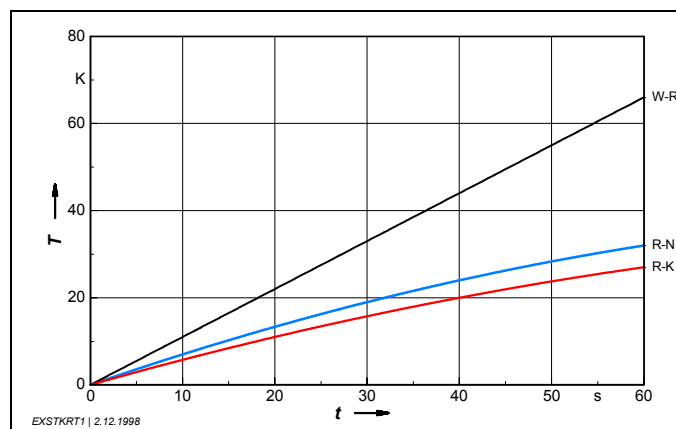


Bild 11.8.1
ständerkritisch

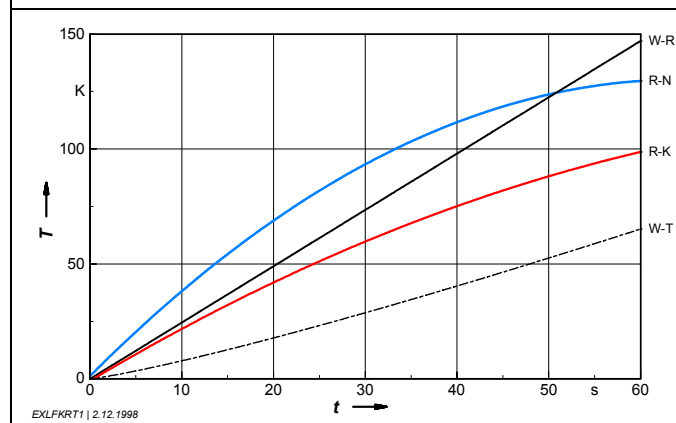


Bild 11.8.2
läuferkritisch

Temperaturanstieg im Ständer und Läufer eines Drehstrom-Kurzschlussläufer-Motors beim Kurzschlussversuch
Messstellen bei beiden Bildern:

- R-N : Läuferstäbe
- R-K : Kurzschlussring
- W-T : Ständerwicklung mit Thermoelement
- W-R : Ständerwicklung mit Widerstandsmethode

Soll der Motorschutz ausschließlich durch eine direkte Temperaturüberwachungseinrichtung mit Hilfe von Temperaturfühlerern vorgenommen werden, so muss die Ausführung des Motors hierfür gesondert geprüft und bei "e" durch eine benannte Stelle, bei "d" durch den Hersteller zertifiziert sein – übliche Bezeichnung: **"TMS als Alleinschutz"**. Es ist jedoch zu beachten, dass die Anwendung dieser thermischen Motorschutzeinrichtung (TMS) auf Motoren beschränkt ist, bei welchen die Erwärmung der Ständerwicklung maßgebend ist. Die meist "läuferkritischen" größeren Einheiten der Zündschutzart "e" können **nicht mit Thermistoren als alleinigem Motorschutz** geschützt werden. Zusätzlich ist zu beachten, dass ein großer Teil der im Dauerbetrieb "ständerkritischen" Motoren wegen der vorwiegend im Läufer entstehenden Verluste im Schaltbetrieb "läuferkritisch" wird und daher in der Zündschutzart "e" nicht mit TMS in der Ständerwicklung geschützt werden kann (vgl. auch Bilder 11.8.3 und 11.8.4).

Beispiele für die **Abgrenzung** von "ständerkritischen" und "läuferkritischen" Motoren einer Typenreihe nach folgenden Bildern. Die Grenzen hängen von der Definition und von der jeweiligen Auslegung der Reihe ab, können also nicht verallgemeinert werden. Gültig ist jedoch der allgemeine Trend: Motoren mit niedrigen Bemessungsleistungen (z. B. < 3 kW) sind im allgemeinen "ständerkritisch", Motoren mit höheren Leistungen eher "läuferkritisch".

Bei der Zündschutzart "e" beschränkt sich die Anwendung von "TMS als Alleinschutz" auf Motoren mit niedrigen Bemessungsleistungen.

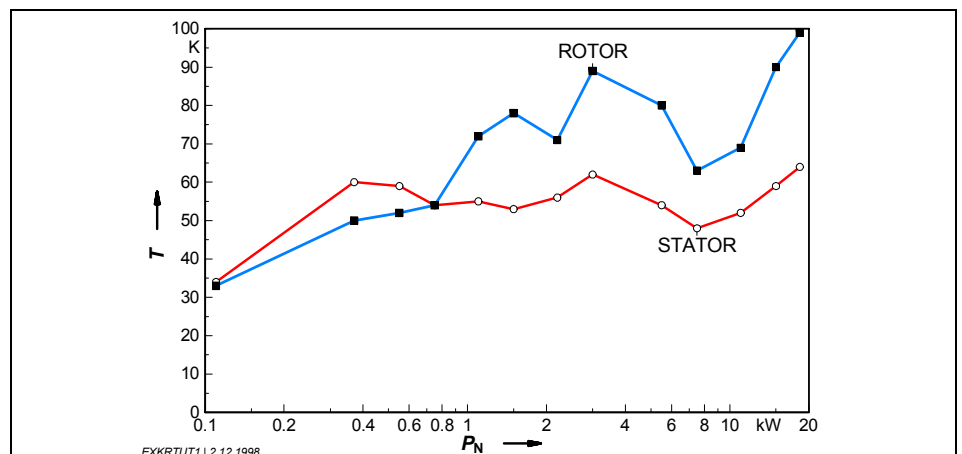


Bild 11.8.3 Abgrenzung "ständerkritisch" – "läuferkritisch" nach der Übertemperatur (T) bei Dauerbetrieb mit Bemessungsleistung (P_N)

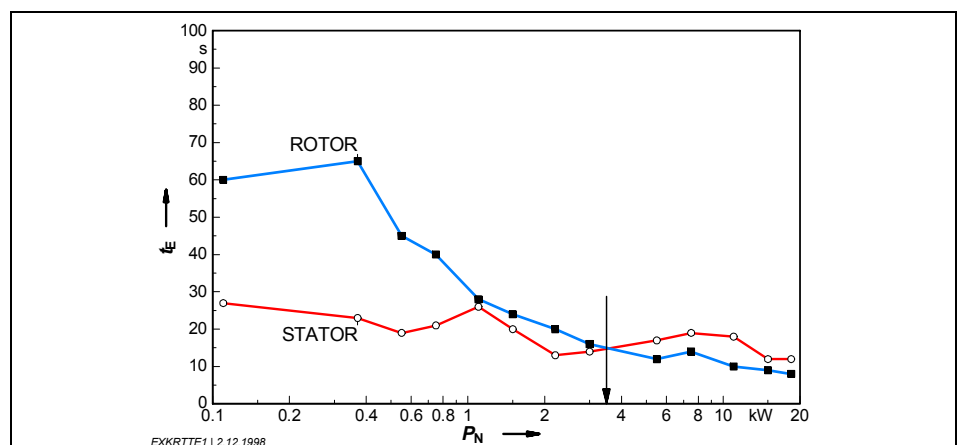


Bild 11.8.4 Abgrenzung "ständerkritisch" – "läuferkritisch" nach der maßgebenden Zeit t_E in Stator oder Rotor bei Bemessungsleistungen (P_N)

11.9 Einsatzgrenzen des Thermistorschutzes

Der Thermistor-Temperaturfühler muss elektrisch isoliert in die Wicklung eingebaut werden. Die elektrische Isolation behindert auch die Wärmeübertragung (Bild 11.9.1).

11.9.1 Thermische Ankoppelung

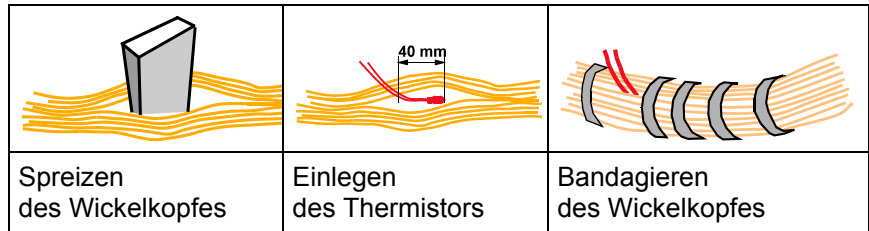


Bild 11.9.1.1 Arbeitsschritte beim Einbau der Thermistoren in den Wickelkopf nach Herstellerangaben [KRIWAN]



Bild 11.9.1.2 Optimale Einbettung eines Thermistors nach Herstellerangaben (THERMIK)

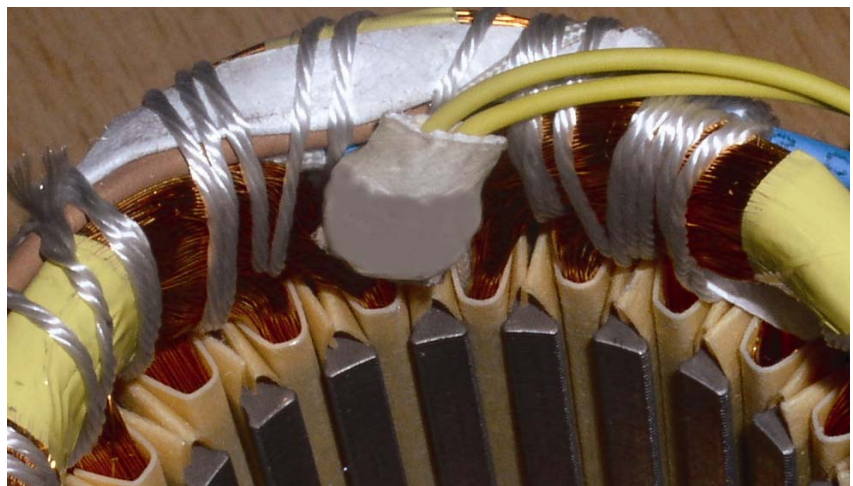


Bild 11.9.1.3 Unzureichende thermische Ankoppelung eines Thermo-Schutzschalters auf Bimetall-Basis durch falsche Anbringung außen an die Wicklung (statt Einbettung)
 Thermo-Schutzschalter mit funkendem Schaltkontakt sind unzulässig bei Zündschutzart "e"
 Die Einbauart ist zum Schutz von Ex-Wicklungen unzulässig und zum Schutz normaler Wicklungen nur mit Vorbehalt zu empfehlen

Die Bilder 11.9.1.4 bis 11.9.1.6 sollen hieraus resultierende Problematik dieser Schutzeinrichtung verdeutlichen:

Die elektrische Isolierung und eine unzureichende Einbettung in den Wickelkopf erschwert den **Wärmeübergang** vom Wickeldraht zum Thermistor und führt zwangsläufig zu einer Temperaturdifferenz zwischen Kupfer und Temperaturfühler, die bei Dauerbetrieb (S1) durch entsprechende Wahl der Nennansprechtemperatur (NAT) kompensiert werden muss (Bild 11.9.1.4).

Beim raschen Temperaturanstieg im Kurzschlussfall (blockierter Läufer $n_{\text{rotor}} = 0$) bestehen je nach "**thermischer Ankoppelung**" eine mehr oder weniger ausgeprägte Verzögerung und ein Temperaturüberlauf, die sich gemäß den Bildern 11.9.1.5 und 11.9.1.6 durch die "Kopplungszeitkonstante" T_K und die Temperaturdifferenz $\Delta\vartheta$ darstellen lassen und für deren Überprüfung die Ansprechzeit t_A einen wichtigen, auf einem Zusatzschild (Abschnitt 11.9.3) anzugebenden Maßstab darstellt. Eine Toleranz von $\pm 20\%$ wird als akzeptabel betrachtet. (vgl. [2.6]).

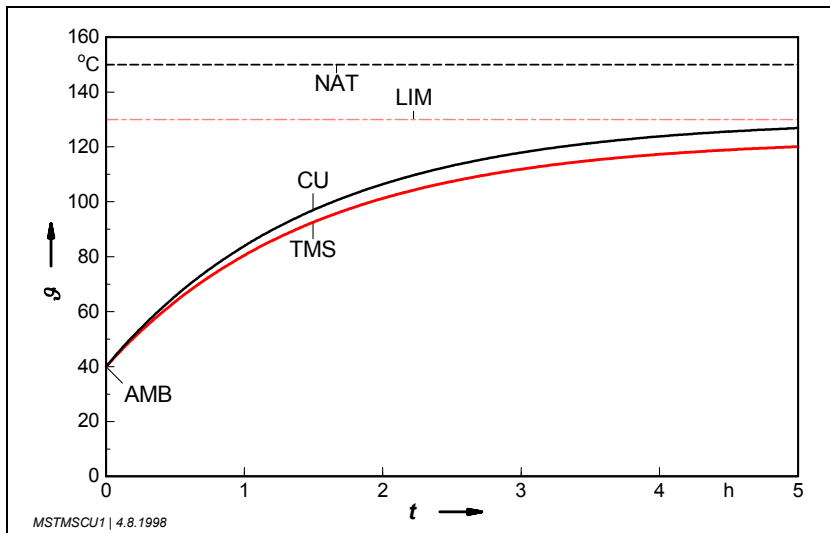


Bild 11.9.1.4
 Temperaturverlauf $\vartheta(t)$ in Kupfer (CU) und Thermistor (TMS) im Vergleich zur Grenztemperatur (LIM) und Nennansprechtemperatur (NAT)
 Dauerbetrieb S1 – Zündschutzart EEx e II T3 – Wärmeklasse F –
 Umgebungstemperatur (AMB) 40 °C

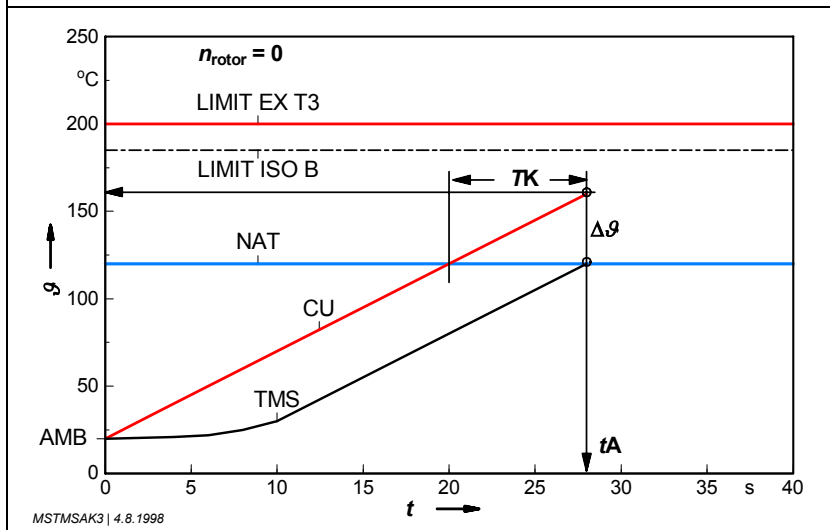


Bild 11.9.1.5
 Gute thermische Ankoppelung von Thermistoren im Kurzschlussfall

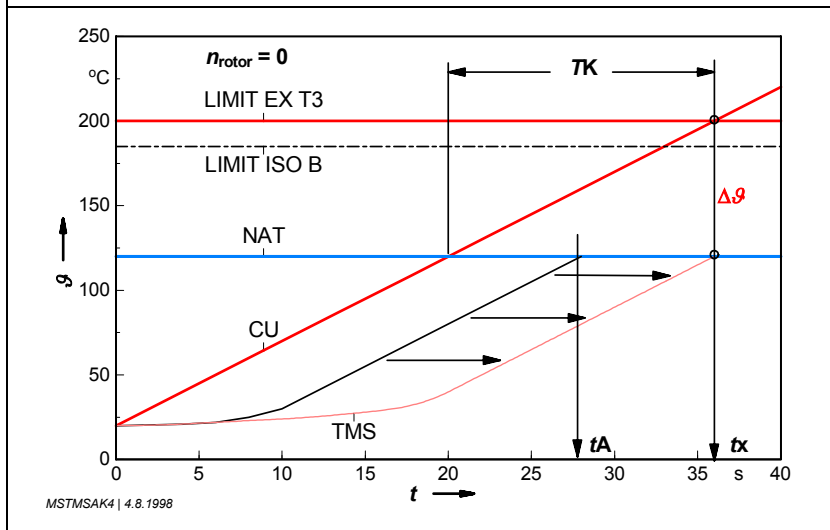


Bild 11.9.1.6
 Schlechte thermische Ankoppelung von Thermistoren im Kurzschlussfall

Erläuterung zu den Bildern 11.9.1.5 und 11.9.1.6:

- CU - Wicklungskupfer
- TMS- Thermischer Maschinenschutz (Thermistor)
- NAT - Nennansprechtemperatur des Thermistors
- TK - Kopplungszeitkonstante
- $\Delta\vartheta$ - Temperaturüberlauf
- t_A - Ansprechzeit des TMS als Maßstab für die Güte der Ankoppelung
- t_x - unzulässig verlängerte Ansprechzeit (Explosionsschutz beeinträchtigt)

11.9.2 Einfluss der Stromdichte

Die **Anstiegsgeschwindigkeit** der Temperatur hängt direkt von der **Kurzschlussstromdichte** i_A ab (Bild 11.9.2.1).

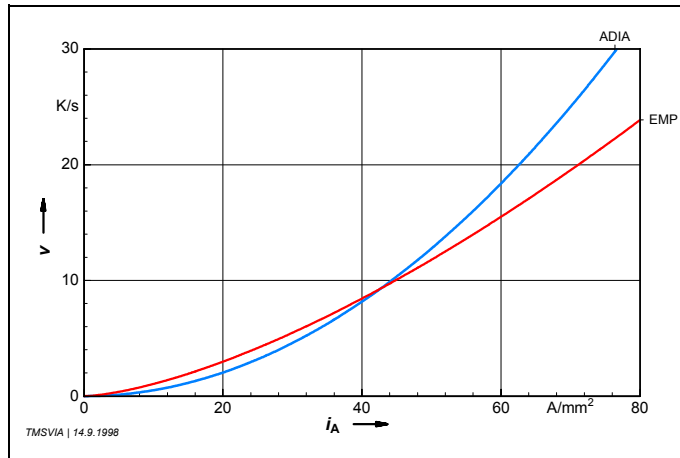


Bild 11.9.2.1

Richtwerte für die Anstiegsgeschwindigkeit v der Wicklungstemperatur in Abhängigkeit von der Kurzschlussstromdichte i_A

ADIA theoretisch aus adiabatischer Erwärmung [2.11]

EMP empirisch als Mittelwert aus vielen Messungen (Danfoss Bauer)

Bei einer üblichen Ankoppelungszeit $T_K = 8$ s ergibt sich

- bei üblichen Stromdichten von etwa 30 A/mm^2 ein Temperaturüberlauf von etwa 40 K ,
- bei extremer Stromdichte von z. B. etwa 60 A/mm^2 ein Temperaturüberlauf von etwa 120 K (Bild 11.9.2.2).

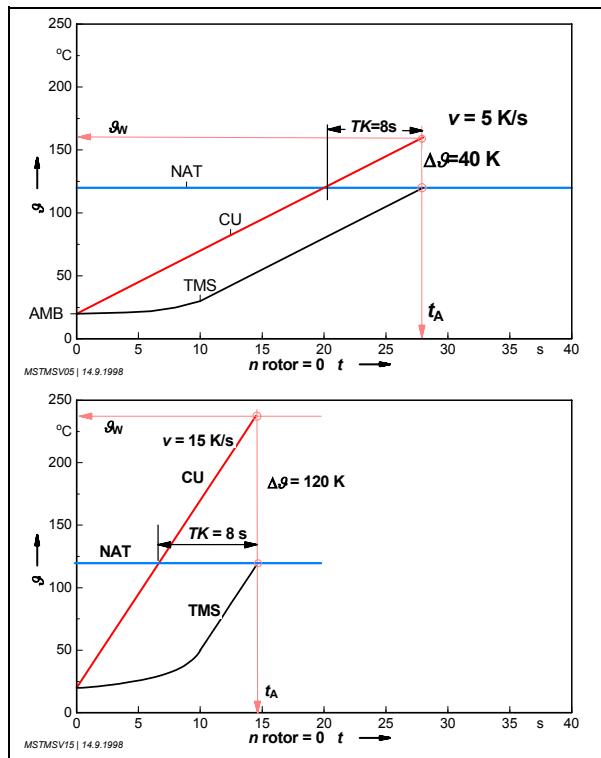


Bild 11.9.2.2

Temperaturüberlauf $\Delta\theta$ in der Wicklung (CU) eines Drehstrommotors

bei üblicher Temperaturanstiegsgeschwindigkeit ($v = 5 \text{ K/s}$) gegenüber der Nennansprechtemperatur (NAT) des Thermistors (TMS)

bei extremer Temperaturanstiegsgeschwindigkeit ($v = 15 \text{ K/s}$) gegenüber der Nennansprechtemperatur (NAT) des Thermistors (TMS)

Stromdichten über etwa 40 A/mm^2 führen zu einem Temperaturüberlauf $\Delta\theta > 50 \text{ K}$. Höhere Werte stellen eine Gefährdung für die Wicklungsisolierung und den Explosionsschutz dar.

11.9.3 Berechtigung und Kennzeichnung

Die Sonderausführung "TMS als Alleinschutz" bedarf einer sorgfältigen **Prüfung beim Hersteller** und bei Zündschutzart "e" einer Zertifizierung durch eine benannte Stelle. Bei der Zündschutzart "d" kann der Hersteller die Konformität erklären.

Die **Instandsetzung** einer Wicklung mit "TMS als Alleinschutz" sollte möglichst vom Hersteller vorgenommen werden. Wenn eine für diese Arbeiten zugelassene Reparaturwerkstatt die Ersatzwicklung anfertigt, so ist die Einbauanweisung des Herstellers genau zu befolgen und die Funktion des Thermistorschutzes ist durch eine anerkannte befähigte Person oder eine unabhängige "Zugelassene Überwachungsstelle ZÜS" zu überprüfen [2.1]. Die im Abschnitt 10.9 ausführlich beschriebene "Ansprechzeit t_A " ist eine wichtige Kenngröße für die Funktion des TMS – sie ist deshalb z. B. nach Bild 11.9.3 auf einem Zusatzschild anzugeben; vgl. (2.6), Abschnitt 6.3.3.

Von der Möglichkeit des Alleinschutzes durch Thermistoren wird vor allem bei Motoren der Zündschutzart "d" Gebrauch gemacht, weil sich diese für den Einsatz bei Schalt- und Bremsbetrieb oder als Umrichterantriebe anbieten (s. Abschnitte 11.10.3 und 11.14). Auf dem Hauptschild dieser Motorenart ist – im Gegensatz zu Motoren der Zündschutzart "e" – die Kenngröße I_A/I_N nicht erforderlich, wohl aber auf dem Zusatzschild oder als zusätzliche Kennzeichnung: Die Ansprechzeit t_A bezieht sich auf die Prüfung mit festgebremstem Läufer; sie ist bei Bemessungsspannung U_N bei einer Umgebungstemperatur von 20 °C und beim angegebenen relativen Anzugsstrom zu erwarten. Sie ist ein Maß für die thermische Ankoppelung zwischen Fühler und Kupfer.

Das zugehörige Auslösegerät musste nach der am 30.06.2003 auslaufenden nationalen Regelung das PTB-Prüfzeichen für die Funktion (nicht den Explosionsschutz) haben (vgl. 11.7).

EEx de II C T4	Mot. No. 123 456 789
Thermistor	DIN 44081-145
Relais	PTB 3.53-PTC/A
t_A	19 s U_N 20 °C
I_A/I_N	6,8

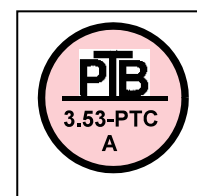



Bild 11.9.3

Beispiel für ein bis etwa 2003 übliches Zusatzschild für einen Drehstrommotor der Zündschutzart "d" mit TMS als Alleinschutz

Seit einer ab 01.07.2003 verbindlichen, europäischen Regelung ist auf dem Motor z. B. folgende zusätzliche Kennzeichnung anzubringen:

Thermistors PTC DIN 44081/82-145
Relais funktionsgeprüft / function tested  II (2) GD
t_A 28 s / 20 °C U_N I_A/I_N 5,0

(2) bedeutet: Relais ist im ungefährdeten Bereich aufgestellt; seine Schutzfunktion wirkt in Kategorie 2 (Zone 1 oder 21) hinein gemäß RL 94/9/EG Artikel 1 (2) und ATEX-Leitlinien 11.2.1

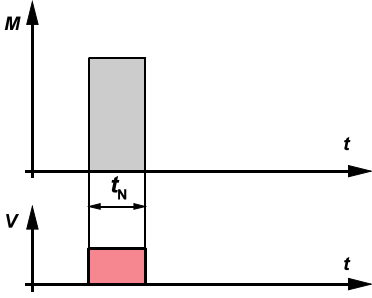
Dieses Schild ist bei der Auswahl der Schutzeinrichtung zu beachten. Einzelheiten zur neuen Funktionsprüfung siehe Abschnitt 11.15.

11.10 Besondere Betriebsarten

Explosionengeschützte Drehstrommotoren werden meist für die Betriebsart S1 (s. Abschn. 11.3) ausgelegt, zertifiziert und projektiert. Sie sind **ohne Änderung der Auslegung und der Schutzeinrichtung** auch für die Betriebsarten S2 (Kurzzeitbetrieb) und S3 (Aussetzbetrieb) verwendbar. Eine spezielle Auslegung für S2 oder S3 und die entsprechende Anpassung der Schutzeinrichtung gemäß den Abschnitten 11.10.1 und 11.10.2 ist nur zu empfehlen, wenn aus Platz- oder Kostengründen (bei Serienbedarf) die technisch mögliche Verkleinerung der Typengröße erwünscht oder notwendig ist.

Anders bei Betriebsart S4 (Aussetz-Schaltbetrieb): Hier ist die thermische Bemessung überwiegend durch den Schaltbetrieb bestimmt und deshalb durch eine Auslegung für S1 nicht abgedeckt.

11.10.1 Betriebsart S2

Früher übliche Bezeichnung Vereinfachtes Schema	Kurzzeichen und Definition nach Norm
KB — Kurzzeitbetrieb	S2
 <p style="text-align: center;">Bild 11.10.1.1</p>	<p>Kurzzeitbetrieb Betrieb mit konstanter Belastung, dessen Dauer nicht ausreicht, den thermischen Beharrungszustand zu erreichen, und einer nachfolgenden Zeit im Stillstand mit stromlosen Wicklungen von solcher Dauer, dass die wieder abgesunkenen Maschinentemperaturen nur noch weniger als 2 K von der Temperatur des Kühlmittels abweichen. Die Kennzeichnung ist S2, ergänzt durch eine Angabe der Betriebsdauer. Beispiel: S2 — 60 min</p>

Die typabhängige hohe Überlastungskapazität von Drehstrom-Käfigläufermotoren wird bei bestimmten Anwendungen gefahrlos und kostensparend ausgenutzt, indem der Motor auf dem Leistungsschild z. B. mit »1,5P_N – 1h« deklariert wird. Das Motorschutzrelais wird auf den erhöhten Strom eingestellt – wird also nach einer Stunde **nicht auslösen!** Bei den Betriebsarten S2 und S3 stellt der Strom allein kein Maß für die Erwärmung dar; stromabhängig thermisch verzögerte Bimetallrelais sind daher lediglich als Schutz bei Blockierung mit festgebremstem Läufer geeignet. Es muss die *Betriebszeit* oder die **Wicklungstemperatur** überwacht werden. Bei S2 ist häufig die Laufzeit auf natürliche Weise begrenzt: Tore, Rolläden, Hebezeuge sind Beispiele für solche Anwendungen. In anderen Fällen muss die Laufzeit und die Dauer der anschließenden Pause überwacht werden. Der thermische Motorschutz (TMS) mit Thermistoren ist eine andere, sichere Methode.

Bei der Betriebsart S2 muss definitionsgemäß auf die Belastungszeit eine stromlose Pause im Stillstand folgen, in der sich die Maschine so weit abkühlen kann, dass ihre Temperatur weniger als 2 K von der Temperatur des Kühlmittels abweicht. Wegen der fehlenden Belüftung ist die **Abkühl-Zeitkonstante** wesentlich länger als im Betrieb (z. B. um den Faktor 4). Es entsteht daher eine relativ lange Abkühlzeit (Bild 11.10.1.2 und Tabelle 11.10.1.3).

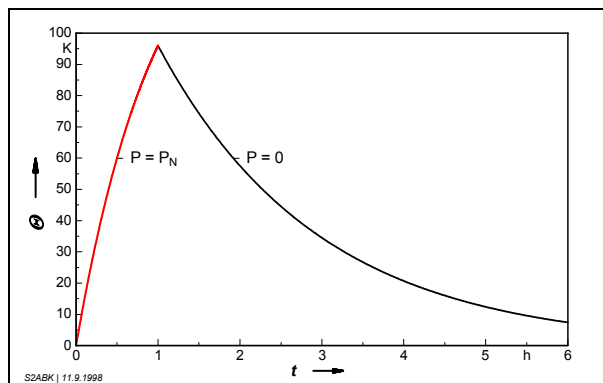


Bild 11.10.1.2
Schematischer Verlauf
von Erwärmung ($P=P_N$)
und Abkühlung ($P=0$)
eines S2-Motors

Motor-Achshöhe (mm)	56 ... 80	90 ... 112	132 ... 180	200 ... 280
Abkühlzeit (min)	80	160	240	360

Tabelle 11.10.1.3 Typische Abkühlzeiten nach Kurzzeitbetrieb S2

Zusammenfassung der zusätzlichen Anforderungen bei Betriebsart S2

Zündschutzart	e	d
Zertifizierung des Motors für S2	B	H
Zertifizierung der für S2 angepassten Schutzeinrichtung	B	H
z. B. Zertifizierung für Alleinschutz durch Thermistoren	B	H
z. B. Überwachung von Strom, Laufzeit und Pause	B	H
Verwendung von S1-Antrieb und S1-Schutzeinrichtung für S2	▲	▲

x erforderlich ▲ zulässig B benannte Stelle
- nicht erforderlich 0 nicht zulässig H Hersteller

11.10.2 Betriebsart S3

Früher übliche Bezeichnung Vereinfachtes Schema	Kurzzeichen und Definition nach Norm
AB — Aussetzbetrieb	S3
<p>Bild 11.10.2.1</p>	<p>Periodischer Aussetzbetrieb Betrieb, der sich aus einer Folge identischer Spiele zusammensetzt, von denen jedes eine Betriebszeit mit konstanter Belastung und eine Stillstandszeit mit stromlosen Wicklungen umfasst, wobei der Anlaufstrom die Übertemperatur nicht merklich beeinflusst.</p> <p>Die Kennzeichnung ist S3, ergänzt durch die relative Einschaltdauer. Beispiel: S3 — 25%</p>

In der Betriebsart S3 wird bei einem einzelnen Spiel weder die Endtemperatur bei Belastung noch die Umgebungstemperatur in der Abkühlpause erreicht. Der Temperaturverlauf nähert sich sägezahnartig einem eingeschwungenen Zustand, bei dem die Temperatur zwischen einem Maximalwert ϑ_{S3max} und einem Minimalwert ϑ_{S3min} pendelt. Nach [1.1], Abschnitt 15.5.3.7.2, gilt das Temperaturspiel als gleichwertig (eingeschwungen), wenn eine gedachte Verbindungslinie zwischen den entsprechenden Eckwerten eine Neigung von weniger als 2 K/h aufweist (Bild 11.10.2.2).

Die Temperatur in der Mitte des Zeitabschnitts darf die Grenztemperatur der jeweiligen Wärmeklasse nicht überschreiten (Bild 11.10.2.3).

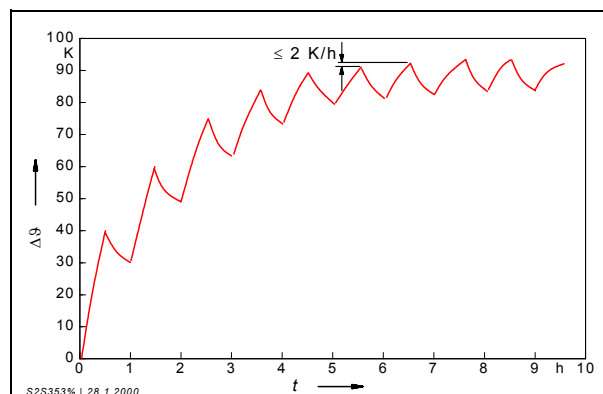


Bild 11.10.2.2
Schematischer Verlauf der Temperatur $\Delta\vartheta$ bei der Betriebsart S3 - 50 %

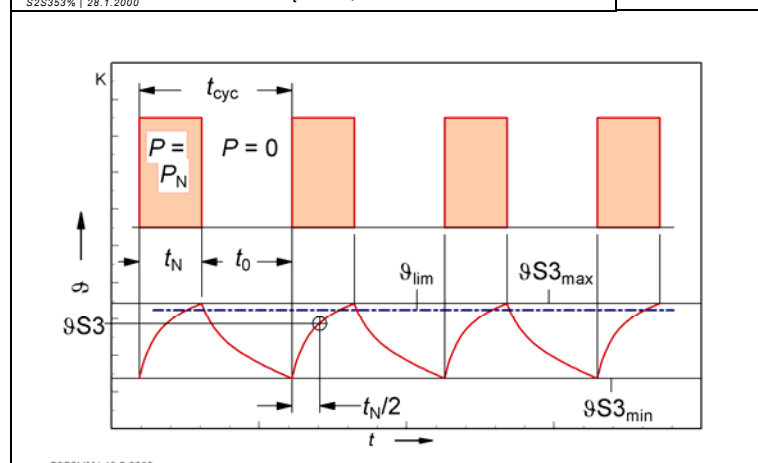


Bild 11.10.2.3

Bestimmung der Bemessungs-Übertemperatur ϑ_{S3} bei der Betriebsart S3 - 40 % nach der halben Zeit eines Belastungsintervalls t_N bei eingeschwungenem Temperaturverlauf zwischen den Grenzen ϑ_{S3min} und ϑ_{S3max} . Die Bemessungs-Übertemperatur muss unterhalb der Grenz-Übertemperatur ϑ_{lim} liegen.

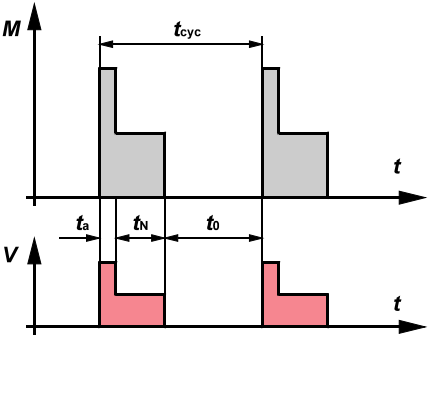
Für den Überlastungsschutz gelten ähnliche Gesichtspunkte wie bei der Betriebsart S2. Allerdings wird bei S3 die Zeitüberwachung zu kompliziert; hier bietet sich der Schutz durch TMS an.

Zusätzlichen Anforderungen bei Betriebsart S3

Zündschutzart	e	d
Zertifizierung des Motors für S3	B	H
Zertifizierung für Alleinschutz durch Thermistoren	B	H
Verwendung von S1-Antrieb und S1-Schutzeinrichtung für S2	▲	▲

x erforderlich ▲ zulässig B benannte Stelle
- nicht erforderlich 0 nicht zulässig H Hersteller

11.10.3 Betriebsart S4

Früher übliche Bezeichnung Vereinfachtes Schema	Kurzzeichen und Definition nach Norm
ASB — Aussetzschaltbetrieb	S4
 <p>Bild 11.10.3.1</p>	<p>Periodischer Aussetzbetrieb mit Einfluss des Anlaufvorgangs</p> <p>Betrieb, der sich aus einer Folge identischer Spiele zusammensetzt, von denen jedes eine merkbare Anlaufzeit, eine Betriebszeit mit konstanter Belastung und eine Stillstandszeit mit stromlosen Wicklungen umfasst. Die entsprechende Kennzeichnung ist S4, ergänzt durch die relative Einschalt-dauer, das Massenträgheitsmoment des Motors (J_M) und das Massenträgheitsmoment der Belastungsmaschine (J_{ext}), beide auf die Motorwelle bezogen.</p> <p>Beispiel: S4 — 25% $J_M = 0,15 \text{ kgm}^2$ $J_{ext} = 0,7 \text{ kgm}^2$</p>

Bei dieser Betriebsart ist die Gesamterwärmung von Wicklung und Käfigläufer entscheidend durch Schwere und Anzahl der Anläufe bestimmt. Für die Vorausberechnung der zulässigen Schalthäufigkeit sind firmenspezifische, grundsätzlich ähnliche Verfahren unter Benutzung der experimentell ermittelten Kennzahl Z_0 für die **zulässige Leerschalthäufigkeit** üblich [2.2].

Stromabhängig verzögerte thermische Überstromauslöser **eignen sich nicht** als Überlastungsschutz, da sie kein thermisches Abbild der Wicklung darstellen. Sie würden unter dem Einfluss hoher Schalthäufigkeit viel **zu früh auslösen**. Die Relaishersteller nennen in Katalogen 25 ... 60 c/h als maximal zulässige Schalthäufigkeit. Dieser Richtwert kann im Einzelfall deutlich überschritten werden, wie die an [3.4.4] angelegte Betrachtung in den Bildern 11.10.3.2 und 11.10.3.3 zeigt.

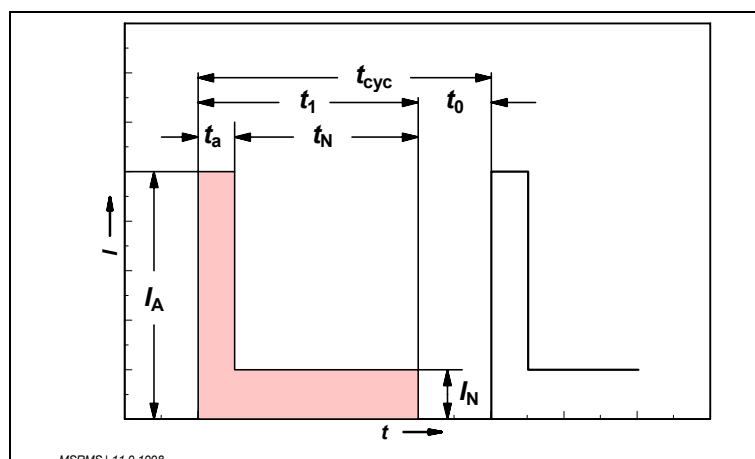


Bild 11.10.3.2 Kenngrößen beim Aussetz-Schaltbetrieb

- t_{cyc} - Spielzeit
- t_1 - gesamte Laufzeit
- t_N - Laufzeit mit Bemessungsstrom I_N
- t_a - Anlaufzeit mit Anzugsstrom I_A
- t_0 - Pause ohne Strom

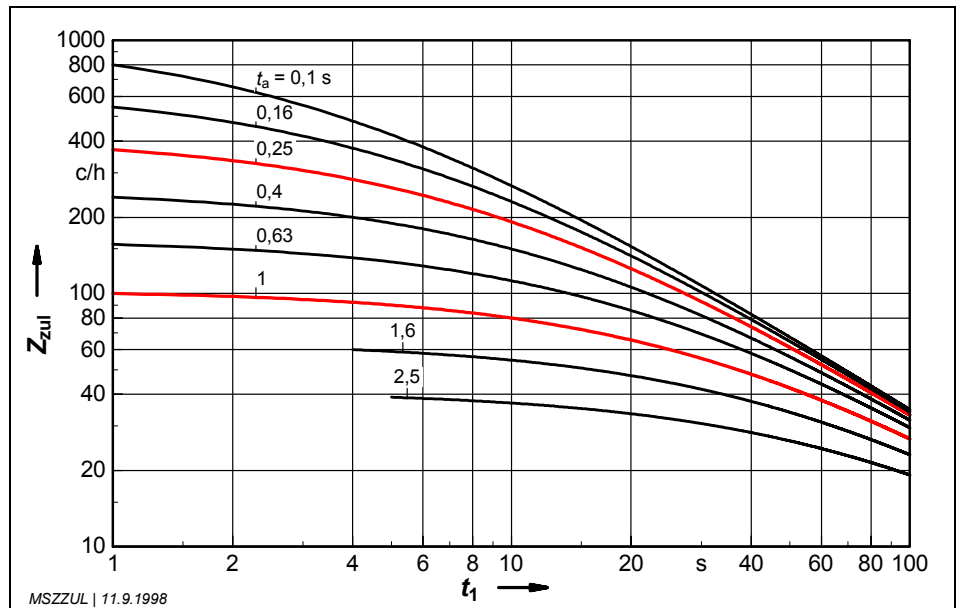


Bild 11.10.3.3
Thermisch zulässige Schalthäufigkeit Z_{zul} von Bimetallrelais
Erläuterungen siehe Bild 11.10.3.2

Mit diesen Richtwerten soll lediglich eine Abschätzung der zulässigen Schalthäufigkeit **des Relais** ermöglicht werden. Empfohlen wird bei der Betriebsart S4 für explosionsgefährdete Bereiche mit Temperaturklassen bis maximal T4 die Verwendung eines Motors in **Zündschutzart "d"**, zertifiziert mit thermischen Maschinenschutz (TMS) **als Alleinschutz**. In einer **Herstellereklärung** ist zu bestätigen, dass der Motor thermisch für die genau zu spezifizierende Betriebsart S4 (s. Bild 11.10.3.1) geeignet ist; d. h. dass die für die Wärmeklasse zulässige Wicklungstemperatur und die für die Temperaturklasse zulässige Oberflächentemperatur nicht überschritten werden.

Zusammenfassung der zusätzlichen Anforderungen bei Betriebsart S4 und Temperaturklasse bis maximal T4

Zündschutzart	e	d
Zertifizierung des Motors für S4	B	H
Zertifizierung für Alleinschutz durch Thermistoren	B	H
Herstellereklärung für die Eignung für S4	0	▲
Verwendung von Antrieb und Schutzeinrichtung für S1	0	0

x erforderlich ▲ zulässig B benannte Stelle
- nicht erforderlich 0 nicht zulässig H Hersteller

11.11 Schweranlauf

Bei der praktischen Anwendung ergibt sich zwangsläufig die Frage:

□ Was ist ein "schwerer" Anlauf?

Hierzu gibt EN 60079-14 im Abschnitt 11.2.1 Auskunft:

"Schweranlaufbedingungen liegen dann vor, wenn eine ... ordnungsgemäß ausgewählte, stromabhängig verzögerte Überlastschutzeinrichtung den Motor abschaltet, bevor dieser seine Bemessungsdrehzahl erreicht. Dies ist im allgemeinen der Fall, wenn die Gesamtanlaufzeit länger als 1,7 t_E ist."

In DIN VDE 0165 : 1991, Abschnitt 11.2.1 heißt die entsprechende Passage:

"Schwerer Anlauf liegt vor, wenn ein für normale Bedingungen passend ausgewählter Überstromschutzschalter bereits während der Hochlaufzeit den Motor abschalten würde. Das ist im allgemeinen dann der Fall, wenn die Hochlaufzeit t_H mehr als das 1,7fache der Erwärmungszeit t_E beträgt."

Trifft diese Voraussetzung zu, so sind "angepasste Schutzeinrichtungen" zu verwenden. Die hierzu in VDE 0165/2.61 enthaltenen Einzelfestlegungen wurden in die späteren Fassungen nicht übernommen. Im Prinzip handelt es sich um eine Überwachung von Temperatur und/oder Zeit während des Hochlaufs, wobei der stromabhängige Auslöser überbrückt sein kann.

Der in der Norm nicht erläuterte Faktor 1,7 wird aus den folgenden Bildern deutlich:

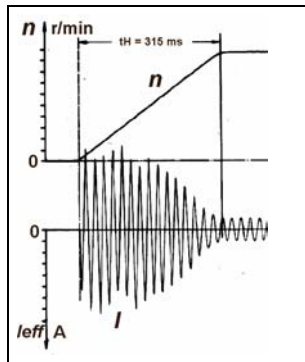


Bild 11.11.1
Hochlaufoszillogramm für die Veränderung des Stroms I und der Drehzahl n während der Hochlaufzeit t_H

In Bild 11.11.2 ist die mit der Zeit t fallende Tendenz des Hochlaufstroms I_H im Vergleich zu dem während der Blockierungszeit praktisch konstanten Anzugsstrom I_A ersichtlich; der geringe Rückgang wegen der Erwärmung ist vernachlässigt.

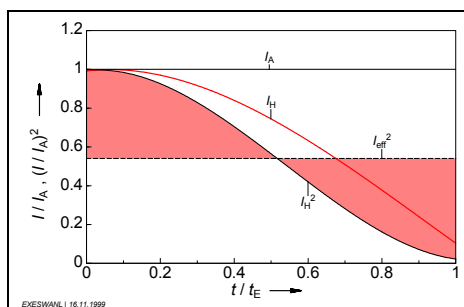


Bild 11.11.2
Bildung eines thermisch äquivalenten Effektivwertes I_{eff}^2 für die Verluste durch I_H^2 während der Zeit t_E

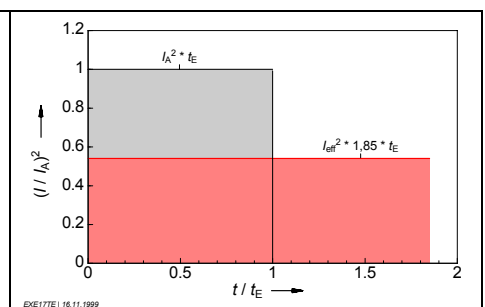


Bild 11.11.3
Ermittlung einer äquivalenten Verlustfläche während der Zeit t_E und beim um den Faktor 1,85 verlängerten Schweranlauf (Normwert max. 1,7)

Im Beispiel ist der thermisch äquivalente quadrierte Mittelwert I_{eff}^2 des Hochlaufstroms 54 % des Anzugsstromes I_A . Die Hochlaufzeit bei Schweranlauf darf deshalb im Beispiel um den Faktor $1/0,54 = 1,85$ gegenüber der Zeit t_E verlängert werden. Der in der Norm genannte pauschale Faktor 1,7 wird gut bestätigt.

Bei Getriebemotoren ist ein "Schweranlauf" nach dieser Definition sehr selten: Selbst beim Antrieb von Kühlturm-Ventilatoren mit extrem großem Massenverhältnis $FI = 30$ liegen die Hochlaufzeiten unter den üblichen Zeiten t_E .

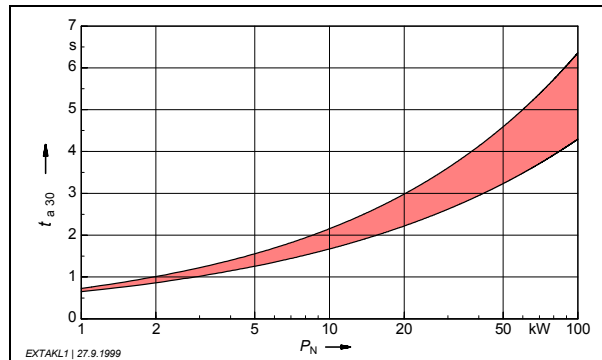


Bild 11.11.4
Richtwerte für die Hochlaufzeit t_{a30} von Kühlturm-Antrieben mit Bemessungsleistung P_N bei Trägheitsfaktor $FI = 30$

Zusammenfassung der zusätzlichen Anforderungen bei Schweranlauf

Zündschutzart	e	d
Zertifizierung des Motors für Schweranlauf	B	H
Zertifizierung für Alleinschutz durch Thermistoren	B	H
Herstellereklärung für die Eignung für Schweranlauf	0	▲
Angepasste Schutzeinrichtung für Schweranlauf	x	x

x erforderlich ▲ zulässig B benannte Stelle
 - nicht erforderlich 0 nicht zulässig H Hersteller

11.12 Sanftanlauf

Zu diesem Thema enthält DIN EN 60079-14 in Abschnitt 11.2.3 folgende Anweisung:

"Der Überlastschutz für Motoren, bei denen der Anlauf durch spezielle Verfahren erfolgt, die die elektrischen, mechanischen und thermischen Beanspruchungen elektrisch begrenzen, muss vom **Anwender** einer speziellen Beurteilung der Einsatzbedingungen unterzogen werden, sofern die Anforderungen (für die thermische Überwachung) nicht erfüllt werden können." Als Beispiel ist in Bild 11.12 ein Sanftanlauf durch Spannungsabsenkung dargestellt, bei dem in Stufe 1 das vom Motor entwickelte, reduzierte Drehmoment nicht ausreicht, um die rot gezeichnete Lastkennlinie zu überwinden.

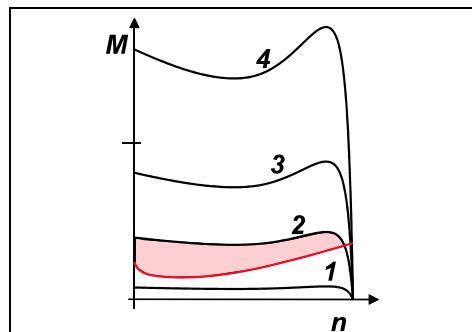


Bild 11.12
Sanftanlauf durch Spannungsabsenkung in vier Stufen

Annahme: Sanftanlaufgerät bleibt in Stufe 1 hängen

Folge: Motor nimmt im **Stillstand** den Nennstrom auf; **Relais spricht nicht an** Starke Erwärmung im Ständer (wegen fehlender Kühlung) und im Käfig (wegen Schlupf 100 %)

Abhilfe: Überwachung von Zeit und/oder Drehzahl

Zusammenfassung der zusätzlichen Anforderungen bei Sanftanlauf

Zündschutzart	e	d
Beurteilung durch den Anwender	x	x
Zertifizierung falls Alleinschutz durch TMS erforderlich	B	H
Schutzeinrichtung zur Überwachung von Zeit und/oder Drehzahl	x	x

x erforderlich ▲ zulässig B benannte Stelle
 - nicht erforderlich 0 nicht zulässig H Hersteller

11.13 Konsequenzen für die Wahl der Zündschutzart

Das Prinzipbild 11.13 soll nochmals deutlich machen, dass eine direkte Temperaturüberwachung durch Temperaturfühler in der Ständerwicklung nur für die Wicklungstemperatur ϑ_W und für die Rückentemperatur ϑ_R repräsentativ sein kann – nicht für die Temperatur im Rotor.

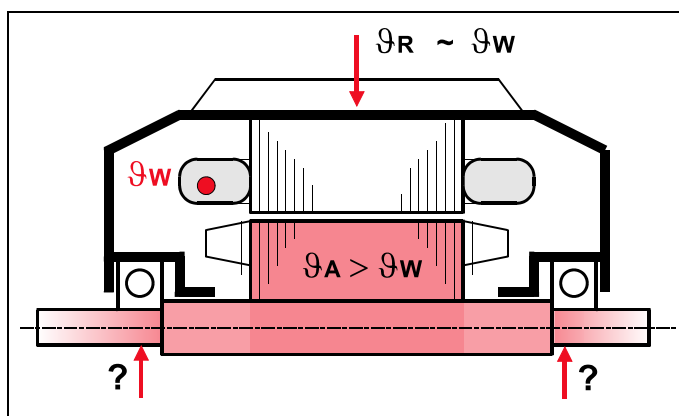


Bild 11.13

Grenzen der Temperaturerfassbarkeit durch TMS

ϑ_W Wicklung
 ϑ_R Rücken
 ϑ_A Alu-Käfig

ϑ_W und ϑ_R sind die beiden Temperaturen, die für die Auswahl und Bemessung eines Motors in Zündschutzart EEx d (druckfeste Kapselung) maßgebend sind. Bei der Zündschutzart EEx e (erhöhte Sicherheit) ist auch die Temperatur im Käfigläufer ϑ_A zu beachten. Ihre Erfassbarkeit durch TMS ist auf Motoren mit relativ kleinen Bemessungsleistungen beschränkt. Aus diesem Grund sind relativ wenige Fabrikate und Motortypen der Zündschutzart EEx e für Schaltbetrieb bescheinigt.

Im allgemeinen bietet sich die Verwendung der Zündschutzart EEx d an. Wenn der Hersteller in einer Typprüfung die Wirksamkeit von Temperaturfühlern (TMS) als "Alleinschutz" nachgewiesen hat, genügt für Drehstrom-Käfigläufermotoren der Zündschutzart EEx d für die Temperaturklassen T1 ... T4 die "pauschale Konformitätsbescheinigung", in der ein **Explosionsschutz durch die druckfeste Kapselung** bescheinigt ist. Die Einhaltung der Erwärmungsgrenzen liegt in der Verantwortung des Herstellers, der die relevanten Daten

- Schalthäufigkeit
- Trägheitsfaktor
- Relative Einschaltdauer

auf Wunsch in einer Werksbescheinigung bestätigt.

Selbstverständlich ist bei läuferkritischen Motoren der Zündschutzart EEx d im Rahmen der Werksprüfung auch zu untersuchen, ob Teile der Welle außerhalb des druckfesten Gehäuses eine unzulässig hohe Temperaturen annehmen.

11.14 Betrieb am Frequenzumrichter

Die technischen und wirtschaftlichen Vorteile einer stufenlosen Drehzahlverstellung über statische Frequenzumrichter sind in [3.11] und die Bedingungen für eine Zulassung in explosionsgefährdeten Bereichen in Abschnitt 15 ausführlich behandelt. Dort ist auch gezeigt, dass sich für die Temperaturklassen T1 ... T4 ein Motor der Zündschutzart "d" mit TMS als Alleinschutz als günstigste Lösung anbietet, weil ein stromabhängiger Überlastungsschutz den Einfluss der mit der Frequenz (Drehzahl) veränderten Kühlung nicht erfassen kann.

Zusammenfassung der Anforderungen für Umrichterbetrieb bis Temperaturklasse T4

Annahmen :

Klemmenkasten "e"; Netzspannung 400 V; Leitung > 25 m; kein Filter
 Modifizierter Umrichter mit UMS (Umrichterschutzeinrichtung zur Überwachung von U/f , Grenzwerte von U und f) für "e"

Zündschutzart	e	d
Zertifizierung Motor / Umrichter / Schutzeinrichtung als Kombination	B	–
Bauart des Umrichters festgelegt	x	–
Typen-Konformitätsbescheinigung mit Zusatz "X" für besondere Bedingungen	x	–
Zertifizierung für Alleinschutz durch Thermistoren	B	H
Umrichtereinstellungen (U/f , Grenzwerte für U und f) verriegelt oder kodiert	x	–
Modifizierter Umrichter mit UMS (Umrichterschutzeinrichtung)	▲	–
Herstellererklärung für die Eignung für Umrichterbetrieb mit Bemessungsdaten	0	H
Bemessung der Luft- und Kriechstrecken im Klemmenkasten "e" für 1700 V	x	x
Angabe von I_A/I_N und t_A auf Zusatzschild für TMS-Prüfung	x	x
Angabe von I_A/I_N und t_E für stromabhängiges Motorschutzrelais	–	–
Werksmessungen der Erwärmung an kritischen Eckpunkten des Verstellbereichs	x	x
Gebühren für Zertifizierung durch benannte Stelle	x	–

x erforderlich B benannte Stelle – nicht erforderlich
 ▲ zulässig H Hersteller 0 nicht zulässig

11.15 Funktionsprüfung von Überlastungs-Schutzeinrichtungen

Nach ATEX dürfen seit 01.07.2003 für den Überlastungsschutz elektrischer Maschinen nur noch **Schutzeinrichtungen in Verkehr** gebracht werden, deren **sichere Funktion** nachgewiesen ist. Als Nachweis dient in der Kategorie 2 die EG-Baumusterprüfbescheinigung einer benannte Stelle und in der Kategorie 3 ein Hinweis in der EG-Konformitätserklärung oder in der Betriebsanleitung des Herstellers.

In der Richtlinie 94/9/EG (ATEX 100a oder 95) heißt es im Artikel 1 (2) zu diesem Thema:

"Unter den Anwendungsbereich dieser Richtlinie fallen auch Sicherheits-, Kontroll- und Regelvorrichtungen für den Einsatz außerhalb von explosionsgefährdeten Bereichen, die im Hinblick auf Explosionsgefahren jedoch für den sicheren Betrieb von Geräten und Schutzsystemen erforderlich sind oder dazu beitragen."

In den ATEX-Leitlinien vom Mai 2000 sind im Abschnitt 4.4.1, d) auf den Seiten 21/22 Beispiele für solche Sicherheitseinrichtungen genannt; ausdrücklich auch **"Überlastschalter für Elektromotoren der Schutzart EEx e erhöhte Sicherheit"**.

Weitere Beispiele bei sinngemäßer Auslegung, z. B. nach dem PTB-Merkblatt "EG-Baumusterprüfbescheinigungen für Motorschutzgeräte" [3.4]:

- Überlastrelais mit thermischen Bimetall-Auslösern
- Elektronische Überlastrelais
- TMS-Auslösegeräte für PTC-Fühler
- PT 100 Fühler
- Sanftanlaufgeräte mit integriertem oder getrenntem TMS

wenn sie als **Alleinschutz** für Motoren in den **Zonen 1 und 21** verwendet werden.

Eine EG-Baumusterprüfbescheinigung einer benannten Stelle ist nach allgemeinem Verständnis für eine solche Einrichtung **nicht zwingend erforderlich**, wenn sie **zusätzlich** zu einer anderen, zugelassenen Schutzeinrichtung verwendet wird oder wenn sie einen Antrieb in der **Zone 2 oder 22** schützt, der eine **EG Konformitätserklärung** des Herstellers hat und dessen Schutzeinrichtung in der Betriebsanleitung beschrieben ist. Es ist jedoch zu empfehlen und bei entsprechender Entwicklung des Marktes auch zu erwarten, dass zertifizierte Geräte auch in den Zonen 2 oder 22 verwendet werden.

In den folgenden Abschnitten werden einige Beispiele für die Anforderungen und Kennzeichnung von funktionsgeprüften Überlastungsschutzeinrichtungen beschrieben.

11.15.1

Motorschuttschalter mit thermisch verzögertem Bimetall-Auslöser

Vor allem bei der Zündschutzart "e" übernimmt der Überlastungsschutz des Motors eine wichtige Funktion. Im Abschnitt 11.2.1 der Errichtungsbestimmungen [1.8] heißt es:

"Um den Anforderungen ... zu entsprechen, müssen stromabhängig verzögerte Überlastschutzeinrichtungen so ausgelegt sein, dass nicht nur der Motorstrom überwacht, sondern auch der festgebremste Motor innerhalb der auf dem Leistungsschild angegebenen Zeit t_E abgeschaltet wird. Die Strom/Zeit-Kennlinien, die die Verzögerungszeit des Überlastrelais oder Überlastauslösers als eine Funktion des Verhältnisses von Anzugsstrom zu Bemessungsstrom angeben, müssen beim Betreiber verfügbar sein.

Diese Kennlinien geben die Auslösezeit an, aus dem kalten Zustand bei einer Umgebungstemperatur von 20 °C und für ein Anzugsstromverhältnis (I_A/I_N) von mindestens 3 bis 8. Die Schutzeinrichtungen müssen die angegebenen Auslösezeiten mit einer zulässigen Abweichung von $\pm 20\%$ einhalten.

Bei Wicklungen in Dreieckschaltung ist die Auslösezeit bei festgebremstem Motor und bei Phasenausfall mit dem 0,87fachen Motoranzugsstrom zu überprüfen." Bild 11.15.1.1 soll zeigen, wie gravierend sich Abweichungen in der Toleranz der Auslösezeit eines Bimetall-Relais auf den Explosionsschutz eines für T3 ausgelegten Käfigläufermotors auswirken können.

Die durch Versuch und Rechnung ermittelte Erwärmungszeit $t_{E(r)}$ wird nach den PTB-Prüfregeln auf den Nominalwert $t_{E(nom)}$ reduziert und gerundet und erscheint als t_E auf dem Leistungsschild. Würde ein außerhalb der Toleranz liegendes, unzulässiges Bimetallrelais erst nach $t_{E(tol)} = 7,5$ s ansprechen, so würde sich der temperaturkritische Oberstab des Läufers um etwa 105 K über seine Ausgangstemperatur erwärmen. Bei der genormten Umgebungstemperatur von 40 °C und einer bereits im Nennbetrieb erreichten Übertemperatur von 60 K wäre seine Temperatur 205 °C – also schon über der Zündtemperatur von 200 °C für Gase der Temperaturklasse T3.

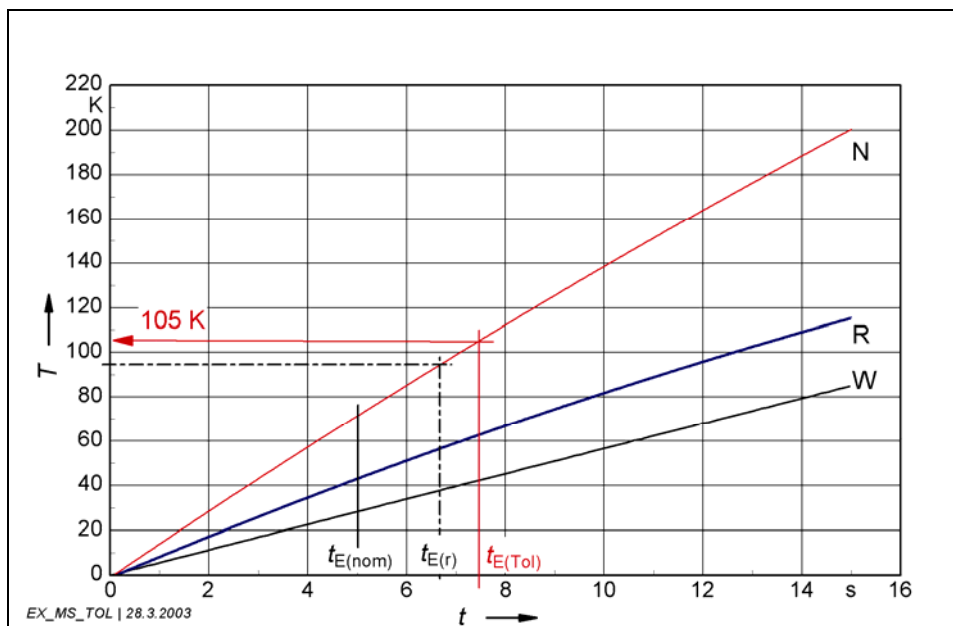


Bild 11.15.1.1

Temperaturanstieg in der Wicklung (W), in der Obernut (N) und im Ring (R) eines Kurzschlussläufers mit ausgeprägter Stromverdrängung bei festgebremstem Läufer an voller Spannung

bei Sollwert von $t_{E(nom)} : 75$ K

bei verlängerter $t_{E(tol)} : 105$ K

Quelle: In Anlehnung an Bild 8 der PTB-Prüfregeln [2.6]

Bild 11.15.1.2 zeigt die Kennzeichnung eines ATEX-konformen Motorschutzrelais, wie es ab dem 01.07.03 in Verkehr gebracht werden muss.

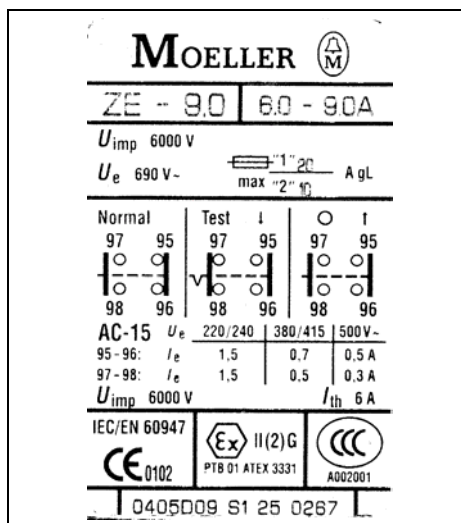


Bild 11.15.1.2

Kennzeichnung eines ATEX-konformen Motorschutzrelais für einen explosionsgeschützten Motor der Zündschutzart "e"

Gerät darf in Zone 1 (Kategorie 2) hineinwirken

Aufstellung des Gerätes außerhalb der Zone

Quelle : MOELLER GmbH

11.15.2 Elektronische Motorschutzrelais

Bei diesen Relais kann die thermische Charakteristik eines Motors simuliert werden; die Auslösecharakteristik entspricht also weitgehend der thermischen Belastbarkeit des Motors. Zusätzlich können überwacht werden: Phasenausfall, Netzsymmetrie, Erdschluss, Überlast, Wiedereinschaltbereitschaft [2.9]. Diese Relais erfordern eine sorgfältige Einstellung bei Inbetriebnahme nach Parametern, die der Motorhersteller liefern kann. Ihr relativ hoher Preis beschränkt derzeit die Verwendung auf größere Maschinen, Hochspannungsmotoren oder Einsatzfälle, bei denen eine hohe Verfügbarkeit verlangt wird. Zunehmend werden diese Relais auch mit Baumusterprüfbescheinigung zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen angeboten und verwendet, weil sie die zentrale Überwachung der Antriebe aus einer Leitwarte ermöglichen.

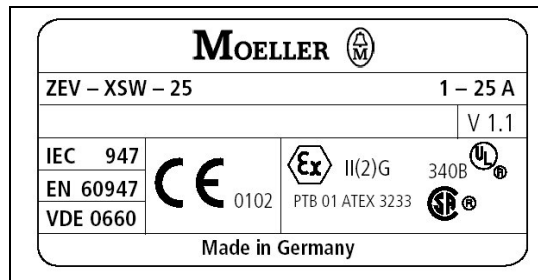


Bild 11.15.2
Kennzeichnung eines elektronischen Motorschutzrelais mit ATEX-Konformität zum Schutz eines explosionsgeschützten Motors in der Zone 1 (Kategorie 2) außerhalb der Zone

11.15.3 TMS-Auslösegeräte für PTC-Fühler (Thermistorschutz)

Bei vielen Anwendungsfällen ist der Strom allein kein Maßstab für die Erwärmung der Ständerwicklung und des Rotorkäfigs; z. B. bei Schalt- und el. Bremsbetrieb, Kurzzeitbetrieb S2 oder Aussetzbetrieb S3, Betrieb am Umrichter mit niedrigen Drehzahlen und dadurch reduzierter Kühlung, erhöhter Umgebungstemperatur oder Behinderung der Kühlluftzufuhr.

In diesen Fällen haben sich temperaturabhängige Widerstände (Thermistoren) bewährt, die nach den Errichtungsbestimmungen für Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen alternativ zu den stromabhängigen Auslösern zugelassen sind. In **EN 60079-14** (7 b) und 11.2.2) ist sinngemäß festgelegt:

"Als Überlast-Schutzeinrichtung kann wahlweise ... eine Einrichtung zur direkten Temperaturüberwachung mit eingesetzten Temperaturfühlern ... eingesetzt werden.

Um diesen Anforderungen zu entsprechen, müssen die Wicklungstemperaturfühler in Verbindung mit den Schutzeinrichtungen für den thermischen Schutz auch bei festgebremster Maschine geeignet sein. Der Einsatz von eingebetteten Temperaturfühlern zur Überwachung der Maschinen-Grenztemperatur ist nur zulässig, wenn in der Maschinendokumentation ein solcher Einsatz festgelegt ist. Der Typ des eingebauten Temperaturfühlers oder der zugehörigen Schutzeinrichtung ist auf der Maschine angegeben."

Für den vorhersehbaren Störfall "festgebremster Läufer" bietet das stromabhängige Bimetall einen schnellen und wirksamen Schutz – siehe Abschnitt 11.15.1. Wenn der TMS neben dem Schutz bei Dauerbetrieb auch diesen Störfall als "Alleinschutz" übernehmen soll, müssen besonders hohe Anforderungen an die handwerkliche Qualität des Einbaus der Fühler und an die Funktion des Auslösegerätes gestellt werden. Das Bild 11.15.3.1 soll die hieraus resultierende Problematik dieser Schutzeinrichtung verdeutlichen:

Die elektrische Isolierung erschwert den Wärmeübergang vom Wickeldraht zum Thermistor und führt zwangsläufig zu einer Temperaturdifferenz zwischen Kupfer und Temperaturfühler, die bei Dauerbetrieb (S1) durch entsprechende Wahl der Nennansprechtemperatur (NAT) kompensiert werden kann.

Beim raschen Temperaturanstieg im Kurzschlussfall (blockierter Läufer $n_{rotor} = 0$) bestehen je nach "**thermischer Ankoppelung**" eine mehr oder weniger ausgeprägte Verzögerung und ein Temperaturüberlauf, die sich durch die "Kopplungszeitkonstante" T_K und die Temperaturdifferenz $\Delta\vartheta$ darstellen lässt und für deren Überprüfung die Ansprechzeit t_A einen wichtigen, auf einem Zusatzschild anzugebenden Maßstab darstellt.

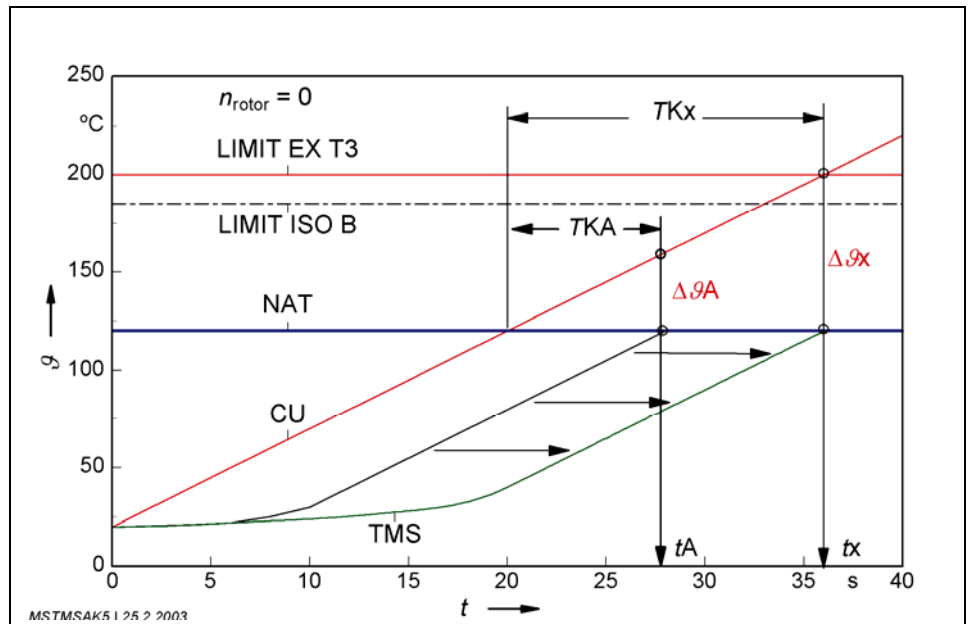


Bild 11.15.3.1

Einfluss einer guten (A) und einer schlechten (x) thermischen Ankoppelung (TK) auf die Ansprechzeit t der Thermistoren und den daraus resultierenden Temperaturüberlauf $\Delta\theta$

Die vom **Hersteller in einer Typenprüfung** ermittelte optimale Zuordnung von NAT und thermischer Ankoppelung wird auf einem Zusatzschild (Bild 11.15.3.2) dokumentiert, das auf diese Weise auch die Ausführung "TMS als Alleinschutz" anzeigt (vgl. [3.2], Abschnitt 6.3.3). Das Zusatzschild ist bei der Auswahl der Schutzeinrichtung zu beachten. Das zugehörige Auslösegerät ist sinngemäß gekennzeichnet (Bild 11.15.3.3).

Die zugehörige EG-Baumusterprüfbescheinigung ist in Bild 11.15.3.4 gezeigt.

<p>Thermistors PTC DIN 44081/82-145 Relais funktionsgeprüft / function tested</p> <p>Ex II (2) G D</p> <p>t_A 28 s / 20 °C U_N I_A/I_N 5,0</p>	<p>MOELLER </p> <p>EMT6-DB AC 24...240V 50/60Hz DC 24...240V</p> <hr/> <p>T1Y1A1 13 21 </p> <p>T2Y2A2 14 22</p> <hr/> <p>Ex II(2)GD <small>IND. CONT. TO LISTED</small> 340B</p> <p>PTB02 ATEX3162 B 300 TIGHTENING TORQUE 1,2 Nm AWG 20 - 14</p> <hr/> <p>U_g 240V \sim 400V \sim I_g AC-15 3A AC-14 3A I_{th} 6A III/3</p> <hr/> <p> DIN VDE 0660-303 A 0102 IEC 60947</p>
--	---

Bild 11.15.3.2

Zusatzschild auf einem explosionsgeschützten Motor mit TMS als Alleinschutz

Bild 11.15.3.3

Kennzeichnung eines ATEX-konformen Auslösegerätes für PTC-Thermistoren

Die Ansprechzeit t_A bezieht sich auf die Prüfung mit festgebremstem Läufer; sie ist bei Bemessungsspannung U_N bei einer Umgebungstemperatur von 20 °C und beim angegebenen relativen Anzugsstrom zu erwarten. Sie ist ein Maß für die thermische Ankoppelung zwischen Fühler und Kupfer. Wenn keine besonderen Gründe vorliegen, ist es **nicht** erforderlich, die Funktion der Schutzeinrichtung bei der **Erstprüfung** und/oder bei der **wiederkehrenden Prüfung** praktisch zu prüfen.

Nach einer **Neuwicklung** im Zuge einer Instandsetzung ist die amtlich anerkannte befähigte Person allerdings verpflichtet, die thermische Ankoppelung auf den Sollwert zu prüfen; eine Abweichung von $t_A + 20\%$ ist erlaubt (PTB-Prüfregeln [2.6]; Abschnitte 6.3.3 und 10.2).

Bei einer Durchgangsprüfung oder Widerstandsmessung der PTC-Fühler dürfen maximal 2,5 V DC pro Fühler (in der Regel drei in Reihenschaltung) angelegt werden, sonst besteht Gefahr der Zerstörung.

Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig und Berlin		
		
EG-Baumusterprüfbescheinigung		
(1)		
(2)	Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen - Richtlinie 94/9/EG	
(3)	EG-Baumusterprüfbescheinigungsnummer PTB 02 ATEX 3162	
(4)	Gerät:	Thermischer Maschinenschutz (TMS), Typen EMT6...
(5)	Hersteller:	Moeller GmbH
(6)	Anschrift:	Hein-Moeller Str. 7-11, 53115 Bonn, Deutschland
(7)	Die Bauart dieses Gerätes sowie die verschiedenen zulässigen Ausführungen sind in der Anlage und den darin aufgeführten Unterlagen zu dieser Baumusterprüfbescheinigung festgelegt.	
(8)	Die Physikalisch-Technische Bundesanstalt bescheinigt als benannte Stelle Nr. 0102 nach Artikel 9 der Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaften vom 23. März 1984 (94/9/EG) die Erfüllung der grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen für die Konzeption und den Bau von Geräten und Schutzsystemen zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen gemäß Anhang II der Richtlinie. Die Ergebnisse der Prüfung sind in dem vertraulichen Prüfbericht PTB Ex 02-32149 festgehalten.	
(9)	Die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen werden erfüllt durch Übereinstimmung mit EN 60947-1; EN 60947-5 DIN VDE 0660 Teil 302 und Teil 303 EN 60079-14	
(10)	Falls das Zeichen „X“ hinter der Bescheinigungsnummer steht, wird auf besondere Bedingungen für die sichere Anwendung des Gerätes in der Anlage zu dieser Bescheinigung hingewiesen.	
(11)	Diese EG-Baumusterprüfbescheinigung bezieht sich nur auf Konzeption und Prüfung des festgelegten Gerätes gemäß Richtlinie 94/9/EG. Weitere Anforderungen dieser Richtlinie gelten für die Herstellung und das Inverkehrbringen dieses Gerätes. Diese Anforderungen werden nicht durch diese Bescheinigung abgedeckt.	
(12)	Die Kennzeichnung des Gerätes muß die folgenden Angaben enthalten:	
	 II (2) G	
	Zertifizierungsstelle Explosionsschutz Im Auftrag	Braunschweig, 10. Juni 2003
	 Dr.-Ing. F. Lienesch Oberregierungsrat	
Seite 1/3		

Bild 11.15.3.4
 Beispiel einer EG-Baumusterprüfbescheinigung für ein Thermistor-Auslösegerät;
 zugelassen zur Überwachung eines Drehstrommotors in Zone 1 (Kategorie 2).
 Aufstellung des Auslösegerätes außerhalb der Zone

Im Bedarfsfall ist die vollständige, 3seitige Fassung des Dokumentes zu beachten

11.15.4 Widerstandsthermometer mit PT 100-Fühlern

Bei manchen Anwendungen – vor allem mit größeren Maschinen – ist es erforderlich, die Temperatur der Wicklung oder eines Lagers nicht nur zu begrenzen, sondern zu **messen** und visuell oder automatisch mit einem Sollwert zu vergleichen. Die fast lineare Temperaturabhängigkeit des Widerstandes von Metallen eignet sich gut für dieses Verfahren. Wegen der hohen chemischen Beständigkeit und der guten Reproduzierbarkeit der elektrischen Eigenschaften werden Sensoren aus Platin bevorzugt, wie sie in DIN EN 60751 genormt sind. Die Kennlinie eines PT 100-Temperaturfühlers ist in Bild 11.15.4 gezeigt.

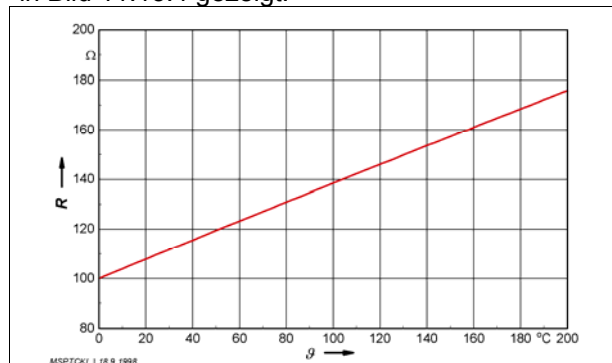


Bild 11.15.4
Widerstand R in
Abhängigkeit von der
Temperatur ϑ bei einem
Platin-Widerstands-
thermometer PT 100

11.15.5 Sanftanlaufgeräte

Bei manchen Anwendungen ist das relativ hohe Anzugsmoment (1,6 ... 2,5-faches Bemessungsmoment) beim Direkteinschalten eines Käfigläufermotors für Übertragungsmittel und Arbeitsmaschine störend. Es muss durch ein Sanftanlaufgerät gedämpft werden.

Zu diesem Thema enthält DIN EN 60079-14 in Abschnitt 11.2.3 folgende Anweisung:

"Der Überlastschutz für Motoren, bei denen der Anlauf durch spezielle Verfahren erfolgt, die die elektrischen, mechanischen und thermischen Beanspruchungen elektrisch begrenzen, muss vom **Anwender** einer speziellen Beurteilung der Einsatzbedingungen unterzogen werden, sofern die Anforderungen (für die thermische Überwachung) nicht erfüllt werden können."

Es erscheint jedoch fraglich, ob der Anwender eines Elektromotors in allen Fällen (so zum Beispiel bei läuferkritischen Motoren) ohne eine eingehende Prüfung in der Lage ist, die thermische Gefährdung unter Berücksichtigung der Belange von Wicklungsisolierung und Explosionsschutz zu beurteilen.

Die PTB empfiehlt daher, den thermischen Zustand von Ständerwicklung und Läuferkäfig mit TMS als Alleinschutz zu überwachen. Wenn das Thermistor-Auslösegerät im Sanftanlauf integriert ist, wird es zusammen mit diesem zertifiziert. Getrennte TMS-Auslösegeräte müssen für den unter 11.15.2 beschriebenen Anforderungen entsprechen.

Als Beispiel ist in Bild 11.15.5 ein Sanftanlauf durch Spannungsabsenkung dargestellt, bei dem in Stufe 1 das vom Motor entwickelte, reduzierte Drehmoment nicht ausreicht, um die rot gezeichnete Lastkennlinie zu überwinden.

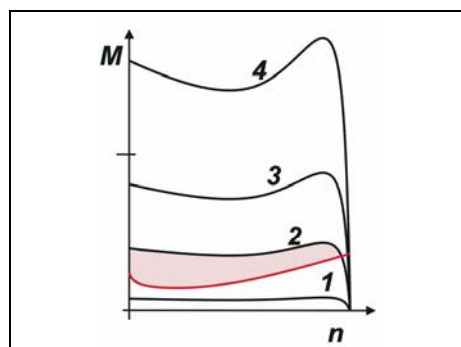


Bild 11.15.5
Sanftanlauf durch
Spannungsabsenkung in vier Stufen
 M – Drehmoment
 n – Drehzahl

Annahme: Sanftanlaufgerät bleibt in Stufe 1 hängen

Folge: Motor nimmt im **Stillstand** den Nennstrom auf; **Relais spricht nicht an**
Starke Erwärmung im Ständer (wegen fehlender Kühlung) und im Käfig (wegen Schlupf 100 %)

Abhilfe: Überwachung der Erwärmung in Ständer und Läufer unter Verwendung des TMS als Alleinschutz. In einfachen Fällen (z. B. bei kleinen, ständerkritischen Maschinen) könnte eine Überwachung von Zeit und/oder Drehzahl ausreichend sein. Aus antriebstechnischen Gründen werden Sanftanlaufgeräte jedoch meist für relativ große Antriebe benötigt, die meist läuferkritisch sind.

Zusammenfassung der zusätzlichen Anforderungen bei Sanftanlauf

Zündschutzart	e	d
Beurteilung durch den Anwender (bedingt ausreichend)	(x)	(x)
Zertifizierung falls Alleinschutz durch TMS erforderlich	B	H
Schutzeinrichtung zur Überwachung von Zeit und/oder Drehzahl	x zertifiziert durch B	x zertifiziert durch H

x erforderlich

B benannte Stelle

H Hersteller

Literaturverzeichnis zu Abschnitt 11

1 Normen, Bestimmungen, Vorschriften

- 1.1 DIN EN 60034-1 / VDE 0530 Teil 1
Drehende elektrische Maschinen; Teil 1: Bemessung und Betriebsverhalten
- 1.2 DIN EN 60947-4-1 / VDE 0660 Teil 102
Niederspannungs-Schaltgeräte Teil 4-1; Elektromechanische Schütze und Motorstarter
- 1.3 DIN 44080 (zurückgezogen)
Temperaturabhängige Widerstände; Kaltleiter; Technische Werte und Prüfbestimmungen
- 1.4 DIN 44081
Temperaturabhängige Widerstände; Kaltleiter; Thermischer Maschinenschutz
- 1.5 DIN VDE 0660-302 / VDE 0660 Teil 302
Thermischer Maschinenschutz für umlaufende elektrische Maschinen;
Temperaturfühler und Auslösegeräte
- 1.6 IEC 60034-17
Guide for the application of cage induction motors when fed from inverters
- 1.7 DIN VDE 0165 / VDE 0165 : 1991
Errichten elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen
- 1.8 DIN EN 60079-14 / VDE 0165 Teil 1
Errichten elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen;
Teil 14: Elektrische Anlagen in gasexplosionsgefährdeten Bereichen (ausg. Grubenbaue)

2 Bücher, Broschüren

- 2.1 *Greiner, H.:*
Explosionsschutz bei Getriebemotoren
Sonderdruck SD 302 der Fa. Danfoss Bauer GmbH, Esslingen
- 2.2 *Greiner, H.:*
Elektrische Antriebe mit Getriebemotoren
Publikation der Fa. Danfoss Bauer GmbH, Esslingen
- 2.3 *Greiner, H.:*
Umrichter-Motoren
Sonderdruck SD 2996 der Fa. Danfoss Bauer GmbH, Esslingen
- 2.4 *Sturm, W. u. a.:*
Schalten, Schützen, Verteilen in Niederspannungsnetzen;
SIEMENS-Handbuch; Erlangen und München: Publicis MCD Verlag, 1997
- 2.5 Anwendungshandbuch Technische Informationen der Fa. Klöckner Moeller
- 2.6 *Dreier, H.; Stadler, H.; Engel, U.; Wickboldt, H.:*
Explosionsgeschützte Maschinen der Schutzart "Erhöhte Sicherheit" (Ex)e;
Band 3 der PTB-Prüfregeln; Braunschweig: Deutscher Eichverlag, 1978
- 2.7 Technische Information Motorschutz der Fa. Kriwan, Forchtenberg
- 2.8 *Greiner, H.:*
Mechanische Bremsen an Elektromotoren
Sonderdruck SD 1098 der Fa. Danfoss Bauer GmbH, Esslingen
- 2.9 *Esser, H-W.:*
Schaltgeräte für den Schutz elektrischer Motoren
Handbuch der Fa. Klöckner-Moeller, Bonn, 1998
- 2.10 *Esser, H-W.:*
Systematik der Schutzsysteme in der Niederspannungs-Technik
Handbuch der Fa. Klöckner-Moeller, Bonn, 1998
- 2.11 *Falk, K.:*
Der Drehstrommotor – Ein Lexikon für die Praxis
VDE-Verlag Berlin; 1997

- 2.12 *Greiner, H.:*
Installation und Instandhaltung von Getriebemotoren
Sonderdruck SD 2496 der Fa. Danfoss Bauer GmbH, Esslingen
- 2.13 *Greiner, H.:*
Schutzmaßnahmen bei Drehstromantrieben
Hüthig Verlag Heidelberg, 1999
- 2.14 *Olenik, H., Greiner, H. u.a.:*
Elektroinstallation und Betriebsmittel in explosionsgefährdeten Bereichen
Hüthig & Pflaum Verlag Heidelberg, Reihe de-Fachwissen, 1999

3 Fachaufsätze

- 3.1 *Lehmann, K. H.; Steinbach, F. K.:*
Der Phasenausfallschutz, ein Randproblem des Motorschutzes. BBC-Nachrichten, Juni 1963
- 3.2 *Sperling, P. G.:*
Betrieb eines Drehstrommotors bei Ausfall einer Phase. SIEMENS-Druckschrift 43 H. 2, 1969,
- 3.3 *Lamprecht, D.:*
Phasenausfallschutz
Referat beim 21. CEAG-Sachverständigenseminar (2002), www.ceag.de
- 3.4 EG-Baumusterprüfbescheinigung für Motorschutzgeräte
PTB-Merkblatt unter www.explosionsschutz.ptb.de/pruefung

Leerseite für Notizen

12 Wahl der Zündschutzart nach dem Motor-Preis

Die Zündschutzart Überdruckkapselung "p" wird vorwiegend bei Antrieben mit sehr hoher Leistung oder mit betriebsmäßiger Funkenbildung angewandt, da hier der konstruktive Aufwand für eine druckfeste Kapselung außerordentlich groß wäre. Im Bereich kleiner und mittlerer Leistungen hat sich die Zündschutzart Erhöhte Sicherheit "e" seit Jahrzehnten gut bewährt. Für die Temperaturklasse T4 ist allerdings mit Rücksicht auf die Grenztemperaturen und die Einhaltung einer Mindest-Erwärmungszeit t_E gegenüber normalen Motoren gleicher Leistung eine Typenvergrößerung notwendig, die sich vor allem bei den höheren Leistungen preislich stark auswirkt. Da die Baugröße druckfest gekapselter Motoren bei Temperaturklasse T4 nicht von der Grenztemperatur beeinflusst wird, ist für diese Zündschutzart keine Typenvergrößerung erforderlich. Für die Temperaturklassen T5 und T6 ergibt die Zündschutzart "d" die günstigste Lösung. Tabelle 12.1 gibt eine allgemeine, auf das Fabrikat Danfoss Bauer bezogene Empfehlung für die Auswahl der Zündschutzart nach preislichen Gesichtspunkten, die von Fall zu Fall zu überprüfen ist.

Motorleistung kW	Temperaturklasse				
	T1	T2	T3	T4	T5/T6
bis 7,5	EEx e	EEx e	EEx e	EEx e	EEx d
über 7,5 bis 22	EEx e	EEx e	EEx e	EEx d	EEx d
über 22 bis 55	EEx d	EEx d	EEx d	EEx d	EEx d

Tabelle 12.1
Empfehlung für die Wahl der Zündschutzart von Drehstrom-Getriebemotoren mit Käfigläufer nach preislichen Gesichtspunkten

In Bild 12.2 sind die Preisrelationen in Kurvenform dargestellt, wobei selbstverständlich ebenfalls kein Anspruch auf allgemeine Gültigkeit erhoben werden kann.

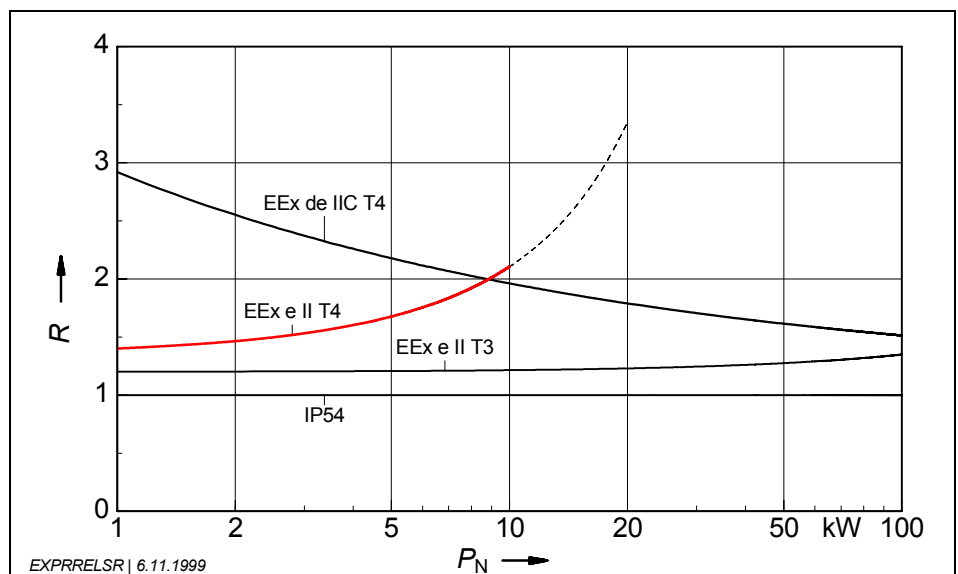


Bild 12.2
Preisrelation R bei Drehstrom-Käfigläufer-Motoren in Abhängigkeit von der Bemessungsleistung P_N für verschiedene Zündschutzarten

13 Mechanische Bremsung

Die mechanische Abbremsung von Motoren zur Verkürzung von unerwünschten Nachlaufwegen und Nachlaufzeiten hat sich in den letzten Jahren in der Antriebstechnik stark verbreitet.

Beim Einsatz von mechanischen Bremsen mit elektromagnetischer Lüftung in explosionsgefährdeten Bereichen ist zu beachten, dass die Sicherheitsanforderungen mit einer explosionsgeschützten Ausführung des **Lüftmagneten allein** – wie dies in der Praxis gelegentlich anzutreffen ist – **keinesfalls** erfüllt sind. Da an den Reibflächen unkontrollierbare Erwärmungen auftreten können, wenn zum Beispiel der Antrieb bei eingefallener Bremse längere Zeit durchreißt oder wenn es sich um schwerere Bremsbedingungen handelt, ist es erforderlich, auch am Bremssystem besondere Maßnahmen zu treffen.

Da spezielle Hinweise über die Zündschutzart von mechanischen Bremsen in den einschlägigen Vorschriften fehlten, hat die PTB schon 1968 in einem Beitrag [3.4] zu diesem Thema folgende Richtlinien veröffentlicht, die im Vergleich zu den neuen Festlegungen in den Europeanormen für mechanische Geräte nachfolgend auszugsweise und sinngemäß wiederholt werden, wobei alten durch die heute üblichen Bezeichnungen für Zonen und Gaskennzeichnungen ergänzt wurden.

- In Bereichen der Zone A (Zone 0) dürfen Reibungsbremsen nicht verwendet werden (vgl. auch Abschnitt 10.1).
- In Bereichen der Zone B (Zone 1), die unter üblichen Betriebsbedingungen zuweilen durch Gase oder Dämpfe der Explosionsklasse 1 und 2 (Explosionsgruppe IIA und IIB) sowie der Zündgruppen G1 bis G3 (Temperaturklassen T1 bis T3) explosionsgefährdet sind, dürfen nur **Bremsen in Zündschutzart Druckfeste Kapselung "d"** oder Überdruckkapselung "p" bzw. Fremdbelüftung "f" verwendet werden. Eine Abnahme für höhere Explosionsklassen (Explosionsgruppen) und Zündgruppen (Temperaturklassen) ist möglich.
- In Bereichen der Zone C (Zone 2), die unter üblichen Betriebsbedingungen selten, d. h. nur in Ausnahmefällen durch Gase und Dämpfe der Explosionsklassen 1 und 2 (Explosionsgruppen IIA und IIB) sowie der Zündgruppen G1 bis G3 (Temperaturklassen T1 bis T3) explosionsgefährdet sind, dürfen entweder offene Bremsen oder druckfest gekapselte Bremsen verwendet werden.

Bei CEN wurde als Teil einer Normenreihe EN 13463-5 für die Zündschutzart "c" für nicht-elektrische Betriebsmittel "Schutz durch sichere Bauweise" erarbeitet. Neben anderen mechanischen Komponenten (Lager, Kupplungen, Getriebe, Riemen, Federn) werden in diesem Entwurf auch mechanische Reibungsbremsen für die Kategorien 2G und 2D in der Gruppe II behandelt. Folgende Anforderungen sind vorgesehen:

"Not- Bremsen

Bremsen, die nur für einen Not-Halt des Gerätes ausgelegt sind, müssen so konstruiert sein, dass auch bei maximaler Energieabgabe kein der explosionsgefährdeten Atmosphäre ausgesetztes Teil die maximale Oberflächentemperatur übersteigt oder zündfähige mechanische Funken erzeugt werden.

ANMERKUNG Bei einer geringen Wahrscheinlichkeit des Ansprechens einer Not-Halt-Vorrichtung kann die Zündgefahrenbewertung nach 4.1 der Norm zu dem Ergebnis führen, dass keine weiteren Schutzmaßnahmen für Geräte dieser Kategorie notwendig sind.

Betriebsbremsen (einschließlich Reibungsbremsen und Retarder auf Flüssigkeitsbasis)

Betriebsbremsen müssen so konstruiert sein, dass auch bei maximaler Energieabgabe kein der explosionsgefährdeten Atmosphäre ausgesetztes Teil die maximale Oberflächentemperatur übersteigt oder zündfähige mechanische Funken erzeugt werden.

ANMERKUNG Es wird meistens nachdrücklich empfohlen, **andere Schutzmaßnahmen** zu ergreifen, um das Entstehen von Zündquellen zu verhindern.

Feststellbremsen

Feststellbremsen müssen mit einer Sperre versehen sein, die die Aktivierung des Antriebs verhindert, wenn die Bremse nicht vollständig gelöst ist. Alternativ muss eine Kontrolleinrichtung angebracht werden."

Die Anforderungen sind also gegenüber den von der PTB im Jahr 1968 festgelegten Auswahlkriterien vereinfacht, da jetzt die druckfeste Kapselung nicht mehr ausdrücklich als alleinige Lösung vorgeschrieben wird.

Praktische Erfahrungen lehren allerdings, dass gerade beim Betrieb von mechanischen Bremsen oft **unkontrollierte Erwärmungen** an den rotierenden Reibflächen auftreten können, die nicht allein durch Vorgabe eines theoretischen Grenzwertes, sondern möglichst auch durch **Temperaturüberwachung** an stationären Bauteilen zu erfassen sind.

Wo diese Temperaturüberwachung nicht sicher realisiert werden kann, stellt die "druckfeste Kapselung", die jetzt in der Normung bei mechanischen Bremsen als obligatorische Zündschutzart verlassen wurde, ein sicheres Schutzkonzept dar.

13.1
Ausführungsbeispiel einer
druckfest gekapselten
Anbaubremse

Reibscheibe, Magnetspule und Einbaudioden sind von einem Gehäuse umschlossen, das der Zündschutzart EEx d IIC T5 entspricht. Die Verbindung zum Anschlussraum in Zündschutzart EEx e wird mit zünddurchschlagsicheren Mehrfachdurchführungen hergestellt. Bei Verwendung der Einbaudioden können Netzspannungen bis 400 V direkt angeschlossen werden. Wahlweise kann – bei Verzicht auf die Einbaudioden – ein getrennter Trafo-Gleichrichter für Spannungen bis 690 V zur Stromversorgung verwendet werden. Zum Schutz gegen thermische Überlastung (z. B. durch zu hohe Schalzhäufigkeit oder Anlauf gegen geschlossene Bremse) sind in die Reibscheibe (3) Thermistoren (34) eingebaut.

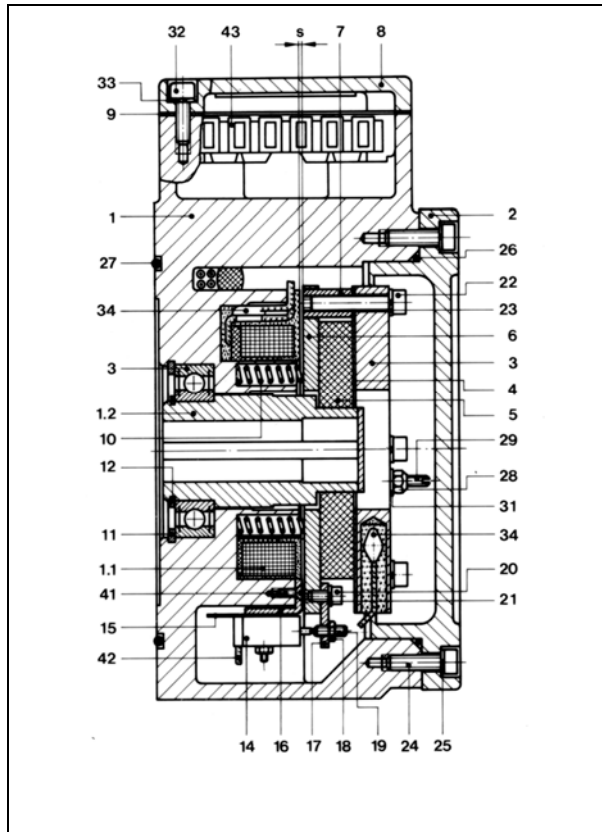


Bild 13.1
 Schnittbild einer
 Einscheiben-
 Federdruckbremse
 der Typenreihe EX 76 ...
 in Zündschutzart
 EEx de IIC T5,
 Anbauform

Konstruktion: BINDER

13.2
Ausführungsbeispiel einer
druckfest gekapselten
Einbaubremse

Bei diesem Konstruktionsprinzip wird die Bremse in den druckfesten Motor-Innenraum eingebaut.

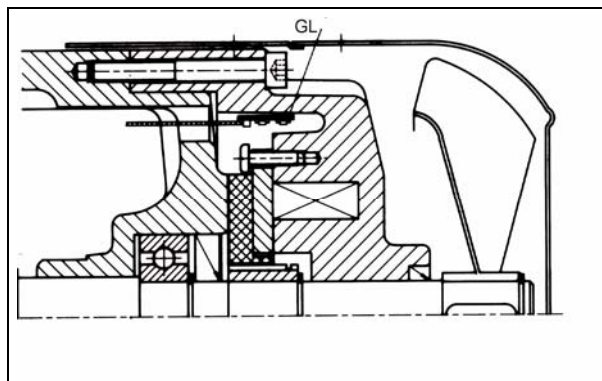


Bild 13.2
 Schnittbild einer
 Einscheiben-
 Federdruck-bremse in
 Zündschutzart EEx d IIB
 T4,
 Einbauform
 mt eingebautem
 Gleichrichter GL

Konstruktion: F&G

14 Explosionsschutz bei nichtelektrischen Geräten

Es kann davon ausgegangen werden, dass bei der Explosionsstatistik in gas-explosionsgefährdeten Bereichen die **mechanisch bedingten Zündanlässe** gegenüber den elektrischen Ursachen **weitaus überwiegen** (vgl. Bild 18.6). Es ist daher naheliegend, dass man sich bei CEN (Europäisches Komitee für Normung) intensiv mit dem Explosionsschutz von nichtelektrischen Geräten befasst, um die allgemeinen Anforderungen in ATEX 95 (100a) in Normen zu präzisieren.

14.1 Normen für die Zündschutzarten nichtelektrischer Geräte

Die derzeit im teilweise noch Entwurfstadium befindliche Normenreihe **EN 13463 "Nichtelektrische Geräte zum Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen"** sieht folgende Zündschutzarten vor:

- | Teil | Untertitel |
|------|---|
| - 1 | Grundlagen und Anforderungen |
| - 2 | Schwadenhemmende Kapselung "fr" |
| - 3 | Druckfeste Kapselung "d" |
| - 4 | Eigensicherheit "i" (ist entfallen) |
| - 5 | Konstruktive Sicherheit (sichere Bauweise)"c" |
| - 6 | Zündquellenüberwachung "b" |
| - 7 | Überdruckkapselung "p" |
| - 8 | Flüssigkeitskapselung "k" |

Mit Bild 14.1 wird versucht, das jeweilige Prinzip der sieben Zündschutzarten deutlich zu machen.

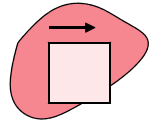
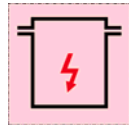
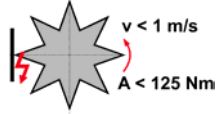
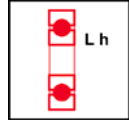
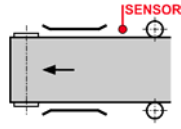
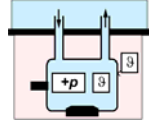
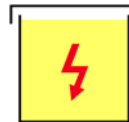
- 2	fr	Schwadenhemmende Kapselung	
- 3	d	Druckfeste Kapselung	
- 4	i	Eigensicherheit Dieser Teil der Normenreihe ist entfallen	
- 5	c	Konstruktive Sicherheit	
- 6	b	Zündquellenüberwachung	
- 7	p	Überdruckkapselung	
- 8	k	Flüssigkeitskapselung	

Bild 14.1 Prinzip der Zündschutzarten bei nichtelektrischen Geräten; Normenreihe EN 13463 (z. Zt. teilweise noch Entwurf)

14.2 Zündschutzart "c" Konstruktive Sicherheit (sichere Bauweise)

Die WG 2 des CEN TC 305 hat nach mehrjähriger Bearbeitungszeit den Schluss-Entwurf zu EN 13463-5 : Mai 2003
"Nicht elektrische Geräte für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen – Schutz durch sichere Bauweise "c", fertiggestellt. Diese Norm betrifft auch Antriebs und Übertragungsmittel; also zum Beispiel das Getriebeteil eines Getriebemotors. Die mechanischen Bauteile des Elektromotors sind durch diese Norm nicht betroffen; der Motor ist nach wie vor ein "elektrisches Betriebsmittel".

Es folgt das Zitat eines kompetenten deutschen Mitarbeiters in dieser Arbeitsgruppe [3.43]:

"Die Zündschutzart 'Konstruktive Sicherheit' wird für nichtelektrische Geräte, Maschinen, Einrichtungen und Betriebsmittel mit Sicherheit die größte Bedeutung erlangen. Das Grundkonzept der Zündschutzart besteht in dem Vermeiden von Zündquellen durch Anwendung anerkannter ingenieurtechnischer Prinzipien und Auswahl geeigneter Materialien bei Entwurf, Konstruktion und Bau von Geräten. Teile von Maschinen und Geräten, die ohne besondere konstruktive Maßnahmen unzulässig hohe Temperaturen annehmen können oder Reib- und Schlagfunken erzeugen können, sind so auszuführen, anzuordnen und zu dimensionieren, dass sie auch im Falle anzunehmender Gerätestörungen keine wirksamen Zündquellen darstellen. In ihren Grundgedanken entspricht diese Zündschutzart der 'Erhöhten Sicherheit (Ex e)', EN 50019 im elektrischen Explosionsschutz.

Intention der beteiligten Experten war es, in der Praxis bewährte Konstruktionen in diesem Normentwurf zu beschreiben, ohne den technischen Fortschritt durch detaillierte Festlegungen zu behindern.

Die Zündschutzart 'Konstruktive Sicherheit' ist bei Geräten der Kategorien M2, 2 und 1 anwendbar."

Die Norm enthält Festlegungen für bewegliche Teile, Lager, Übertragungsmittel (Getriebe, Riementriebe, Kettentriebe, hydrostatische und pneumatische Einrichtungen), schaltbare und nichtschaltbare Kupplungen, Bremsen, Federn und Fördergurte.

Die Hersteller von Getriebemotoren haben überwiegend und übereinstimmend bei der Bewertung der von einem Getriebe ausgehenden Zündgefahren von dieser Zündschutzart Gebrauch gemacht, die in der Norm wie folgt definiert ist:

"Eine Zündschutzart, bei der konstruktive Maßnahmen angewendet werden, um gegen die Möglichkeit einer von bewegten Teilen erzeugten Zündung durch heiße Oberflächen, Funken und adiabatische Kompression zu schützen."

Zusätzlich werden die Zündschutzarten "k" und im Einzelfall auch "b" angewandt.

14.3 Zündschutzart "k" Flüssigkeitskapselung

Aus der Definition wird deutlich, dass es bei diesem Schutzprinzip nicht notwendig ist, dass die bewegten Teile vollständig im Öl untertauchen:

"Eine Zündschutzart, bei der mögliche Zündquellen unwirksam gemacht werden oder von der entzündbaren Atmosphäre getrennt werden, indem sie entweder

vollkommen in eine Schutzflüssigkeit eintauchen oder indem sie teilweise eintauchen und ihre wirksamen Oberflächen dauernd benetzt werden, so dass eine explosionsfähige Atmosphäre über der Flüssigkeit oder außerhalb dem Gehäuse des Gerätes nicht entzündet werden kann."

In der Einführung zur Norm sind als Beispiel d) ausdrücklich genannt:
Ölgefüllte Getriebegehäuse.

**14.4 Konformitätsbewertung
beim mechanischen
Explosionsschutz**

Die von einem nichtelektrischen Gerät ausgehenden Zündgefahren sind zu bewerten und zu dokumentieren [3.47]. Je nach Kategorie (Zone) wird dabei der Hersteller und/oder eine benannte Stelle tätig – siehe Kasten:

Kat.	Zone		erstellt durch	hinterlegt bei	Nachweis
	Gas	Staub			
1	0	20	benannte Stelle	benannte Stelle	EG-Baumusterprüfbescheinigung einer benannten Stelle
2	1	21	Hersteller	benannte Stelle	Konformitätserklärung des Herstellers
3	2	22	Hersteller	Hersteller	Konformitätserklärung des Herstellers

14.5 Kennzeichnung

Für die Kennzeichnung von explosionsgeschützten mechanischen Geräten gelten Regeln, die am Beispiel des Getriebes an einem Getriebemotor erläutert werden:


BAUER geared motors	
Danfoss Bauer GmbH D-73734 Esslingen	
GETRIEBE / REDUCER / REDUCTEUR	
CE	
No	A /
Type	
⊕ II 2 G c k II T / ⊕ II 2 D c k T<160 °C / EN 13463-1/ -5/ -8	
Reduction i	
max. n ₁	/min
max. M ₂	Nm
max. P	kW
BF/SF f _B	

Bild 14.5
Beispiel für die Kennzeichnung eines Getriebes mit mechanischem Explosionsschutz
Bedeutung der Elemente:


	Kennzeichen zur Verhütung von Explosionen
II	Einsatz über Tage
2	Kategorie 2 (Zone 1 oder 21)
G	Bereiche mit Gas
c	Zündschutzart "konstruktive Sicherheit c"
k	Zündschutzart "Flüssigkeitskapselung k"
II	Explosionsgruppe
T..	Temperaturklasse T3 oder T4 je nach Einzelfall
D	Bereiche mit brennbarem Staub
T<160 °C	maximale Oberflächentemperatur
EN	bei der Bewertung der Zündgefahren berücksichtigte Normen

14.6 Bedeutung der Betriebsanleitung

In der ATEX kommt der **Betriebsanleitung** ein hoher Stellenwert zu. Dies gilt für nichtelektrische Geräte in ganz besonderem Maße, weil die Fachkräfte vor Ort – besonders in kleinen und mittleren Betreibern – auf dem Gebiet der explosionsgeschützten nichtelektrischen Geräte noch einen hohen Informationsbedarf haben und weil im speziellen Fall der Getriebemotoren konstruktiv bedingt recht unterschiedliche Schwerpunkte bei der wiederkehrenden Prüfung im Zuge der Instandhaltung zu beachten sind. Die "Sicherheitshinweise BA 170 .." von Danfoss Bauer geben in kompakter Form (16 Seiten A5) alle für den **Errichter und Instandhalter** notwendigen Informationen; diese können auch dem **Planer** nützlich sein.



Danfoss Bauer GmbH D-73726 Esslingen

 **Sicherheitshinweise
für den Betrieb von explosionsgeschützten Getriebemotoren**

Betriebsanleitung Nr. 170 02

Diese Sicherheitshinweise ergänzen die Betriebsanleitung BA 168.. und das Merkblatt 122..

ALLGEMEINES

- 1 Anforderungen an das Personal
- 2 Bestimmungsgemäße Verwendung
- 3 Errichtung, Betrieb und Instandhaltung

MOTOR

- 4 Elektrischer Anschluss
- 5 Elektrischer Überlastungsschutz
 - 5.1 Schutzeinrichtung MR
 - 5.2 Schutzeinrichtung TMS als Alleinschutz
 - 5.2.1 Kennzeichnung des TMS und seiner Schutzeinrichtung
 - 5.2.2 Grenzen der Schutzeinrichtung TMS
- 6 Betrieb am Frequenzumrichter
- 7 Inbetriebnahme
- 8 Wartung

GETRIEBE

- 9 Belastbarkeit des Getriebes und Betriebsfaktor
 - 9.1 Danfoss Bauer-Betriebsfaktoren für Zahnrad-Getriebe der Reihen BG, BF und BK
 - 9.2 Danfoss-Bauer-Betriebsfaktoren für Schnecken-Getriebe der Reihe BS
- 10 Aufstellung
- 11 Drehmomentstütze
- 12 Schrumpfscheibenverbindung SSV
- 13 Schutz vor extremen Drehmomentstößen (z. B. Blockierung)
- 14 Wiederkehrende Prüfungen und ständige Überwachung
- 15 Überprüfung von Wälzlagern und Getrieberädern
- 16 Mechanisch betätigte Schaltkupplung bei Getrieben BM
- 17 Lauftrad bei Elektrohängebahnen mit Getriebe BM
- 18 Kupplungsanbau
- 19 Federdruckbremsen
- 20 Instandsetzung

15 Umrichter gespeiste Drehstromantriebe

Wie in vielen anderen Bereichen wird auch in der chemischen Verfahrenstechnik zunehmend die Forderung nach stufenloser **Verstellung der Drehzahl** gestellt. Wegen des Explosionsschutzes kommt hier der Wahl des Antriebssystems eine besondere Bedeutung zu.

15.1 Grundsätzliche Gesichtspunkte zur Wahl der Drehzahl-Verstellung

- Anpassung der Verarbeitung an wechselnde Produkte
- Verbesserung des Verfahrens
- Einsparung von Energie
- Betriebssicherheit
- Umweltschutz
- Wartungsarmut
- Explosionsschutz

Etwa seit 1970 werden mit steigender Tendenz Drehstrom-Motoren mit variabler, über statische Umrichter verstellter Drehzahl – also "Umrichter-Motoren" – für diesen Zweck eingesetzt.

Diese Antriebslösung ist in einem getrennten Sonderdruck [3.11] ausführlich beschrieben – nachfolgend werden nur die besonderen Gesichtspunkte des Explosionsschutzes behandelt.

Jede Art der stufenlosen Drehzahlverstellung ist mit erhöhtem Aufwand an Technik und Kosten verbunden. Meist ist die "vor Ort" installierte Komponente des Antriebssystems modifiziert und dadurch mit "Schwachstellen" versehen (siehe. Bild 15.1.1).

Anders beim Umrichter-Motor:

Abgesehen von geringen Abweichungen in der Wicklungsauslegung entsprechen frequenzgesteuerte Drehstrommotoren vollauf den listenmäßigen Motoren. Bei vollkommenem Schutz gegen Staub sowie Strahlwasser (Schutzart IP65) erlauben sie ohne weiteres eine Aufstellung "in vorderster Front", also auch unter den schwierigsten Umweltbedingungen.

Die für eine stufenlose Drehzahl-Verstellung nun einmal erforderlichen komplizierten und empfindlichen Bauelemente sind ganz in den Frequenz-Umrichter verlegt und können unabhängig vom Aufstellungsort des Antriebs in einem ungefährdeten, leicht zugänglichen und zu beaufsichtigenden Maschinenraum oder im Schaltschrank installiert werden. Ein "Zwischennetz" verbindet Speisequelle und Motor.

Nur wenige Lösungen für eine stufenlose Drehzahlverstellung bieten so wie der frequenzgesteuerte Drehstrom-Asynchron-Motor diese räumliche Trennung der komplizierten Verstellelemente von den einfachen Antriebs-elementen.

Diese Antriebsart bietet sich deshalb für besonders schwierige oder unzugängliche Einsatzpunkte an.

Es ist bezeichnend, dass bei der Einführung dieser neuen Technik in den 70er Jahren vor allem zwei Gruppen von Betreibern wichtige Schrittmacher waren: **Walzwerke** und **chemische Industrie**.

In explosionsgefährdeten Bereichen der Chemiewerke konnten die in Konstruktion und Wartung aufwendigen druckfest gekapselten Gleichstrom-Motoren weitgehend abgelöst werden.

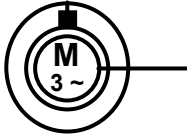
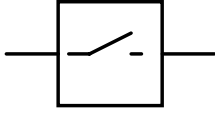
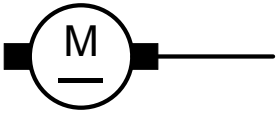
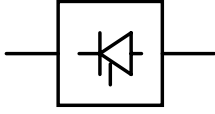
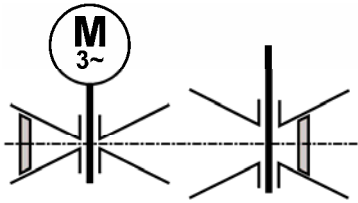
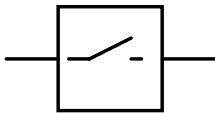
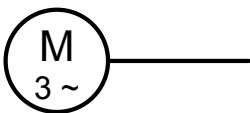

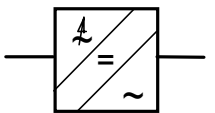
Explosionsgefährdeter Bereich			Un-gefährdeter Bereich
Antriebsart	Symbol	besondere Merkmale	Elektrische Betriebsmittel
DNM		Schleifringe Kommutator Bürsten	
GM		Kommutator Bürsten	
VGM		Riemen Schlupf Elektrostatik Verschleiß	
UM		variable Frequenz 	

Bild 15.1.1

Vergleich von Antriebsarten mit variabler Drehzahl

- DNM - Drehstrom-Nebenschluss-Motor
- GM - Gleichstrom-Motor
- VGM - Verstell-Getriebe-Motor mit Breitkeilriemen-Getriebe
- UM - Umrichter-Motor

In einer Statistik über den Anteil der einzelnen Zündquellenarten an ausgewerteten Staubexplosionen [BIA, Stand 12/89] sind "mechanische Erwärmung" und "elektrostatische Entladung" mit jeweils fast 10 % beteiligt. Dies zeigt, dass die durch die Zündschutzart "c" beschriebenen mechanisch verstellbaren Antriebe (zum Beispiel "VGM" in Bild 15.1.1) durchaus in die Sicherheitsbetrachtung einbezogen werden müssen.

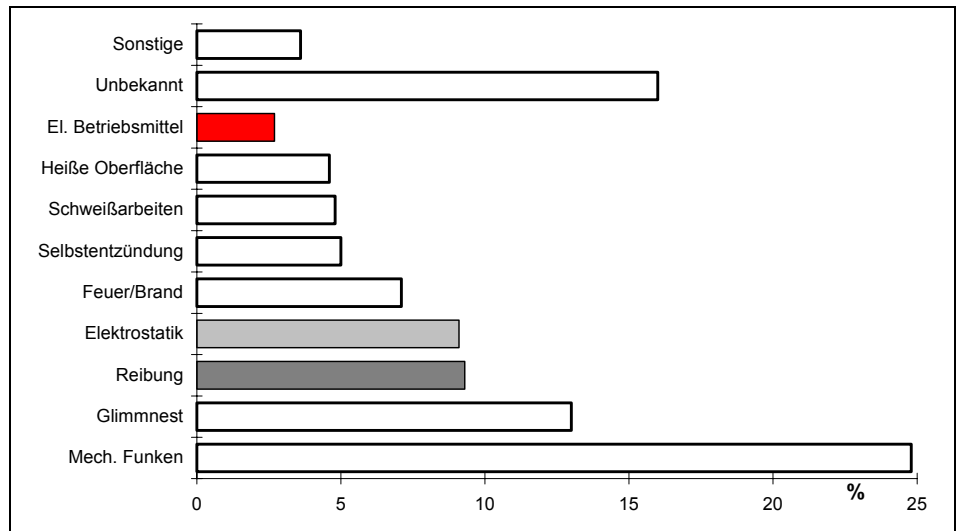


Bild 15.1.2
Anteil einzelner Zündquellenarten an den ausgewerteten Staubexplosionen nach Unterlagen des BIA, Stand 12/89

15.2 Energie-Einsparung in der Verfahrenstechnik

Das entscheidende Potential für eine Energie-Einsparung liegt häufig in der Drehzahlverstellung als solcher. Hierzu als Beispiel die Regelung der Fördermenge einer Pumpe nach Bild 15.2.1:

Lösung "BY" Antrieb mit fester Drehzahl, Regelung über

Bypass

Lösung "P" Antrieb mit verstellbarer Drehzahl, Regelung über

Pumpe

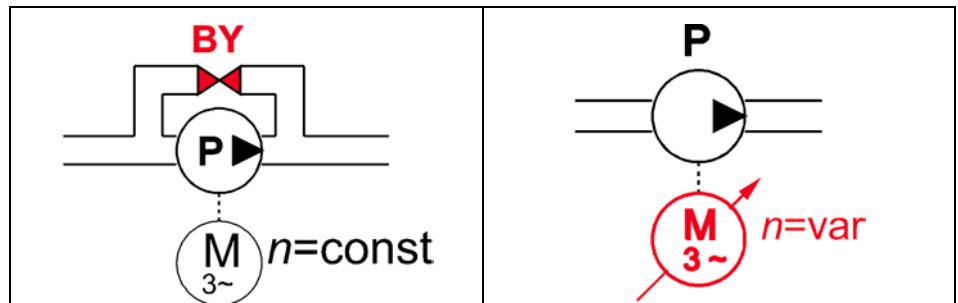


Bild 15.2.1
Regelung der Fördermenge einer Pumpe

Der Wirkungsgrad-Vergleich nach Bild 15.2.2 zeigt Vorteile für die Lösung mit verstellbarer Drehzahl "M" im Verhältnis 1 : 2.

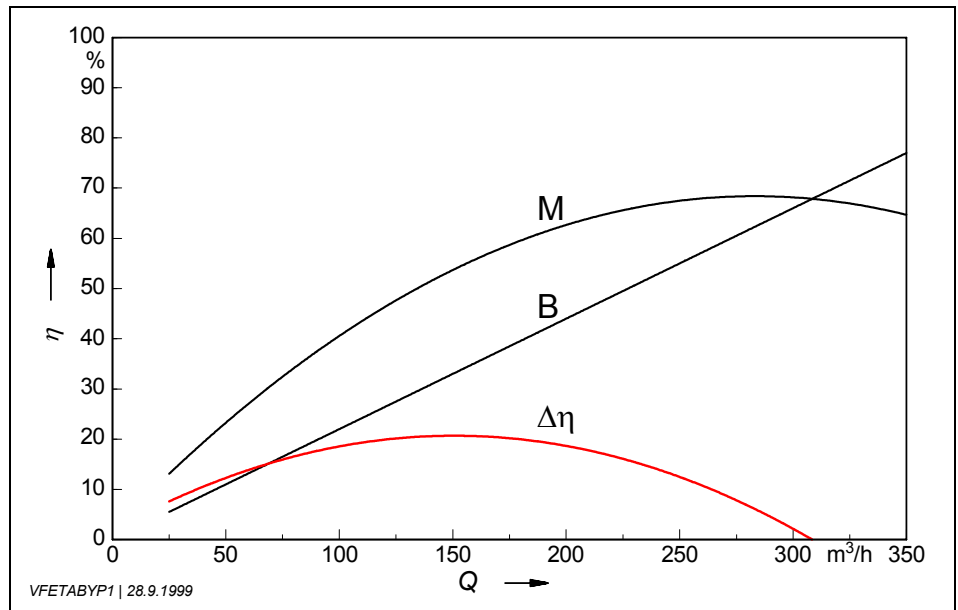
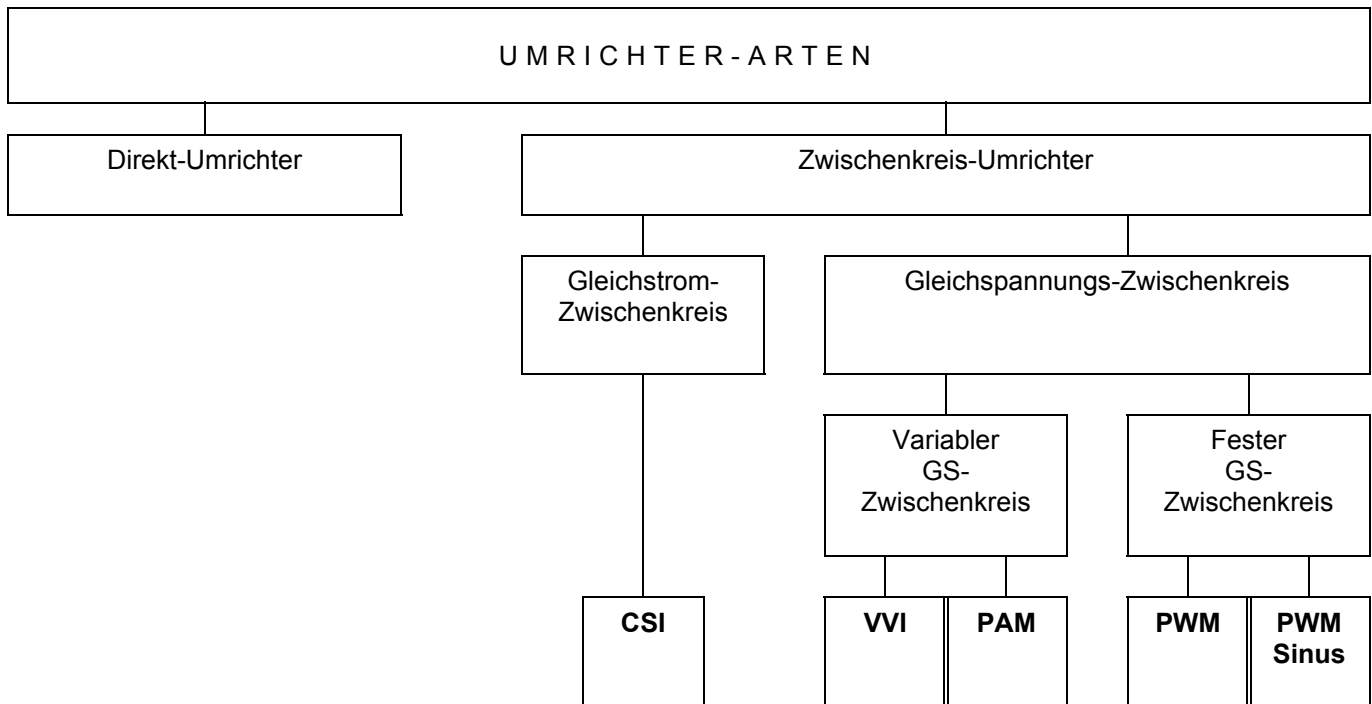


Bild 15.2.2
Wirkungsgrad-Vergleich η bei Regelung der Fördermenge Q über Motordrehzahl M oder Bypass B nach [3.31]

15.3 Umrichterarten

Es gab und gibt zahlreiche verschiedene Arten von Umrichtern; eine grundsätzliche Einteilung ist aus dem nachfolgenden Schema ersichtlich, und drei übliche Varianten sind in Bild 15.3 charakterisiert:



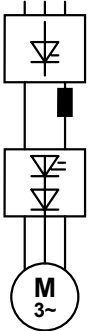
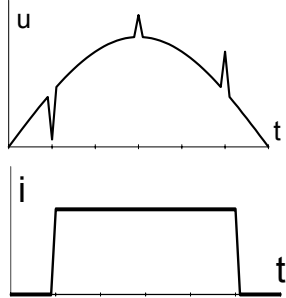
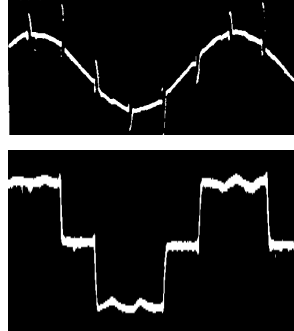
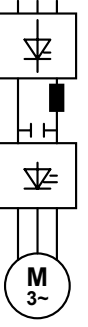
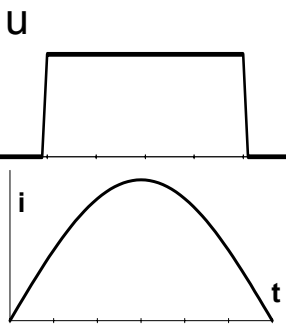
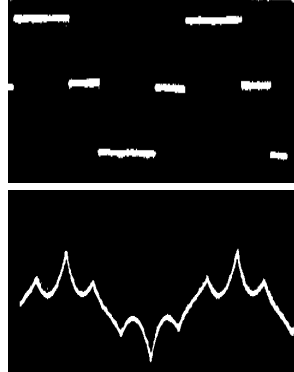
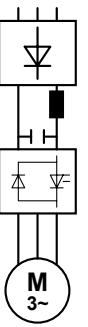
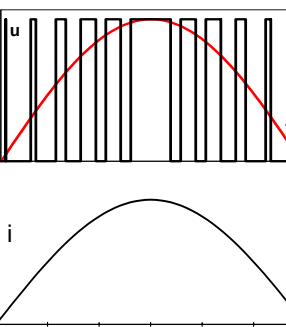
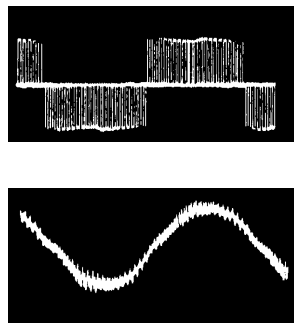

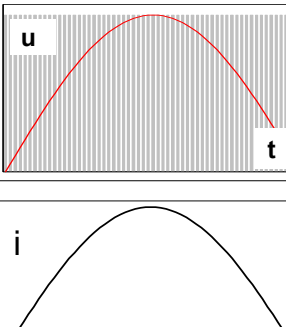
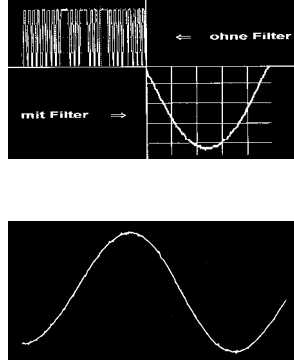
Typ	Prinzip Schaltung	Ausgangsform Spannung Strom	Typisches Oszillogramm
CSI (I)			
VVI			
PWM-Sinus $\approx 2\text{kHz}$			
PWM-Sinus $\approx 20\text{kHz}$			

Bild 15.3 Spannung und Strom am Umrichter-Ausgang

- CSI** - Gleichstrom-Zwischenkreis (I-Umrichter)
VVI - Variabler Gleichspannungs-Zwischenkreis (Block-Umrichter)
PWM-Sinus - Fester Gleichspannungs-Zwischenkreis mit Puls-Weiten-Modulation
2 kHz Sinusbewertetes Pulsmuster pro Periode Puls-Frequenz ca. 2 kHz
PWM-Sinus - Fester Gleichspannungs-Zwischenkreis mit Puls-Weiten-Modulation
20 kHz Sinusbewertetes Pulsmuster pro Periode Puls-Frequenz ca. 20 kHz

15.4 Ausnutzung des Motors

Bei eigenbelüfteten Motoren muss bei Frequenzen unter etwa 30 Hz das Drehmoment wegen der **verminderten Kühlwirkung** des Lüfters, z. B. nach Kurve "V" im Diagramm 15.4, reduziert werden.

Die früher übliche Drehmoment-Reduzierung wegen des Oberschwingungsgehaltes, der je nach Umrichterart sehr unterschiedlich sein kann, ist bei dem heute üblichen **PWM-Verfahren** mit hoher Pulsfrequenz und Sinusbewertung nicht mehr erforderlich.

Entscheidend für das tatsächlich im ganzen Verstellbereich verfügbare "konstante Drehmoment" ist jedoch der verlangte Stellbereich: Die Linien "5" und "20" zeigen, dass beim Verstellbereich 1: 5 noch fast 90 %, bei 1: 20 jedoch nur noch ca. 65 % des ursprünglichen Nennmoments verfügbar sind, wenn – wie häufig üblich – 87 Hz als obere Grenze der Frequenz festgelegt werden.

Bei der Festlegung des Verstellbereichs sollten daher keine unnötig hohen Forderungen gestellt werden.

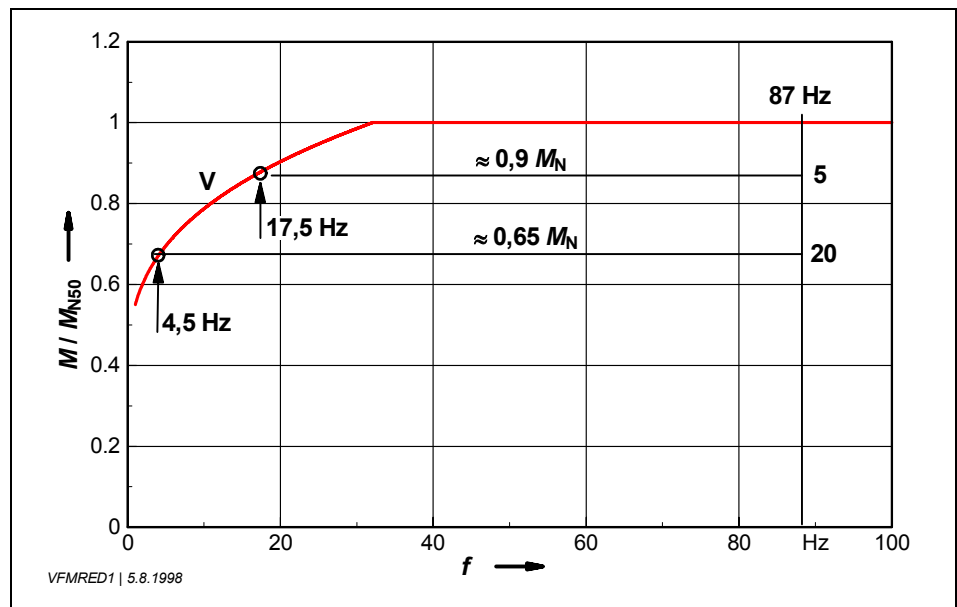


Bild 15.4

Erforderliche Drehmomentreduzierung bei Umrichter-Betrieb

V - wegen verminderter Kühlwirkung des Eigenlüfters

5 - wegen der Forderung "konstantes Drehmoment" im Bereich 1 : 5

20 - wegen der Forderung "konstantes Drehmoment" im Bereich 1 : 20

15.5 Festlegungen in den Normen

In der früher gültigen **DIN VDE 0165** befasste sich der Abschnitt 6.1.4.4 in nicht sofort verständlicher Formulierung mit dem Umrichterbetrieb:

"Elektrische Maschinen der Zündschutzart Erhöhte Sicherheit "e" dürfen mit variablen Drehzahlen an einem Umrichter betrieben werden, wenn dies in der Baumusterprüfbescheinigung festgelegt ist. Motor, Umrichter und Überwachungseinrichtung sind gemeinsam geprüft und als zusammengehörig gekennzeichnet, und die zulässigen Betriebsdaten sind in der gemeinsamen Prüfbescheinigung festgelegt.

Elektrische Maschinen der Zündschutzart Druckfeste Kapselung "d" dürfen mit variabler Drehzahl an einem Umrichter betrieben werden, wenn dies in der Baumusterprüfbescheinigung festgelegt ist.

Für elektrische Maschinen, die in einer pauschalen Baumusterprüfbescheinigung behandelt sind, legt der Hersteller die bei Umrichterspeisung zulässigen Betriebsdaten nach entsprechender Prüfung gemäß Vereinbarung mit der Prüfstelle, die die Baumusterprüfbescheinigung ausgestellt hat, fest."

In den seit 1998 gültigen europäischen Errichtungsbestimmungen **DIN EN 60079-14** wird zu diesem Thema in Abschnitt 10.4 festgelegt:

"Motoren, die mit veränderlicher Frequenz und Spannung gespeist werden, erfordern:

a) entweder Mittel (oder Ausrüstung) für die direkte Temperaturüberwachung durch eingebettete Temperaturfühler, welche in der Motor-Dokumentation beschrieben sind, oder andere wirksame Methoden zur Begrenzung der Motorgehäuse-Oberflächentemperatur. Durch die Schutzeinrichtung muss der Motor abgeschaltet werden. Die Kombination von Motor und Umrichter braucht nicht zusammen geprüft zu werden, oder

b) der Motor muss für diese Betriebsart mit der vorgesehenen Schutzeinrichtung und in Verbindung mit dem Umrichter, der in den nach IEC 60079-0 geforderten Beschreibungen festgelegt ist, als Ganzes einer Baumusterprüfung unterzogen worden sein.

Anmerkung 1: In einigen Fällen entsteht die höchste Oberflächentemperatur an der Motorwelle.

Anmerkung 2: Bei Motoren mit Anschlusskästen in der Zündschutzart "e" ist bei Anwendung von Umrichtern mit Hochfrequenzimpulsen sorgfältig darauf zu achten, dass Überspannungsspitzen und Übertemperaturen in den Anschlussgehäusen in Betracht gezogen werden."

Zusätzliche Anforderungen bei Motoren der **Zündschutzart "e"**

(Abschn. 11.2.4):

"Motoren, die von einem Umrichter mit veränderlicher Frequenz und Spannung gespeist werden, müssen für diese Betriebsart in Verbindung mit dem Umrichter, der in den nach IEC 60079-0 geforderten Unterlagen technisch beschrieben ist, und zusammen mit der vorgesehenen Schutzeinrichtung als Ganzes einer Typprüfung unterzogen worden sein."

In der Europeanorm **EN 50019** für die Zündschutzart "e" heißt es in 5.1.4.5 :

"Motoren zur Speisung durch Umrichter mit veränderlicher Frequenz und Spannung müssen für diesen Betrieb als Einheit mit dem ... festgelegten Umrichter und mit der vorgesehenen Schutzeinrichtung geprüft und bescheinigt werden."

In verkürzter Form folgt aus diesen nicht ganz leicht zu interpretierenden Festlegungen :

- Motoren der Zündschutzart "e" müssen zusammen mit dem zugehörigen Umrichter amtlich geprüft und bescheinigt werden. Die Umrichtersteuerung übernimmt Begrenzungsfunktionen, deren Einzelheiten im Prüfungsschein festzulegen sind, ausgenommen bei Überwachung der Motoren durch selbstüberwachte oder redundante "UMS".**
- UMS : Umrichter-Schutzeinrichtungen, z. B.**
 - frequenzabhängige Stromüberwachung
 - Zeitbegrenzung unterhalb Minimalfrequenz
 - kein Betrieb oberhalb Maximalfrequenz
 - Überwachung.
- Motoren der Zündschutzart "d" dürfen ohne zusätzliche amtliche Prüfung und Bescheinigung am Umrichter betrieben werden, sofern der Motorhersteller die Eignung in einer Werksprüfung festgestellt hat und sofern der Motor in einer pauschalen Konformitätsbescheinigung für die Temperaturklassen T1 bis derzeit T4 mit thermischem Motorschutz (TMS) als Alleinschutz durch den Motorhersteller entsprechend geprüft ist.**

15.6 Umrichterspeisung bei Zündschutzart "d"

Im Abschnitt 6 ist erläutert, dass die Zündschutzart "d" für die Temperaturklassen T1 bis T4 im Wesentlichen von der druckfesten Kapselung abhängt. Da bei Frequenzen unter 50 Hz die frequenzbedingte Änderung der elektrischen Werte im Sinne des Explosionsschutzes vernachlässigt werden kann, sofern die drehzahlbedingte Verminderung der Kühlung durch Thermistoren erfasst wird, ist unter diesen Voraussetzungen eine pauschale Zulassung für den Umrichterbetrieb möglich.

Die Zündschutzart "d" bietet also den Vorteil, dass der Umrichter – in gewissen Grenzen – frei gewählt werden kann und dass keine spezielle Abnahmeprüfung erforderlich ist.

Die im Abschnitt 6.5 beschriebene pauschale Konformitätsbescheinigung schließt den Umrichterbetrieb bei Frequenzen auch oberhalb der Nennfrequenz automatisch ein, sofern im Herstellerwerk eine entsprechende Typprüfung erfolgreich bestanden und protokolliert ist. Neben der thermischen Überwachung des Motors durch TMS als Alleinschutz genügt eine Begrenzung des Umrichter-Ausgangsstromes auf maximal 2fachen Bemessungsstrom und eine Frequenz-Begrenzung. Falls eine Einzelprüfung der PTB (z. B. für Festnetz 50 Hz) vorliegt, gilt als obere Grenzfrequenz 110 % bei Umrichterbetrieb.

Künftige Festlegungen bei CENELEC werden möglicherweise generell eine Begrenzung der von PWM-Umrichtern erzeugten Spannungsspitzen und bei T4 zusätzliche Maßnahmen zur Temperaturbegrenzung an mechanischen Bauteilen (z. B. bei hohen Drehzahlen an den Lagern oder Dichtungen) vorschreiben. Es empfiehlt sich, den aktuellen Stand der Normen und Bestimmungen zu erfragen. Die grundsätzliche Abhandlung [3.48] zeigt die komplexen Probleme auf.

Bedingungen für Umrichter-Motoren der Zündschutzart "d" mit Anschlusskasten "e" :

- Temperaturklassen T1 ... T4
- Pauschale Konformitätsbescheinigung für "druckfeste Kapselung"
- Typgeprüfte direkte Temperaturüberwachung (TMS) als Alleinschutz Kaltleiter nach DIN 44081
Auslösegerät mit EG-Baumusterprüfbescheinigung der Funktion
Zusatzschild für Zusammengehörigkeit von Motor und Schutz
Maximale Auslösezeit t_A bei Anzugsstrom I_A und Speisung aus Drehstromnetz (PTB-Prüfregeln 6.3.3 und Referat *F. Lienesch* beim CEAG-Sachverständigenseminar 2002)
- Prüfung in Eigenverantwortung des Herstellers (mit internem Protokoll der Betriebsdaten am Umrichter)
- Festlegung von Bauart und Fabrikat des Umrichters nur soweit diese das Motor-Betriebsverhalten ex-relevant beeinflussen können
- Begrenzung der vom Umrichter erzeugten Spitzenspannung auf Spitzenwert $< 1,6 \cdot$ Nennisolationsspannung ($1,6 \approx \sqrt{2} \cdot 1,05 \cdot 1,1$), bezogen auf die Luft- und Kriechstrecken im Klemmenkasten "e"
- Interpolation der Tabellenwerte nach EN 50019 zulässig
Unterscheidung der Strecken zulässig (Leiter → Leiter oder Leiter → Erde)
- Freie Auswahl des Umrichters unter Beachtung des für den Motor zulässigen Crestfaktors (Scheitelwert / Effektivwert) sowie der U/f-Kennlinie und Einstellmöglichkeiten (z. B. I-R-Kompensation)
- Rücksprache mit dem Motor-Hersteller, wenn die Umrichter-Technologie im Laufe des Betriebes geändert werden soll
- Keine speziellen Prüfgebühren, jedoch evtl. Prüfkosten beim Hersteller
- Keine EG-Baumusterprüfbescheinigung mit Daten für Umrichterbetrieb – diese nur in Form einer Konformitätserklärung des Herstellers.

15.7 Umrichterspeisung bei Zündschutzart "e"

Einige Abnehmergruppen bevorzugten anfänglich die Zündschutzart "e"; dies hat zu einem speziellen Prüfverfahren durch die PTB geführt, das in den Veröffentlichungen [3.19, 3.21] ausführlich beschrieben ist.

Das von der PTB erstellte Muster einer Konformitätsbescheinigung mit besonderen Bedingungen (Zusatz "X") für Umrichter und Motorschutz kann bis zu fünf Seiten mit ausführlichen Bedingungen umfassen. Eine ausführliche Erläuterung dieser Bedingungen findet sich in [3.28].

Bescheinigung und Bedingungen resultieren teilweise in einem modifizierten Umrichter, der speziell für die Speisung eines Motors in Zündschutzart "e" maßgeschneidert sein muss.

Angesichts der hohen Änderungsgeschwindigkeit in der Umrichtertechnologie ist die Frage zu stellen, ob dieses Verfahren im Vergleich zu der einfachen Prozedur bei Zündschutzart "d" nach Abschnitt 15.6 gerechtfertigt ist.

Bedingungen für Umrichter-Motoren der Zündschutzart "e" :

- Typbezogene Konformitätsbescheinigung mit Zusatz "X" → besondere Bedingungen
- Bauart, Typ und Fabrikat des Umrichters festgelegt
- Spannungsangaben bezogen auf festgelegtes Messgerät (abhängig von der Art des Umrichters)
- Umrichter übernimmt Überlastungsbegrenzung in Verbindung mit TMS (außer bei UMS)
Angaben I_A/I_N und t_E entfallen
- Typgeprüfte direkte Temperaturüberwachung (TMS)
Kaltleiter nach DIN 44081
Auslösegerät mit EG-Baumusterprüfbescheinigung der Funktion
Zusatzschild für Zusammengehörigkeit von Motor und Schutz
Maximale Auslösezeit t_A bei Anzugsstrom I_A und Speisung aus Drehstromnetz (PTB-Prüfregeln 6.3.3 und Referat *F. Lienesch* beim CEAG-Sachverständigenseminar 2002)
- Einstellungen des Umrichters (z. B. Frequenzen, Ströme, Spannungen, Abschaltzeiten) im Prüfungsschein festgelegt und möglichst verriegelt (z. B. Kodierstecker, Passwort)
- UMS : Umrichter-Schutzeinrichtungen erleichtern die Typprüfung, z. B.
 - frequenzabhängige Stromüberwachung
 - Zeitbegrenzung unterhalb der Minimalfrequenz
 - kein Betrieb oberhalb der Maximalfrequenz
 - Überwachung der U/f -Kennlinie.
- Vom Umrichter erzeugte Spitzenspannung begrenzt auf Spitzenwert $< 1,6 \cdot$ Nennisolationsspannung ($1,6 \approx \sqrt{2} \cdot 1,05 \cdot 1,1$), bezogen auf Luft- und Kriechstrecken im Klemmenkasten "e"
- Interpolation der Tabellenwerte nach EN 50019 zulässig
Unterscheidung der Strecken zulässig (Leiter → Leiter oder Leiter → Erde)
- Prüfgebühr für Sonderabnahme durch benannten Stelle derzeit ca. € 2 500.- ... 3 000.-
- EG-Baumusterprüfbescheinigung der benannten Stelle mit Daten für Umrichterbetrieb.

Neues Zulassungskonzept

Der PTB-Mitarbeiter *Lehrmann* schreibt in der Einleitung zu einem "Vorschlag für ein neues Zulassungskonzept" [3.50]:

Zurzeit wird bei der Zulassung eines Motors der Zündschutzart «Erhöhte Sicherheit» der Motor über das Zertifikat an den Frequenzumrichter gekoppelt. Wer eine Komponente später einmal austauschen will, muss mit einer aufwändigen Neuzertifizierung rechnen. Das vorgeschlagene Zulassungskonzept berücksichtigt die zusätzlichen Verluste beim Betrieb am Frequenzumrichter und zeigt, wie die Erwärmung abgeschätzt werden kann. So kann ein Motor sicher an einem Frequenzumrichter betrieben werden, ohne dass diese als Einheit getestet werden müssen

Voraussetzung ist, die Grenzwerte für die innerhalb der Temperaturgrenzen zulässigen Verluste oder den repräsentativen Strom zu ermitteln und als Parameter im Umrichter zu hinterlegen (Bild 15.7).

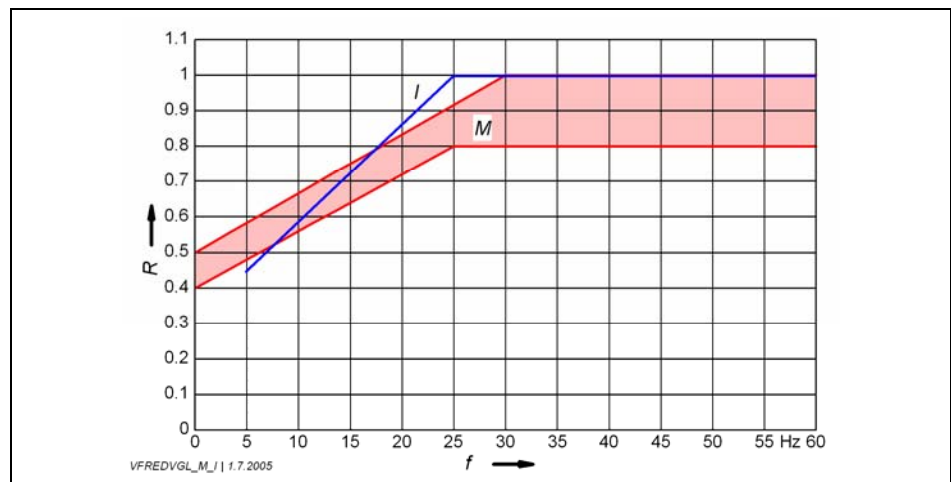


Bild 15.7

Reduktion R des thermisch zulässigen Bemessungsmoments M und des zugeordneten Stromes I in Abhängigkeit von der Frequenz f (Kühlung) bei eigenbelüfteten Motoren

Das Streuband "M" zeigt die typen- und herstellerabhängige Reduzierung des im Dauerbetrieb S1 zulässigen Bemessungsmomentes bei eigenbelüfteten Maschinen im Frequenzbereich unter etwa 25 ... 30 Hz.

Nach entsprechenden Versuchen kann der Grenzstrom "I" zugeordnet werden.

Dieses Zulassungskonzept wird derzeit in verschiedenen Gremien diskutiert; das Ergebnis und die formale Umsetzung angesichts der oben beschriebenen Festlegungen in Normen sowie die Akzeptanz durch die Anwender bleibt abzuwarten. Erste Zertifikate durch Prüfstellen sollen bereits vorliegen.

15.8 Bemessung von Luft- und Kriechstrecken

In einem Merkblatt des PTB-Lab. 3.43 vom 12.06.97 sind folgende Grundlagen für die Zertifizierung von umrichter gespeisten Motoren vorgesehen:

Bemessung von Luft- und Kriechstrecken bei Umrichterantrieben der Zündschutzart Erhöhte Sicherheit "e" oder "de" mit Anschlusskasten "e"

Grundlage ist die Tabelle 1 von EN 50019, Ausgabe: 1994 (Tabellenwerte wurden in Ausgabe 2001 übernommen). Für die Anwendung bei Umrichterantrieben mit höheren Spannungsspitzen werden zwei Fälle unterschieden:

- a) Als Arbeitsspannung gilt der Effektivwert, der sich beim Bemessungswert der Spannung ergibt, sofern keine höheren Spannungsspitzen auftreten als der doppelte Scheitelwert bei sinusförmiger Spannung (z. B. Verwendung von Filtern, keine langen Leitungen).
- b) Sofern die Bedingungen unter a) nicht gewährleistet sind, muss mit Spannungsspitzen bis zum dreifachen Scheitelwert einer sinusförmigen Spannung gerechnet werden. Bei der Bemessung der Luft- und Kriechstrecken ist in diesem Falle der nächsthöhere Arbeitsspannungsbereich aus Tabelle 1 zu wählen.

Bedingung	Beispiel	Spitze	Grenze laut PTB		Arbeitsspannung	Kriechstrecke (l)	Luftstrecke
			$2\hat{U}_N$	$3\hat{U}_N$			
	U_N	U_{max}			U		
mit Filter $L \leq 25 \text{ m}$	400 V	1000 V	1128 V	-	$275 < U \leq 420V$	8 mm	6 mm
ohne Filter $L > 25 \text{ m}$	400 V	1500 V	-	1692 V	$420 < U \leq 550V$	10 mm	8 mm

Tabelle 18.8
Bemessung von Luft- und Kriechstrecken bei Umrichterantrieben der Zündschutzart "e" nach PTB-Merkblatt Lab. 3.43 vom 12.06.97; Grundlage: Tabelle 1 von EN 50019

Wenn der Motorhersteller in seiner Betriebsanleitung die maximal zulässigen Spitzenwerte der Spannung angibt, so sind diese vom Errichter oder Betreiber am Aufstellungsort unter Betriebsbedingungen zu beachten.

Bei den meisten der zitierten Normenstellen handelt es sich um "Sekundär-Maßnahmen", mit denen die Motoren für die offenbar zwangsläufig entstehenden Spannungsspitzen des Umrichters fit gemacht werden sollen. Nur an einer Stelle ist eine "Primär-Maßnahme" empfohlen:

In **IEC 60034-17** heißt es am Schluss von Abschnitt 9:

"Im Hinblick auf die komplexen Zusammenhänge wird eine sorgfältige Projektierung des Gesamtantriebes empfohlen.

Mitunter ist der Einsatz von Filtern am Umrichterausgang unerlässlich."

Diese Empfehlung ist nachdrücklich zu unterstützen; sie wird von den meisten Anwendern der Groß-Chemie zur internen Regel gemacht.

Der Aufwand für das Ausgangsfilter bietet einen hohen Gegenwert:

- Erhöhte Sicherheit gegen vorzeitige Wicklungsschäden
- Verminderte Geräuschemission (vgl. [2.3])
- Günstigere Voraussetzungen für die Einhaltung der EMV-Richtlinien, auch ohne geschirmte Motorzuleitungen
- Verminderte Gefahr von Wellenströmen.

15.9 Preisvergleich der Zündschutzarten "e" und "d" bei Umrichterbetrieb

Vor allem im unteren Leistungsbereich bieten Motoren der Zündschutzart "e" einen zum Teil erheblichen Preisvorteil gegenüber druckfest gekapselten Motoren, wie Abschnitt 12 zeigt.

Wenn allerdings ein speziell modifizierter Umrichter notwendig ist und wenn die Kombination "Umrichter + Motor" einer Sonderabnahme unterzogen werden muss, kann sich die Preisrelation zugunsten der einfacheren Lösung mit einem Motor der Zündschutzart "d" ändern (Bild 15.8).

Der Markt hat sich bisher offensichtlich eindeutig in diese Richtung orientiert.

Die Markteinführung des am Schluss des Abschnittes 15.7 beschriebenen neuen Verfahrens zur Verwendung von Motoren der Zündschutzart "e" an standardisierten Umrichtern mit integrierter Schutzfunktion ist zu beachten.

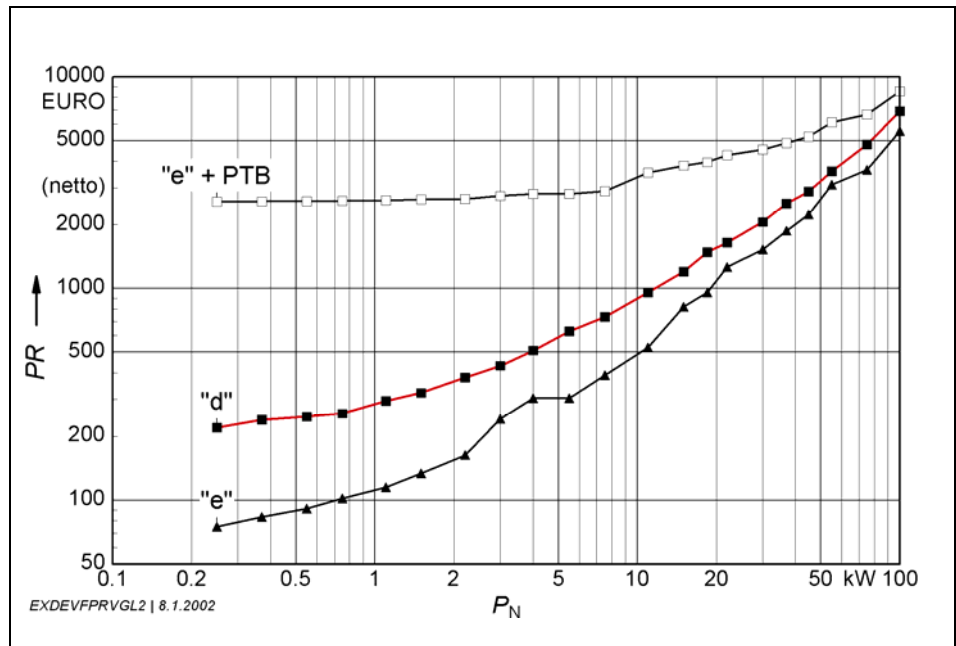


Bild 15.9
Richtpreise für explosionsgeschützter Motoren für Umrichterbetrieb
Normung und Preise etwa nach dem Stand von 2002

"d" : Motor EEx d IIC T3 mit pauschaler Konformitätsbescheinigung
(evt. + Herstellereinstellung für Prüfung am Umrichter)

"e" : Motor EEx e T3 ohne Sonderabnahme

"e" + PTB: Motor EEx e T3 mit PTB-Sonderabnahme (ca. € 2 ... 3 000.-)

15.10 Begrenzung der Spannungsspitzen

In einem Vermerk des Laboratoriums 3.53 der PTB an das Normengremium K 241 vom 26.05.1992 ist ausgesagt :

"Umrichter zur Speisung von explosionsgeschützten elektrischen Maschinen verursachen zum Teil erhebliche Spannungsspitzen, die die Isolierung der Maschine in der Wicklung und an den Luft- und Kriechstrecken zusätzlich beanspruchen. In extremer Weise ist dies der Fall, wenn bei Puls-umrichtern mit sehr steilen Flanken Schwingungen auf den Leitungen angeregt werden, sich in ungünstigen Fällen auch noch überlagern können. Die Klemmenspannung weist dann einen hohen Crestfaktor (Verhältnis Scheitelwert / Effektivwert) auf. Für die Prüfung dieser Antriebe wird folgendes Vorgehen vorgeschlagen:

1) Erhöhte Sicherheit "e"

Prüfung und Bescheinigung des Antriebes – bestehend aus Motor, Schutz- einrichtung und Umrichter – erfolgen als Einheit. Sofern die Spannungsspitzen nicht durch ein Filter abgedämpft werden, kann eine Begrenzung der Leitungslänge erforderlich werden. Prüfung und Beurteilung hinsichtlich Isolierung sowie Luft- und Kriechstrecken nach den auftretenden Spitzenwerten, wobei die Bedingung gilt :

$\text{Spitzenwert} / \sqrt{2} \cdot 1,05 \cdot 1,1 < \text{Nennisolationsspannung}$.

Erleichterung durch Interpolation der Tabellenwerte und ggf. Unterscheidung hinsichtlich der Polarität (Phase/Phase; Phase/Erde) sind vertretbar.

2) Druckfeste Kapselung "d"

Im Hinblick auf den Explosionsschutz ist hier nur die Prüfung der Kriech- und Luftstrecken im Anschlusskasten der Schutzart "e" relevant. Um die feste Anbindung des Umrichters zu vermeiden, könnte für die Bemessungsspannung an den Motorklemmen ein Crestfaktor als Höchstwert angegeben werden, der vom Umrichter nicht überschritten werden darf.

Die konkreten Maßnahmen bestehen auch hier im Einsatz eines Filters oder einer Begrenzung der Leitungslänge.

Die in 1) beschriebene Beurteilung der zulässigen Spitzenspannung anhand gegebener Kriech- und Luftstrecken gilt auch für EEx e - Klemmenkästen von druckfest gekapselten Motoren."

Die grundsätzliche Abhandlung [3.48] zeigt die komplexen Probleme aus neuer Sicht auf.

Da chemische Betriebe meist weitläufig angelegt sind und der Umrichter möglichst außerhalb eines explosionsgefährdeten Bereiches installiert werden soll, kann die Leitungslänge in der Praxis kaum begrenzt werden (Bild 15.10).

Hieraus resultiert :

Vor allem bei PWM-Umrichtern hoher Taktfrequenz (vgl. Abschnitt 15.3) empfiehlt sich dringend die Verwendung von Ausgangsfiltern, um die Spannungsspitzen auf die von der PTB für explosionsgeschützte Motoren festgelegten und teilweise in den Hersteller-Betriebsanleitungen genannten Werte zu begrenzen.

Bei Preisvergleichen ist zu prüfen, ob diese obligatorische Sicherheitsmaßnahme zur Grundausstattung des Umrichters gehört oder zusätzlich bestellt werden muss.

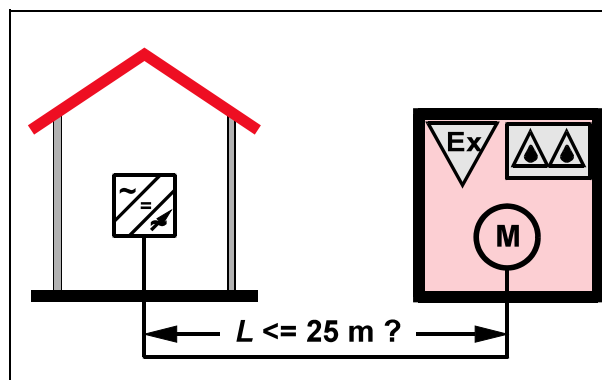


Bild 15.10
Mit einer Begrenzung der Leitungslänge geht ein entscheidender Vorteil des Prinzips der Umrichterantriebe verloren

15.11 Motoren mit integriertem Umrichter

Umrichtergespeiste explosionsgeschützte Drehstrommotoren haben schon jetzt mit einem geschätzten Anteil von 10 % aller Ex-Motoren eine beachtliche wirtschaftliche Bedeutung; ihr Anteil wird wegen der automatischen Steuerung von Prozessen und dem Zwang zur Energieeinsparung weiter zunehmen.

Einige Hersteller haben Elektromotoren mit angebautem Frequenzumrichter (Bilder 15.11) entwickelt, die z. Zt. je nach Fabrikat mit etwa folgenden Kenndaten erhältlich sind:

Motor-Achshöhen: 90, 100, 112; 132; 160

Leistungsabgabe: 0,75 ... 11 kW

Anschlussspannung: 400 oder 500 V

Zündschutzart: EEx de IIC T4

Drehzahlen: 0 ... 6000 r/min

Für den Anwender ergeben sich u.a. folgende Vorteile:

- Ersatz für mechanische Verstelleinheiten
- Flexible und kompakte Anpassung an die Bedingungen vor Ort
- Einfache Planung
- Verminderung der Gefahr durch Spannungsspitzen
- Sicherstellung der EMV
- Kein Betriebsraum für den Umrichter erforderlich
- Integration in Regelsysteme.

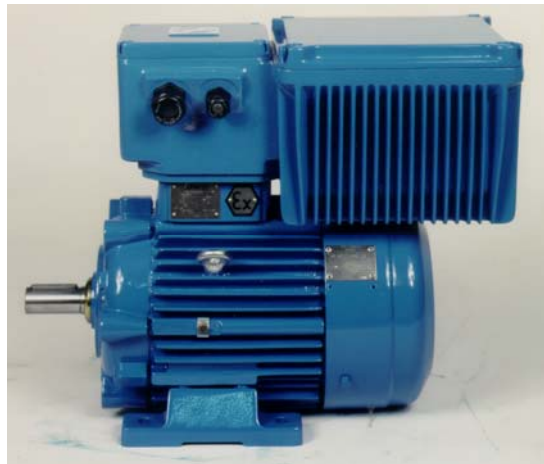


Bild 15.11.1
Elektromotor mit integriertem
Frequenzumrichter
Zündschutzart
EEx de IIC T4

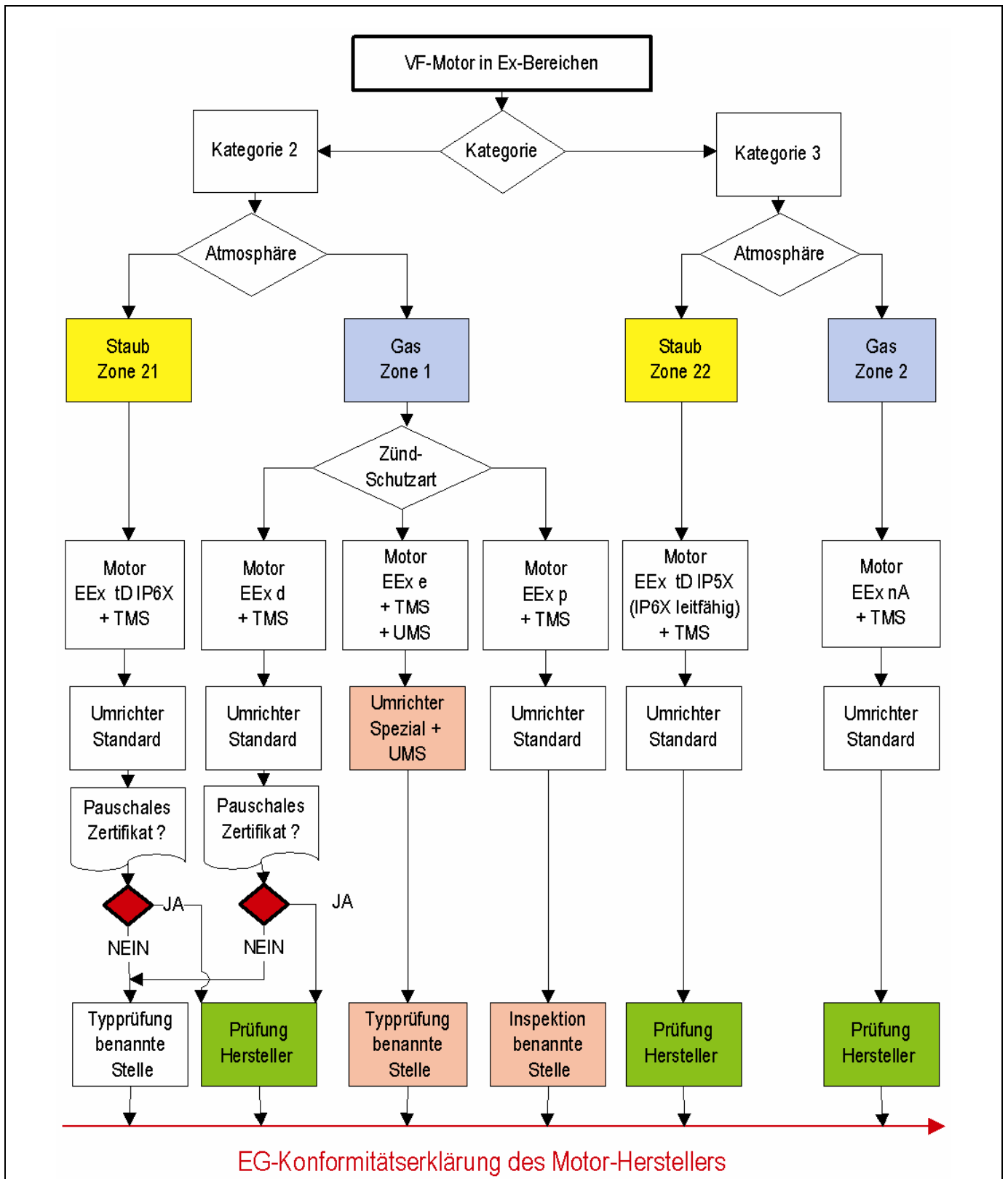
Fabrikat: LOHER



Bild 15.11.2
Elektromotor mit integriertem
Frequenzumrichter
Zündschutzart
EEx de IIC T4

Fabrikat: ATB (F&G)

15.12 Konformitätserklärung für Ex-Zündschutzarten (Zusammenfassung)



Erläuterungen:

VF Variable Frequenz (Umrichterbetrieb)
 UMS im Umrichter integrierter Motorschutz
 IP6X (leitfähig) bei leitfähigem Staub

TMSThermischer Motorschutz (PTC-Thermistoren) mit Funktionsprüfung des Auslöserelais
 bei Kategorie 2 durch benannte Stelle
 bei Kategorie 3 durch Hersteller

**16 Welt-Normspannung
400 V nach IEC 38**

Die Bemühungen um **weltweite Normspannungen** haben im Jahr 1983 mit IEC 60038 (frühere Bezeichnung: IEC 38) einen vorläufigen Abschluss gefunden. Die identische nationale Norm DIN IEC 38 ist 1987 erschienen. In einer zunächst auf 20 Jahre veranschlagten und inzwischen auf 25 Jahre verlängerten Übergangszeit sollen die in 50-Hz-Netzen üblichen Spannungen von 380, 415, 420 und 440 V durch die Normspannung 400 V abgelöst werden. Für Einphasennetze gilt dann sinngemäß 230 V. Die neuen Nennwerte sollen bis zum Jahr 2003 übernommen werden. Im CENELEC-Memorandum No.14 war sogar empfohlen, die neuen Bemessungsspannungen bis 1993 einzuführen. Da aber Großbritannien (Spannungen 415, 420 und 440 V) erst 1993 formal zugestimmt hat und dort die Umstellung erst beginnt, konnte das eigentliche Ziel einer Welt-Normspannung bei 50 Hz vorerst noch nicht erreicht werden. Die Frist für die Anpassung der Toleranz wurde um fünf Jahre bis zum Jahr 2008 verlängert. Es gilt für die Netzspannung eine Toleranz von +6/ -10 %; danach $\pm 10\%$ oder eventuell eine engere Toleranz, was aus der Sicht des Elektromaschinenbaus erstrebenswert wäre.

16.1 Zulässige Spannungsschwankung für elektrische Maschinen

Für elektrische Maschinen gilt nach wie vor DIN EN 60034-1 (VDE 0530 – 1), die mit IEC 60034-1 harmonisiert ist und in der unter Abschnitt 12.3 eine zulässige Spannungsschwankung von $\pm 5\%$ im Bereich "A" genormt ist.

Diese Toleranz bezieht sich auf die jeweils auf dem Leistungsschild genannte Spannung, das heißt ein Motor für

Bemessungsspannung	kann verwendet werden für	Betriebsspannung
380 V		361 bis 399 V
400 V		380 bis 420 V

Die genormte Toleranz $\pm 5\%$ wird auf dem Leistungsschild nicht angegeben (vgl. VDE 0530, Teil 1, Abschnitt 12.3). Für elektrische Maschinen ist also – im Gegensatz zu den Festlegungen für die Netzspannung und für die Toleranzen vieler anderer Betriebsmittel – eine relativ enge Schwankung der Anschlussspannung zulässig. Dies hat technische Gründe: Kleine Motoren (zum Beispiel unter etwa 1,1 kW) und hochpolige Motoren arbeiten häufig nahe der magnetischen Sättigung und reagieren daher auf Überspannung relativ empfindlich [3.13]. Dieser Tatbestand ist nicht neu – er galt auch schon vor der Diskussion um DIN IEC 60038, wie Bild 16.1.1 zeigt.

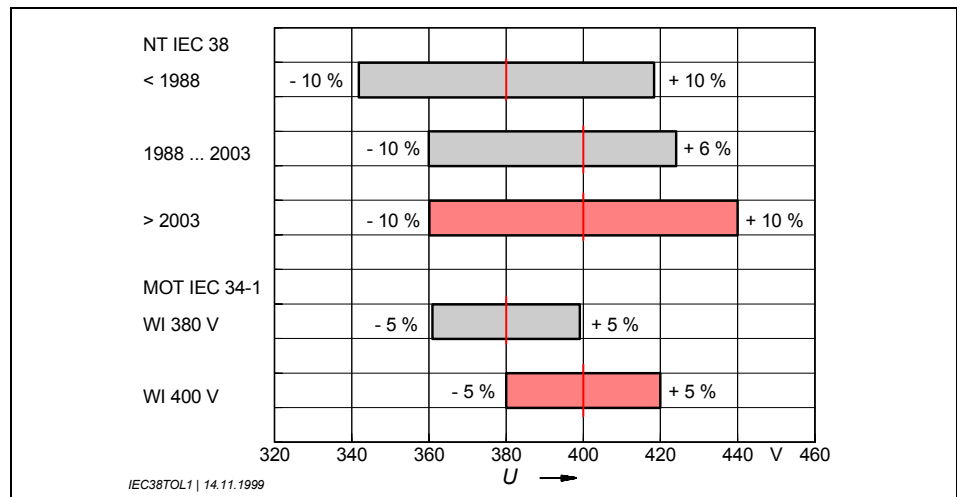


Bild 16.1.1
Vergleich der zulässigen Spannungstoleranz für Netz (NT) und Motor (MOT) nach verschiedenen Stadien der Normung

Für einen Betrieb mit Spannungsschwankungen, die über die derzeit genormten $\pm 5\%$ hinausgehen, ist in der Norm vorgesehen, dass die Motoren funktionstüchtig sein sollen: Sie können ihr Bemessungsdrehmoment abgeben, wobei die übrigen Kenndaten (zum Beispiel auch die Erwärmung) größere Abweichungen von den für die Bemessungsspannung festgelegten Daten haben dürfen.

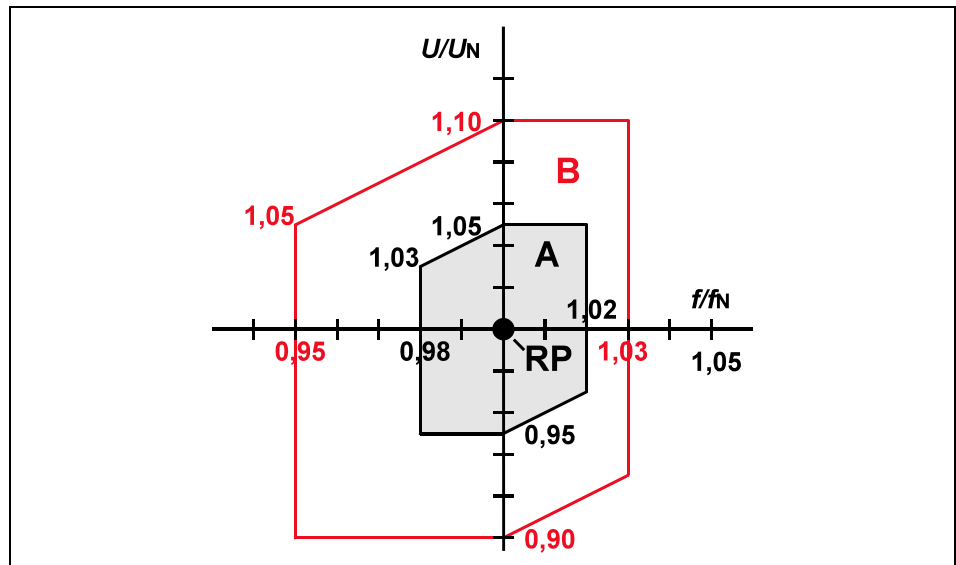


Bild 16.1.2

Spannungs- und Frequenzgrenzen nach DIN EN 60034-1 (VDE 0530 - 1)

- RP – Bemessungspunkt (rating point)
- A – Motor soll im Bereich A im Dauerbetrieb funktionstüchtig sein, Erwärmung darf höher sein als im Bemessungspunkt
- B – Motor soll im Bereich B (außerhalb A) funktionstüchtig sein (Bemessungsdrehmoment abgeben können) – ein Betrieb über längere Zeit wird nicht empfohlen. Erwärmung höher als im Bereich A

U/U_N – Bezogene Spannung

f/f_N – Bezogene Frequenz

Der Toleranzbereich "B" stellt für **normale, nicht explosionsgeschützte** Maschinen eine Konzession dar, von der Hersteller und Betreiber eigenverantwortlich nach Abwägung der Auswirkung auf die Betriebsdaten und die Lebensdauer der Wicklungsisolierung Gebrauch machen können. Eine ausführliche Darstellung der Problematik findet sich in [3.29].

Da bei **explosionsgeschützten** Motoren die Sicherheit tangiert ist, muss hier die Umstellung auf die Spannung 400 V unter Beachtung der einschlägigen Normen (z. B. EN 50018 und EN 50019) und der speziellen Motorauslegung vorgenommen und dokumentiert werden (vgl. [3.23] und [3.25]).

Sowohl bei der **Neubeschaffung** wie beim **Weiterbetrieb** ergibt sich für die Zündschutzarten "d" und "e" eine sehr unterschiedliche Betrachtungsweise:

Zündschutzart "e":

Betrieb im Bereich "A" zulässig. Erwärmungsprüfung für die **Wicklung** im Bemessungspunkt "RP" (vgl. EN 50014:1992, Abschnitt 23.4.6.1).

Zündschutzart "d":

Betrieb im Bereich "B" zulässig. Erwärmungsprüfung für die **Oberfläche** an den Eckpunkten des Bereiches "B" (vgl. EN 50014:1992, Abschnitt 23.4.6.1 und PTB-Rundschreiben vom 01.08.91/28.12.93).

Die Einstellung des **Motorschutzrelais (MR)** als elementarer Bestandteil des Explosionsschutzes ist zu beachten.

16.2 Neubeschaffung

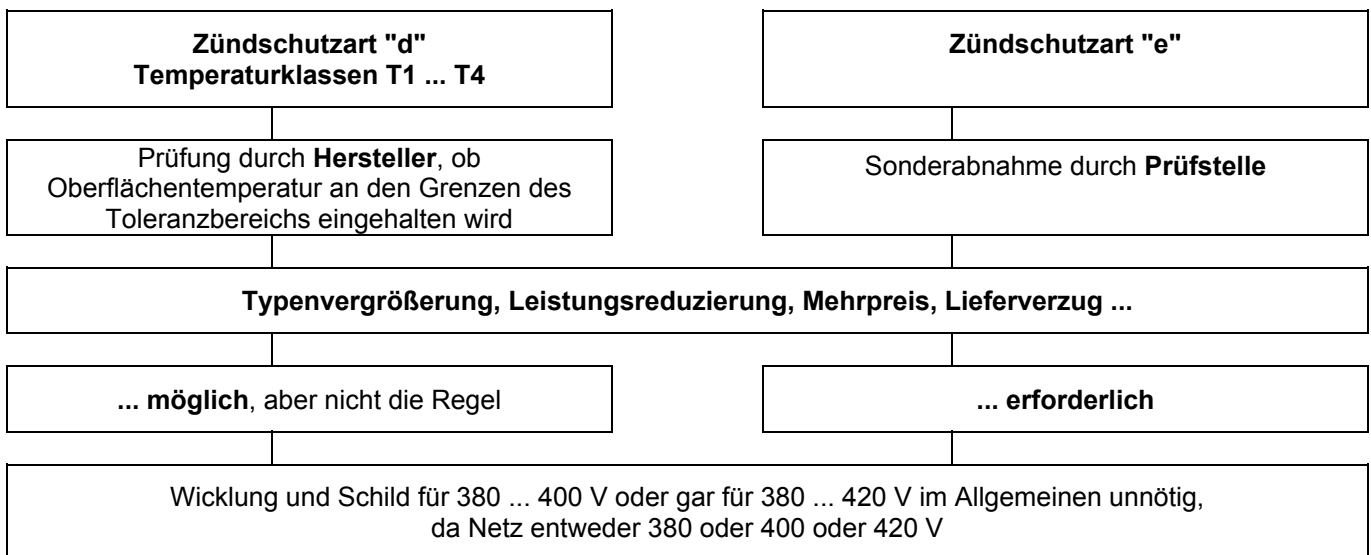
Für die Neubeschaffung von explosionsgeschützten Drehstrommotoren kann nach dem derzeitigen Stand folgende Empfehlung gegeben werden :

16.2.1 Wicklung und Schild für 400 V

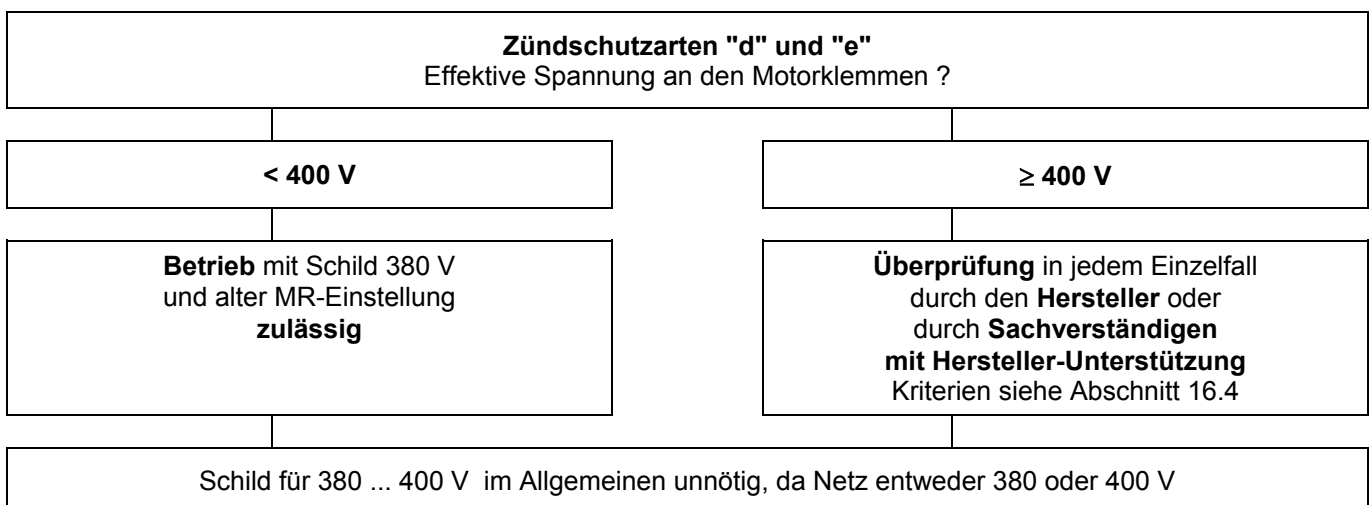
- Zulässige **Spannungsschwankung** : $400\text{ V} \pm 5\%$ = 380 ... 420 V
- Netz 380 V zulässig**, sofern Klemmenspannung $\geq 380\text{ V}$
- Vorhandene **Konformitätsbescheinigung** schließt 400 V ein, sofern höchste bescheinigte Bemessungsspannung $\geq 400\text{ V}$
- Kein Mehrpreis**
- Normale Lieferzeit**

16.2.2 Wicklung und Schild für $400\text{ V} \pm 10\%$

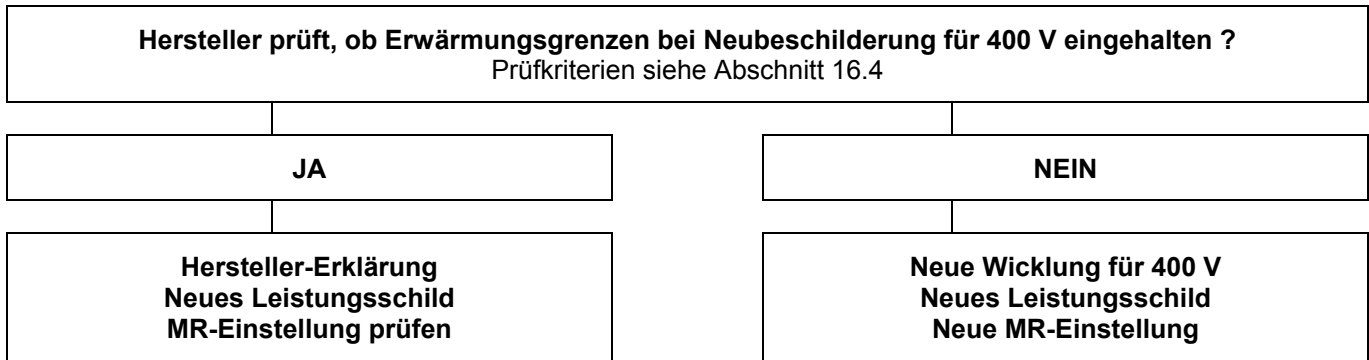
Nur erforderlich, um formal mit der neuen Netzbezeichnung ab dem Jahr 2003 (2008) übereinzustimmen.



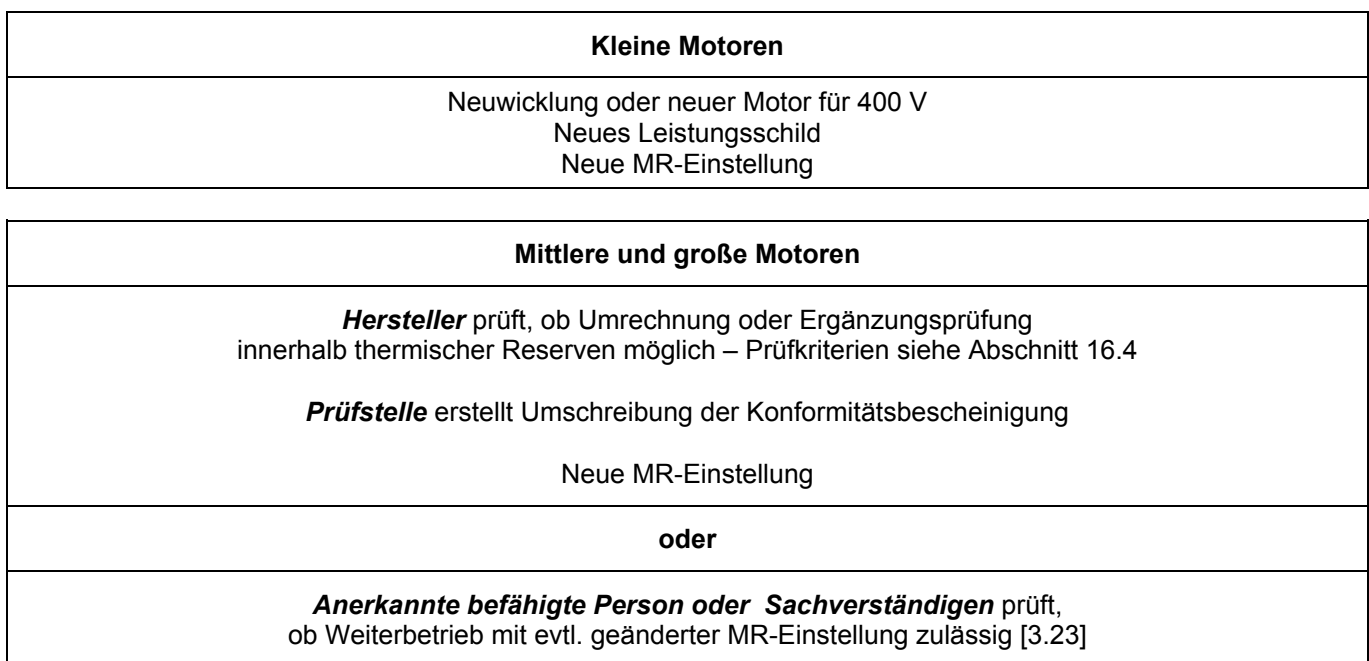
16.3 Weiterbetrieb



16.3.1 Zündschutzart "d"



16.3.2 Zündschutzart "e"



16.4 Prüfkriterien für den Weiterbetrieb an 400 V

Für die Entscheidung, ob ein Weiterbetrieb an 400 V zulässig ist, sind folgende sicherheitsrelevante Werte zu prüfen bzw. festzulegen:

16.4.1 Zündschutzarten "d" und "e"

- | |
|--|
| Max. zulässige Grenztemperaturen an <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Isolierung von Durchführungen <input type="checkbox"/> Kabeleinführungen <input type="checkbox"/> Aderverzweigungen <input type="checkbox"/> Dichtungen am Anschlusskasten <input type="checkbox"/> Kunststoffteilen |
|--|

16.4.2 Zündschutzart "d"

1	Temperaturklasse	T3	T4	T5	T6
2	Zündtemperatur (°C)	> 200	> 135	> 100	> 85
3	Max. zulässige reduzierte Oberflächentemperatur (°C) bei Prüfung mit U_N	180	120	90	75
4	Max. zulässige volle Oberflächentemperatur (°C) bei Einzelprüfung mit $U_N \pm 10\%$ nach EN 50014, 23.4.6.1	195	130	95	80

Zeilen 3 oder 4 sind wahlweise anzuwenden

16.4.3 Zündschutzart "e"

- Übertemperatur** in Stator und Rotor
- Bemessungsstrom**
- Erwärmungszeit t_E**
- Verhältnis I_A/I_N**

Wird ein für 380 V gewickelter Motor an 400 V betrieben, so ändern sich unabhängig von Auslegung und Auslastungsgrad das für die Kennzeichnung und für die Sicherheit im Blockierungsfall wichtige Wertepaar I_A/I_N und t_E . Bild 16.4.3 zeigt beispielhaft, dass sich die Erwärmung im Kurzschluss um ca. 10 % erhöht. Für die Übertemperatur bei Betrieb mit Bemessungsleistung wurden – je nach Auslegung des Motors gemäß den vorangegangenen Betrachtungen – drei verschiedene Annahmen getroffen:

- ϑ_N gleichbleibend \Rightarrow Änderung der Zeit t_E von 12,7 auf 11,5 s
- ϑ_N um 10 K höher \Rightarrow Änderung der Zeit t_E von 12,7 auf 10 s
- ϑ_N um 10 K niedriger \Rightarrow Änderung der Zeit t_E von 12,7 auf 13,2 s.

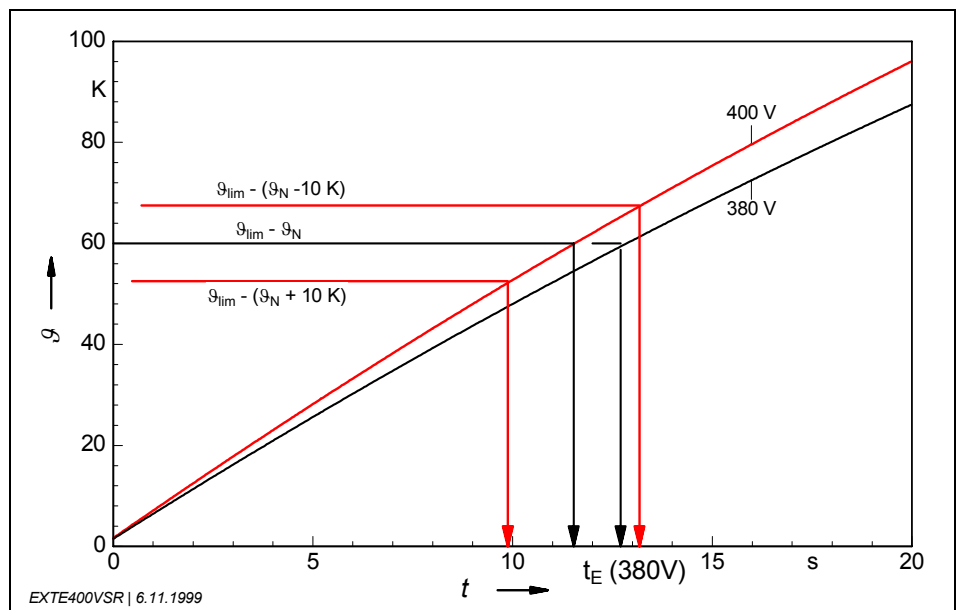


Bild 16.4.3 Beispiel für die Änderung der Zeit t_E bei Betrieb eines 380-V-Motors an 400 V

16.5 Vorentscheidung nach dem Leistungsfaktor

Im Abschnitt 16.3 ist vorgeschlagen, dass der Hersteller anhand seiner aus der Typprüfung vorliegenden Messprotokolle nachprüft, ob ein Betrieb an Spannungen ≥ 400 V zulässig ist. Eine Vorentscheidung vor Ort ist nach der Angabe des Leistungsfaktors auf dem Leistungsschild möglich.

In einer grundlegenden Untersuchung [3.25] hat Grass den Zusammenhang zwischen Leistungsfaktor und Stromaufnahme (Übertemperatur) bei erhöhter Spannung aufgezeigt.

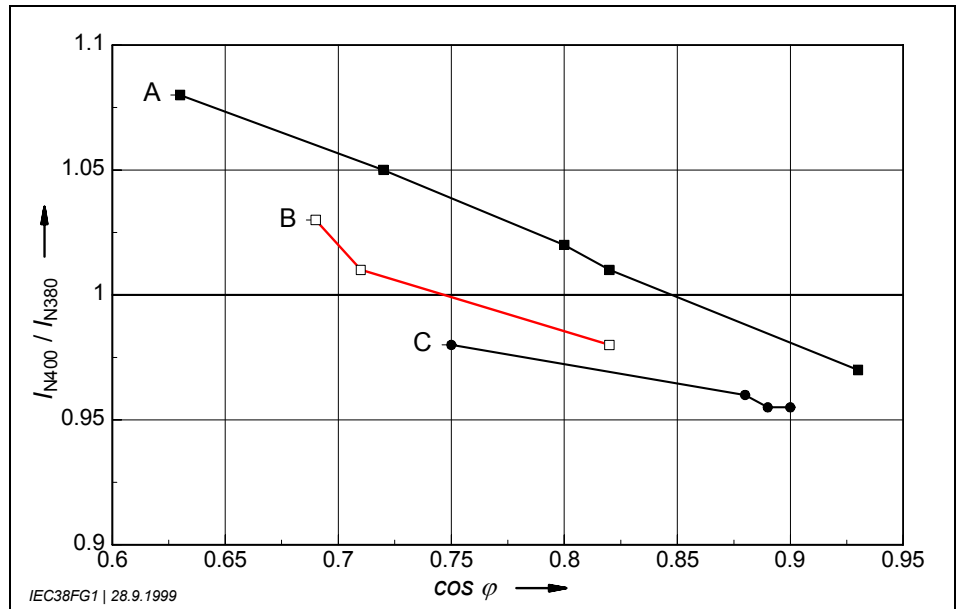


Bild 16.5.1
Relative Stromaufnahme bei Anschluss eines 380-V-Motors an 400 V in Abhängigkeit von Leistungsfaktor und Magnetisierungsgrad (nach H. Grass [3.25])
A - stärker gesättigt
B - weniger gesättigt
C - nicht gesättigt

Eine Auswertung von etwa 70 Messungen bei Danfoss Bauer hat die in Bild 16.5.1 aufgezeigten grundsätzlichen Zusammenhänge weitgehend bestätigt. Der Leistungsfaktor sagt aus, wo die magnetische Flussdichte (Induktion) im Bemessungspunkt relativ zum "Optimum" liegt (Bild 16.5.2) :

- niedriger $\cos \varphi$ \Rightarrow hoher Blindstromanteil \Rightarrow oberhalb Optimum
- hoher $\cos \varphi$ \Rightarrow niedriger Blindstromanteil \Rightarrow unterhalb Optimum

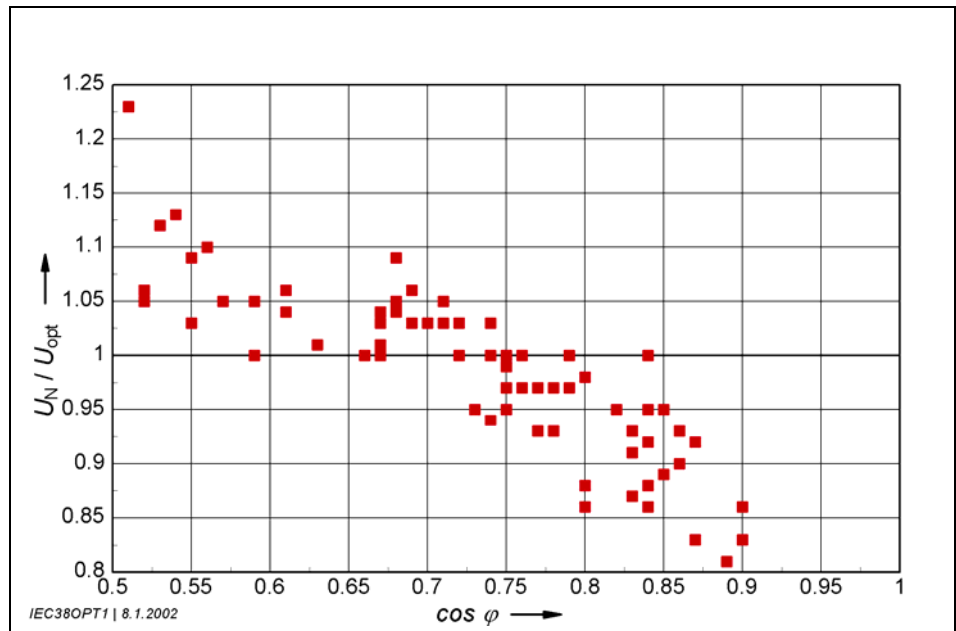


Bild 16.5.2

Zusammenhang zwischen Leistungsfaktor im Bemessungspunkt ($\cos \varphi$) und relativer Lage der Bemessungsspannung zum Optimum (U_N / U_{opt})
Auswertung von ca. 70 Messungen der Fa. Danfoss Bauer

Hieraus lassen sich folgende Regeln für das voraussichtliche Ergebnis der in jedem **Einzelfall obligatorischen Prüfung** durch den Hersteller ableiten:

Voraussetzungen: Wicklung 380 V, 50 Hz

Ex d : Pauschale Konformitätsbescheinigung für T4

Ex e : Erwärmungszeit t_E deutlich größer als 5 s

Gruppe	$\cos \varphi$	Nennstrom bei 400 V	Weiterbetrieb
A	> 0,85	100 %	möglich
B	0,70 ... 0,85	105 %	wahrscheinlich möglich
C	< 0,70	-	nicht möglich neue Wicklung für 400 V

16.6 Funktion des Sachverständigen

Schon in einer sehr frühen Veröffentlichung von Mitarbeitern der PTB [3.23] war zur Umstellung der Leistungsschilder von in Betrieb befindlichen 380-V-Motoren auf die neue Bemessungsspannung 400 V ausgesagt worden:

"Wegen der zu erwartenden Vielzahl der betroffenen Motoren entsteht hier ein weites Betätigungsfeld für die Sachverständigen der Hersteller, gegebenenfalls auch der Betreiber."

Zur Klarstellung der Rechtslage hat das BMA (Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung) am 22. März 95 mit Zeichen IIIb6-35472 in einem Schreiben an die für den Arbeitsschutz zuständigen obersten Behörden der Länder, den Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften und den DExA festgelegt (s.auch 6013 in [1.12]):

"Betreff: Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen (ElexV) hier: Normspannungsumstellung nach DIN IEC 38

Der in der DExA-Sitzung am 26. Oktober 1994 ins Leben gerufene Arbeitskreis hat folgendes Ergebnis erarbeitet:

Mit der Umstellung der Normspannung nach DIN IEC 38 können im Geltungsbereich der Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen (ElexV) sicherheitstechnische Bedenken auftreten. Die Normspannungsumstellung hat hinsichtlich des elektrischen Explosionsschutzes nach Auffassung der in der Besprechung anwesenden Fachleute für Elektromotoren vor allem der Zündschutzart e Bedeutung.

Die durch die Normspannungsumstellung bedingte Änderung der Anschlussdaten bei den elektrischen Betriebsmitteln sind mit einer Änderung des Betriebsmittels nach § 9 Abs. 3 zu vergleichen. § 9 Abs. 3 impliziert, dass eine Änderung als Sonderanfertigung nach § 10 zu behandeln ist.

Soll ein Motor der Zündschutzart e mit einer von seinen Nenndaten abweichenden Netzspannung betrieben werden, so darf er erst in Betrieb genommen werden, nachdem der Sachverständige festgestellt hat, dass das Betriebsmittel den Anforderungen der ElexV entspricht und nachdem er über das Ergebnis dieser Prüfung eine Bescheinigung erteilt hat.

§15 ElexV legt fest, wer Sachverständiger i. S. der Verordnung ist. Den Sachverständigen eines Unternehmens (§15 Abs. 1 Nr 3) stehen Sachkundige eines Unternehmens gleich, soweit sie von der zuständigen Behörde für die Prüfung der installierten, geänderten oder instand gesetzten elektrischen Anlagen anerkannt sind. Diese Bestimmung sollte nach Auffassung des Arbeitskreises im vorliegenden Fall genutzt werden. Da besondere Fachkenntnisse nötig sind, können sich die Behörden u. a. bei der Anerkennung mit der PTB in Verbindung setzen.

Sollten weder beim Hersteller oder Betreiber noch bei den Prüfstellen Unterlagen von der ursprünglichen Prüfung vorhanden sein, so ist eine neue Baumusterprüfung durchzuführen, oder der Betreiber entscheidet sich für eine andere technische Lösung, falls dies möglich ist (Beispiel: Vorschalten eines Trafos oder Neuwicklung für die geänderte Spannung).

Werden elektrische Betriebsmittel für eine neue Spannung freigegeben, für die sie ursprünglich nicht spezifiziert wurden, so wird grundsätzlich empfohlen, neben den technischen Unterlagen auch das Typenschild zu aktualisieren.

Der BMA wird die Empfehlung des DExA-Arbeitskreises dem Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften und den Ländern zur Kenntnis geben. Dabei wird er den Hauptverband und die Bundesländer bitten, Hersteller und Betreiber in geeigneter Weise über die Konsequenzen der Spannungsumstellung für den Explosionsschutz zu informieren."

Der Inhalt dieses Schreibens wird derzeit von den zuständigen Behörden aktualisiert und an die neue Rechtslage (z.B. BetrSichV) angepasst mit dem Ziel, in den "Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS)" eine Aussage für eine bundesweit einheitliche Anwendung zu treffen.

17 Ausländische Ex-Vorschriften

In den meisten Industrieländern ist der Explosionsschutz durch **nationale Normen und Gesetze** geregelt. Beim Export ist daher sorgfältig zu prüfen, ob ein nach ATEX und Europeanorm gefertigter und geprüfter Motor zugelassen wird.

17.1 Europa

Auf dem Gebiet des Explosionsschutzes wurde schon relativ früh eine weitgehende **Harmonisierung der europäischen Normen** des CENELEC erreicht.

Die Prüfbescheinigungen der im "Amtsblatt der EG" benannten zugelassenen Prüfstellen sollen in der EG gegenseitig anerkannt werden (siehe Abschnitt 2).

Die Verpflichtung zur gegenseitigen Anerkennung von Prüfungsscheinen der nationalen Prüfstellen gilt derzeit offiziell nur für die EG-Mitglieder, nicht jedoch für die übrigen CENELEC-Staaten.

Üblicherweise werden EG-Baumusterprüfbescheinigungen in **Skandinavien** und **Osteuropa** anerkannt.

In der **Schweiz** war früher eine zusätzliche Abnahme durch den SEV (Schweizer Elektrotechnischer Verein) und eine Zulassung durch das "Eidgenössische Starkstrominspektorat" obligatorisch; diese Forderung ist entfallen. EG-Baumusterprüfbescheinigungen (ATEX) werden anerkannt.

17.2 Nordamerika

Folgende Zündschutzarten sind nach den nordamerikanischen Bestimmungen vorgeschrieben :

Class I	Division 1 :	USA-NEC CANADA-CEC	Article 501-8 a) Section 18-112
----------------	---------------------	-----------------------	------------------------------------

Druckfeste Kapselung (flameproof enclosure),
mit Abnahme (Certificate oder Approval).

Class I	Division 2 :	USA-NEC CANADA-CEC	Article 501-8 b) Section 18-164
----------------	---------------------	-----------------------	------------------------------------

Kurzschlussläufer-Motoren ohne Schleifkontakte (non-sparking) in normaler, nicht Ex-Ausführung,
ohne Abnahme (Certificate oder Approval),
jedoch Bremsen wie für Division 1.

Class II	Division 1 :	USA-NEC CANADA-CEC	Article 502-8 a) Section 18-210
-----------------	---------------------	-----------------------	------------------------------------

Staubexplosionsschutz (dust ignition proof = DIP),
mit Abnahme (Certificate oder Approval).

Class II	Division 2 :	USA-NEC CANADA-CEC	Article 502-8 b) Section 18-260
-----------------	---------------------	-----------------------	------------------------------------

Vollkommen geschlossen (staubdicht gekapselt),
ohne Abnahme (Certificate oder Approval);
in Kanada mit eingebautem thermischen Motorschutz
jedoch Bremsen wie für Division 1.

Motoren der Zündschutzart "e" oder in der für Danfoss Bauer normalen Schutzart IP65 entsprechen **technisch** weitgehend den nordamerikanischen Anforderungen "non-sparking" für Anwendung in "Class I, Div. 2 oder Class II, Div. 2", sofern sie keine Anbauten oder Einbauten erhalten, die Funken geben oder sich unkontrollierbar erwärmen können (Thermostate, Antikondensatheizung, Bremsen und dergleichen).

Da auch bei nordamerikanischen Anwendern häufig unklar ist, welche Vorschriften in der Class I, Division 2 anzuwenden sind, wird nachfolgend auszugsweise aus NEMA MG2, 3.5 zitiert:

"Es sind offene oder nicht-explosionsgeschützte geschlossene Motoren zulässig, sofern sie keine Bürsten, Schalter oder ähnliche funkende Bauteile haben. Der Anwender kann solche Antriebe auswählen und den örtlichen Behörden zur Zulassung vorschlagen.

Da das Gehäuse nicht explosionsgeschützt ist, muss der Anwender die Temperaturen von äußeren und inneren Oberflächen berücksichtigen, zu welchen die umgebende Atmosphäre Zutritt hat."

Die Norm gibt Richtwerte für die zu erwartenden maximalen Temperaturen von Ständerwicklung und Kurzschlusskäfig in Abhängigkeit von der Isolierstoffklasse (Wärmeklasse).

Die Zündschutzart "d" entspricht **technisch** weitgehend den nordamerikanischen Anforderungen "flameproof" für die "Class I, Division 1", sofern der Klemmenkasten in Zündschutzart "d" vorgesehen ist und am Aufstellungsort eine druckfeste Leitungseinführung verwendet wird.

Die andere Einteilung von explosionsfähiger Atmosphäre ist zu beachten:

Class I	- Gase und Dämpfe			
	Group	A	entspricht etwa	IIC
		B		IIB
		C		IIA
		D		IIA
Class II	- Stäube			
	Group	E	leitfähig $R < 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$	
		G	nicht leitfähig $R > 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$	
Class III	- Textilfasern			

Tabelle 17.2
Einteilung explosionsfähiger Atmosphäre nach dem NEC [2.10]

Neben den oben genannten nationalen nordamerikanischen Vorschriften kann neuerdings auch gemäß dem neu aufgenommenen NEC Article 502 nach den internationalen Normen der Reihe IEC 60079 geprüft und zugelassen werden.

In den **USA** werden bei den Zündschutzarten "e" und "d" einige über IEC hinausgehende Anforderungen gestellt, die eine zusätzliche Prüfung durch UL oder FMR notwendig machen.

In **Kanada** wird das Zertifikat einer nationalen Prüfstelle (z. B. PTB oder BVS) anerkannt, muss jedoch durch ein Prüfzeichen der CSA ergänzt werden.

Ausführliche Angaben zu dieser interessanten Entwicklung sind in [3.33, 3.39] zu finden.

NEC 505	Division 1		Division 2
IEC / CENELEC	Zone 0 Zone 20	Zone 1 Zone 21	Zone 2 Zone 22

Literaturverzeichnis zu Teil I "Allgemeines" und Teil II "Gas-Explosionsschutz"

1 Nationale und europäische Gesetze, Normen, Bestimmungen, Vorschriften

- 1.1 VDE 0170/0171 : 1961 (überholt)
Vorschriften für explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel, mit Änderungen d / 2.65 und f / 1.69
- 1.2 DIN EN 50014 (VDE 0170-1)
Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche – Allgemeine Bestimmungen
- 1.3 DIN EN 50018 (VDE 0170-5)
Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche – Druckfeste Kapselung "d"
- 1.4 DIN EN 50019 (VDE 0170-6)
Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche – Erhöhte Sicherheit "e"
- 1.5 DIN EN 60079-14 (VDE 0165-1)
Elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen (ausgenommen Grubenbaue)
- 1.6 DIN VDE 0165 : 1991 (überholt)
Errichten elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen
- 1.7 DIN VDE 0166 : 1996 (Entwurf)
Errichten elektrischer Anlagen in durch explosionsgefährliche Stoffe gefährdeten Bereichen
- 1.8 ElexV
Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen
Bundesgesetzblatt Jahrgang 1996, Teil I, Nr. 65
- 1.9 EX-RL
Regeln BGR 104 (bislang ZH1/10) "Explosionsschutz-Regeln", Ausgabe 7.2000
Regeln für das Vermeiden der Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre, mit Beispielsammlung
Fachausschuss "Chemie" der BGZ
- 1.10 Richtlinie Nr. 4 "Statische Elektrizität" Ausgabe 4/1980
Richtlinien für die Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen
BG Chemie
- 1.11 a) *Nabert, K.; Schön, G.:*
Sicherheitstechnische Kennzahlen brennbarer Gase und Dämpfe
Deutscher Eichverlag, Braunschweig 1963, mit 5. Nachtrag 1980
b) Sicherheitstechnische Kenngrößen
Band 1: Brennbare Flüssigkeiten und Gase
Brandes, E.; Möller, W.:
NW-Verlag, Bremerhaven, 2003
c) Datenbank im Internet:
CHEMSAFE über DECHEMA
- 1.12 *Jeiter, W.; Nöthlichs, M.:*
Explosionsschutz; Explosionsschutzverordnung (ExVO); Verordnung über elektrische Anlagen
in explosionsgefährdeten Räumen (ElexV); Kommentar und Textsammlung
Erich Schmidt Verlag, Bielefeld 1998
- 1.13 DIN EN 50021 (VDE 0170-16)
Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche – Zündschutzart "n"
- 1.14 DIN EN 60079-10 (VDE 0165-101) = EN 60079-10
Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche – Einteilung der
gasexplosionsgefährdeten Bereiche
- 1.15 DIN EN 60079-14 (VDE 0165-1)
Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche – Elektrische Anlagen in
explosionsgefährdeten Bereichen (ausgenommen Grubenbaue)
- 1.16 DIN EN 60079-17 (VDE 0165-10)
Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche – Prüfung und Instandhaltung
elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen (ausgenommen Grubenbaue)

- 2.1 IEC 60079-0
Electrical apparatus for explosive gas atmospheres
General requirements
- 2.2 IEC 60079-7
Electrical apparatus for explosive gas atmospheres
Increased safety "e"
- 2.3 IEC 60079-10 (= DIN EN 60079-10 / VDE 0165-101)
Electrical apparatus for explosive gas atmospheres
Classification of hazardous areas
- 2.4 IEC 60079-14
Electrical apparatus for explosive gas atmospheres
Electrical installations in hazardous areas (other than mines)
- 2.5 IEC 60079-15
Electrical apparatus for explosive gas atmospheres
Type of protection "n"
- 2.6 IEC 60079-17
Electrical apparatus for explosive gas atmospheres
Inspection and maintenance of electrical installations in hazardous areas (other than mines)
- 2.7 IEC 60079-19
Electrical apparatus for explosive gas atmospheres
Repair and overhaul for apparatus used in explosive atmospheres (other than mines and explosives)
- 2.8 DIN EN 60079-17 (VDE 0170-10-1)
Prüfung und Instandhaltung elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen (ausgenommen Grubenbaue)
- 2.9 IEC 60529
Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)
- 2.10 NEC
National Electrical Code der National Fire Protection Association (NFPA)
Boston, USA
- 2.11 NFPA 497M
Manual for classification of gases, vapors and dusts for
electrical equipment in hazardous (classified) locations
- 2.12 UL 674
Electric motors and generators for use in hazardous locations
Class I, Groups C and D; Class II, Groups E, F and G
Underwriters Laboratories Inc.
- 2.13 BUREAU VERITAS
Rules and regulations for the classification of steel ships
- 2.14 CEC
Canadian Electrical Code
CSA Standard C 22.1
- 2.15 CSA Standard C 22.2 No. 25
Enclosures for use in Class II, Groups E, F and G hazardous locations

3 Bücher, Broschüren, Fachaufsätze

- 3.1 *Olenik, H.; Rentzsch, H.; Wettstein, W.:*
Handbuch für Explosionsschutz
BBC-Fachbuchreihe, Verlag Girardet, Essen 1983
- 3.2 *Dreier, H.; Stadler, H.; Engel, U.; Wickboldt, H.:*
Explosionsschutzte Maschinen der Schutzart "Erhöhte Sicherheit" (Ex)e
Band 3 der PTB-Prüfregeln
Deutscher Eichverlag GmbH, Braunschweig 1969; Nachdruck 1978,
zu beziehen durch das Referat "Schrifttum" der PTB, Braunschweig
- 3.3 *Dreier, H.; Krovoza, F.:*
Richtlinien für die Instandsetzung explosionsschutzter elektrischer Betriebsmittel
Zeitschrift Technische Überwachung 8 (1967) 10, S. 362 ... 363,
und Arbeitsschutz Nr. 1968 H.3, S. 79 ... 81
- 3.4 *Wintrich, H. und Degener, C.H.:*
Explosionsschutzte Reibungsbremsen
PTB-Mitteilungen 1968 H.2, S. 95 ... 100
- 3.5 *Dreier, H. und Hofer, D.:*
Neues Prüf- und Bescheinigungsverfahren für explosionsschutzte elektrische Betriebsmittel
PTB-Mitteilungen 90 (1980), S. 293
- 3.6 *Slominski, W. R.:*
Über die Inkraftsetzung der Europäischen Normen EN 50014 ... 50 20
STAHL-Ex-Zeitschrift (1978)
- 3.7 *Wimmer, H.W.:*
Elektrische explosionsschutzte Betriebsmittel für die Zone 2
STAHL-Ex-Zeitschrift (1998)
- 3.8 *Wettstein, W.:*
Konsequenzen aus der internationalen Harmonisierung der Baubestimmungen VDE 0171 für die
Errichtungsbestimmungen VDE 0165 elektrischer Anlagen für explosionsgefährdete Bereiche
STAHL-Ex-Zeitschrift (1979)
- 3.9 *Dreier, H.; Wettstein, W.; Bauer, K.; Fütterer, R.; Reissig, W.:*
Elektrische Ausrüstungen in explosionsgefährdeten Betriebsstätten
Vorträge der VDE-Arbeitsgemeinschaft 1974 des VDE-Bezirksvereins Frankfurt/Main
VDE-Verlag GmbH, Berlin (1975)
- 3.10 *Greiner, H.:*
IP-Schutzarten
Sonderdruck SD 197 der Firma Danfoss Bauer GmbH
- 3.11 *Greiner, H.:*
Umrichter-Motoren
Sonderdruck SD 2996 der Firma Danfoss Bauer GmbH
- 3.12 *Greiner, H.:*
Schutzmaßnahmen bei Getriebemotoren
Publikation der Firma Danfoss Bauer GmbH
- 3.13 *Greiner, H.:*
Elektrische Antriebe mit Getriebe-Motoren
Publikation der Firma Danfoss Bauer GmbH
- 3.14 *Nachtkamp, J.:*
Einsatzmöglichkeiten drehzahlregelbarer Antriebe in der chemischen Industrie
Chem. Ingenieurtechnik 55 (1982) Heft 8
- 3.15 *Nowak, K.:*
Normen und Schutzarten für die Elektroinstallation
Richard Pflaum Verlag, München (1985)

- 3.16 *Rentzsch, H.:*
Explosionsschutz elektrischer Anlagen – 50 Jahre VDE 0165
ETZ Bd. 106 (1985) Heft 15
- 3.17 *Korger, G.:*
Die Verwaltungspraxis bei der Durchführung der Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen
Vortragsmanuskript zum Lehrgang "Explosionsschutz elektrischer Anlagen"
an der Technischen Akademie Esslingen
- 3.18 Explosionsschutz in der Elektrotechnik für energie- und leittechnische Anlagen
VDE-Bezirksverein Frankfurt, VDE-Verlag, Berlin (1983)
- 3.19 *Linnenbrink, H.:*
Einsatz von drehzahlgeregelten Antrieben im Ex-Bereich
RTP, (1982) Heft 11
- 3.20 *Brunner, H.:*
Beispiele moderner Antriebstechnik zur Energieeinsparung und Verfahrensverbesserung
Chemische Industrie 34, (1982) H.5
- 3.21 *Engel, U. und Wickboldt H.:*
Umrichtergespeiste Drehstromantriebe
PTB-Mitteilungen 98, (1988) H.1
- 3.22 *Dreier, H. und Gehm K.-H.:*
40 Jahre Explosionsschutz elektrischer Betriebsmittel in der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt
PTB-Mitteilungen 97, (1987) H.5
- 3.23 *Engel, U.; Wickboldt H.:*
Explosionsschutz Drehstrommotoren und die neuen Normspannungen
ETZ Band 112 (1991), Heft 20
- 3.24 Abschlussbericht der PTB:
Grundsatzuntersuchungen für explosionsschutz elektrische Betriebsmittel zum Einsatz in Zone 2
- 3.25 *Grass, H.:*
Verhalten explosionsschutz Drehstrommotoren bei 400 V
ETZ Band 113 (1992), Heft 21
- 3.26 *Grass, H.:*
Explosionsschutz Drehstrommotoren in Zündschutzart "Druckfeste Kapselung"
Sichere Antriebskomponenten auch im Umrichterbetrieb
- 3.27 *de Haas, K.:*
Installationstechnik in der Zone 2
11. Ex-Sachverständigen-Seminar 1991
- 3.28 *Engel, U.; Wickboldt H.:*
Explosionsschutz bei Umrichterantrieben
Tagungsunterlagen zum ZVEI / FV1 Erfahrungsaustausch Umrichterspeisung, 1993
- 3.29 *Greiner, H.:*
Neue Normspannung 400 V nach IEC 38 : Weiterbetrieb oder Umwicklung von Drehstrommotoren ?
ema, Elektrische Maschinen, (1993) H.4
- 3.30 *Grass, H.:*
Explosionsschutz Industriemotoren entsprechend Europeanorm
Technische Information der Firma Felten & Guillaume
- 3.31 Fachverband Stromrichter im ZVEI :
Energieeinsparung durch drehzahlveränderliche elektrische Antriebe
ETZ Bd.101 (1980), H. 5
- 3.32 *Falk, K.:*
Explosionsschutz Elektromotoren
VDE-Schriftenreihe 64, VDE-Verlag, Berlin (1997); Neuausgabe *Falk, Hofbauer* (2004)

- 3.33 *Cole, M. T.; Stoyanow, J. S.; Völker, P.:*
Explosionsschutz in den USA und Kanada
STAHL-Ex-Zeitschrift (1996)
- 3.34 *Neudecker, M.; Wehinger, H.:*
Die neue europäische Ex-Schutz-Richtlinie
ETZ Bd. 115 (1994), H. 21
- 3.35 *Mattes, H.:*
Einheitliche Spielregeln für den europäischen Explosionsschutz
STAHL-Ex-Zeitschrift (1997)
- 3.36 *Wehinger, H.:*
Veränderungen in den Rechtsgrundlagen des Explosionsschutzes
STAHL-Ex-Zeitschrift (1996)
- 3.37 *Nowak, K.:*
Elektrischer Explosionsschutz – Beginn der Neuregelung 1997
de (1996) H. 21
- 3.38 *Pester, J.:*
Explosionsschutz elektrischer Anlagen
Verlag Technik Berlin / VDE-Verlag Berlin, Offenbach (1998); Neuauflage (2004)
- 3.39 *Lawrence, W.G.; Berner, W.:*
Das Zonen-System in den USA
STAHL-Ex-Zeitschrift (1999)
- 3.40 *Nowak, K.:*
Elektroinstallation in staubexplosionsgefährdeten Bereichen
de (1999) H. 15-16/
- 3.41 *Limbacher, B.; Berner, W.:*
Elektrische Betriebsmittel der Zündschutzart "n" für explosionsgefährdete Bereiche der Zone 2
STAHL-Ex-Zeitschrift (1998)
- 3.42 *Greiner, H.; u.a.:*
Elektroinstallation und Betriebsmittel in explosionsgefährdeten Bereichen
Hüthig & Pflaum Verlag, Heidelberg (2006) (2. Auflage; früher Olenik u.a.)
- 3.43 *Kloska, M.:*
Normung im Bereich des nichtelektrischen Explosionsschutzes
STAHL-Ex-Zeitschrift (1999)
- 3.44 *Sturm, W. u. a.:*
Schalten, Schützen, Verteilen in Niederspannungsnetzen
SIEMENS-Handbuch; Publicis MCD Verlag, Erlangen (1997)
- 3.45 *Bothe H.:*
Europäische Normung für nichtelektrische explosionsgeschützte Geräte in CEN/TC305/WG2
Fachbereich 3.3 "Physikalische Sicherheitstechnik" der PTB
- 3.46 *Nowak, K.:*
Sichere Elektroinstallation in explosivstoffgefährdeten Bereichen
de 24/2000
- 3.47 *Beyer, M.:*
Methode der Zündgefahrbewertung
PTB-Workshop (2002)
- 3.48 *Lienesch, F.:*
Umrichter gespeiste elektrische Antriebe
STAHL-Ex-Zeitschrift (2003)
- 3.49 *Nowak, K.:*
Historische Entwicklung des elektrischen Explosionsschutzes
de 17/2001
- 3.50 *Lehrmann, C.:*
Ex-geschützt: Antriebe mit Frequenzumrichter
Bulletin SEC/VSE 24/25 2004
- 3.51 *Dyrba, B.:*
Kompendium Explosionsschutz; Carl Heymanns Verlag KG, Köln-Berlin-München: (2005)

III STAUB-EXPLOSIONSSCHUTZ

18 Einführung

Wo brennbare Stäube hergestellt, verarbeitet, transportiert, gelagert oder verpackt werden, besteht die Gefahr einer **Staubexplosion**. Die Bilder 18.1 bis 18.4 sollen einen Eindruck von der Heftigkeit und Gefährlichkeit einer solchen Explosion vermitteln.



Bild 18.1
Silo-Explosion bei SEMABLA, Blaye, Gironde (1997) Foto: VSD

Staubexplosionen – wenn auch meist leichter Art – kommen relativ häufig vor. In einer Broschüre der Berufsgenossenschaft [2.2] heißt es:
"Nach den Unterlagen der Sachversicherer kann davon ausgegangen werden, dass sich in der Bundesrepublik durchschnittlich pro Tag eine Staubexplosion ereignet; etwa jede vierte dieser Explosionen wird durch Nahrungs- oder Futtermittelstäube ausgelöst."



Bild 18.2
Getreidemühle in Texas (1977)
Foto: R.W. Schoeff, Kansas Univ.



Bild 18.3
Silo einer Malzfabrik in Metz nach
einer Staubexplosion (1982)



Bild 18.4
Überreste des Silos einer Malzfabrik nach einer Staubexplosion (1982)
(Bilder 18.3 und 18.4 zur Verfügung gestellt von "Républicain Lorrain")

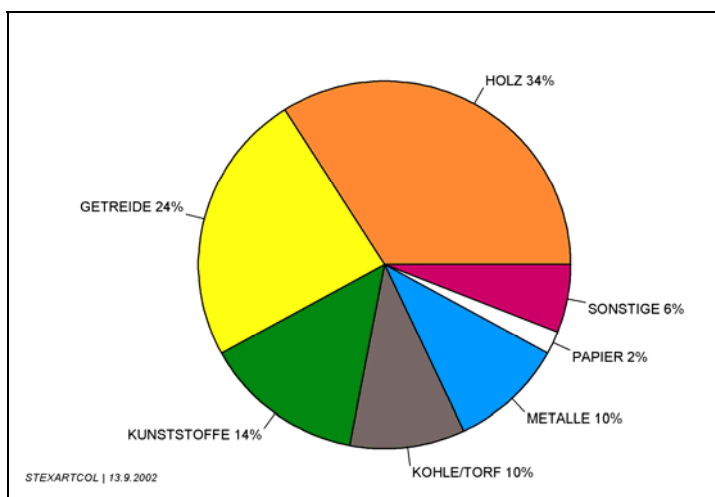


Bild 18.5
Anteil der Staubarten an Staubexplosionen (Basis 1977; Statistik nicht weitergeführt)

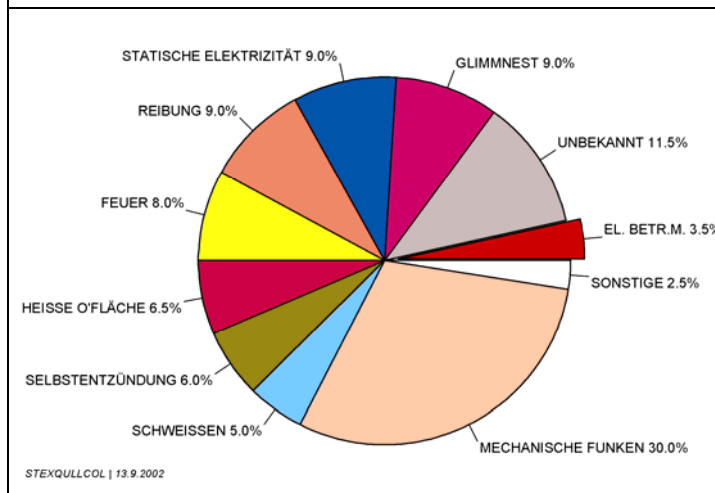


Bild 18.6
Anteil der elektrischen Betriebsmittel an den Zündquellen

Staubexplosionen sind weltweit ein Problem. In den USA wurden z. B. von 1980 bis 1990 etwa 200 schwere Staubexplosionen durch Nahrungs- und Futtermittelstäube verzeichnet, bei denen 54 Menschen getötet und 256 verletzt wurden und ein Sachschaden von etwa 165 Mio. US-Dollar entstand [2.20, 2.21].

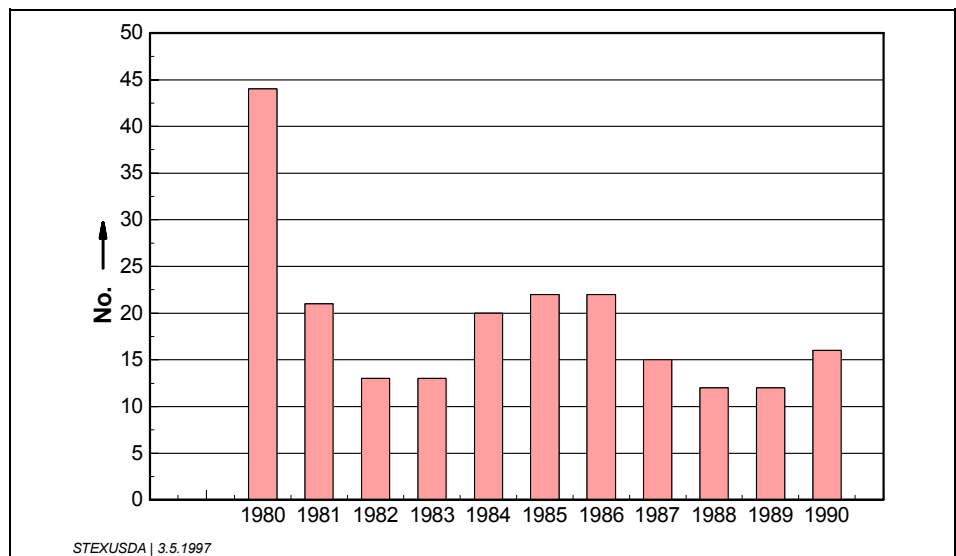


Bild 18.7

Explosionen mit Nahrungs- und Futtermittelstäuben, die in der Zeit 1980 ... 1990 vom "Federal Grain Inspection Service" des U.S. Department of Agriculture erfasst wurden

Elektrische Betriebsmittel stellen nur einen geringen Anteil der ermittelten Zündquellen von Staubexplosionen dar – nicht zuletzt auch ein Erfolg der sicherheitstechnischen Festlegungen in den Bestimmungen für die Errichtung elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen [1.1].

Mit Einführung der "Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen - ElexV" [1.4] im Jahre 1980 wurde für elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in der Zone 10 (ab 01.07.2003 in Zonen 20 und 21) eine Baumusterprüfbescheinigung durch eine benannte Stelle gesetzlich vorgeschrieben. Auslöser für diese Entwicklung in Deutschland war das Explosionsunglück bei der Rolandmühle (Bild 18.6).



Bild 18.6 Rolandmühle in Bremen nach der Staubexplosion 1979

**19 Vergleich
Staub – Gas**

Es liegt für den Praktiker nahe, die relativ neuen Bestimmungen für den Staub-Explosionsschutz mit den lange bekannten und bewährten Bestimmungen für den Gas-Explosionsschutz zu vergleichen. Vielfach besteht fälschlich die Meinung, dass die Anforderungen des Staub-Explosionsschutzes mit einer der bestehenden Gas-Zündschutzarten (z.B. "d" – druckfeste Kapselung) ohne weiteres erfüllt wären.

Die folgenden Ausführungen sollen gewisse Parallelen – aber auch wichtige Gegensätze – aufzeigen.

19.1 Zündfähiger Staub

Staub mit einer Korngröße über etwa 400 µm (0,4 mm) ist nicht zündfähig. Beim Transport und Verarbeiten von grobem Staub entsteht jedoch durch Abrieb immer auch feinerer Staub (nach Untersuchungen der BG "Nahrungsmittel und Gaststätten" zum Beispiel 0,1 bis 0,25 Gewichtsprozent). Ein Denkmodell nach Tabelle 19.1 soll zeigen, wie die Oberfläche auf das 10 000-fache anwächst, wenn ein Würfel von 1 cm Seitenlänge in Partikel von 1 µm Seitenlänge aufgeteilt wird [2.23]. Es ergibt sich für die Summe aller Partikel eine rechnerische Gesamtoberfläche von 6 m².

Diese Oberfläche ist mit Sauerstoff reaktionsfähig – daher die Gefahr der Staubexplosion !

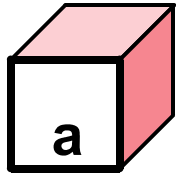
				
a	Z	A₁	A = A₁ · Z	Rel.
mm		cm ²	cm ²	
10	1	6	6	1
1	10 ³	6·10 ⁻²	6·10	10
0,1	10 ⁶	6·10 ⁻⁴	6·10 ²	100
0,01	10 ⁹	6·10 ⁻⁶	6·10 ³	1000
0,001	10 ¹²	6·10 ⁻⁸	6·10 ⁴ = 6 m ²	10 000

Tabelle 19.1
Oberflächen-Vergrößerung bei Teilung eines Würfels aus brennbarem Stoff

- a - Kantenlänge des Würfels
- Z - Zahl der Teile
- A₁ - Oberfläche eines Teils
- A - Gesamt-Oberfläche aller Teile
- Rel. - Relative Oberfläche
- Bereich der zündfähigen Partikelgröße

19.2 Explosionsgrenzen

Wie bei den Gasen besteht auch bei den Stäuben die Explosionsfähigkeit nur in gewissen Grenzen der Konzentration [2.1] und [2.3]:

Untere Explosionsgrenze ca. 20 ... 60 g/m³

Obere Explosionsgrenze ca. 2 ... 6 kg/m³

Zur Verdeutlichung der Konzentration fünf Beispiele:

- Bei einer Staumdichte von 30 g/m³ ist eine 40-Watt-Lampe aus 1 m Entfernung nicht mehr sichtbar [2.23]; ein Richtwert, der für eine Beurteilung der Gefährdung allein nicht ausreicht.
- In einer Ausschreibung für Saudi-Arabien wird ein "Staubsturm" mit 40 g/m³ definiert.
- Bei der nach IEC 60529 bzw. EN 60529 genormten Prüfung auf Staubbichtheit für die Schutzarten IP5X und IP6X herrscht in der Prüfkammer eine Staumdichte von etwa 50 g/m³.
- Nach Messungen der DMT/BVS entsteht bei einer Staumdichte von etwa 50 g/m³ in nur 5 cm Abstand von einer Lichtquelle ein Lichtverlust von 50 %.
- Eine Staubschicht von weniger als 1 mm Dicke auf dem Fußboden eines normalhohen Raumes reicht aus, um den ganzen Raum mit explosionsfähigem Gemisch zu füllen.

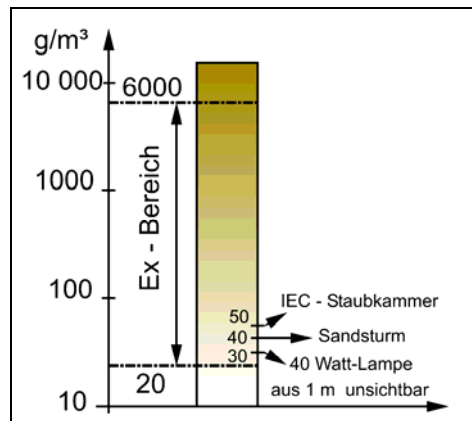


Bild 19.2.1
Vergleich von Staubdichten

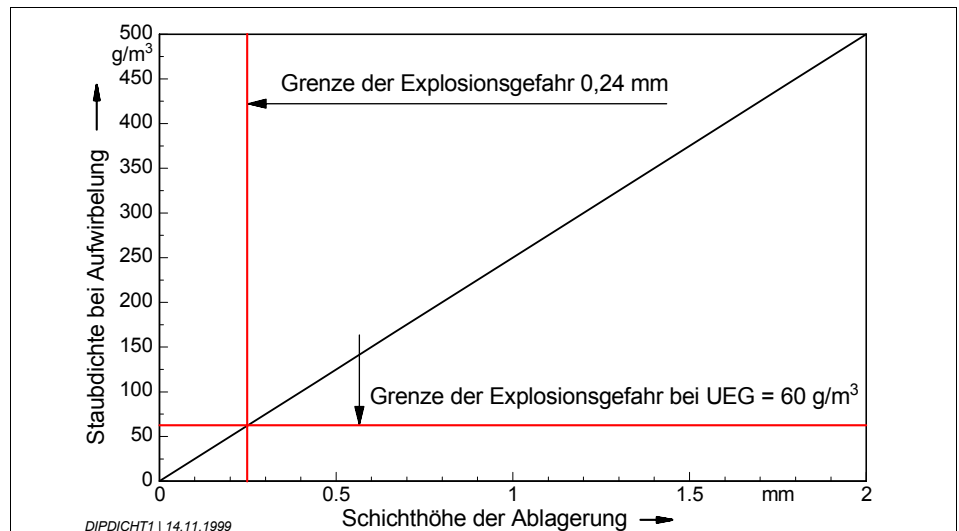


Bild 19.2.2

Staubdichte bei gleichmäßiger Aufwirbelung einer Staubablagerung;
Schüttdichte 0,6 kg/dm³, Raumhöhe 2,4 m

Die Beispiele zeigen, dass eine explosionsfähige Staub-Luft-Mischung in normalen Arbeitsräumen nicht denkbar erscheint, sondern nur im Innern von Transport- oder Verarbeitungseinrichtungen vorkommen kann.

Bild 19.2.2 verdeutlicht jedoch auch die Gefahr einer Staubablagerung.

19.3 Dauer des Störfalles

Beim Gas-Explosionsschutz kann davon ausgegangen werden, dass eine zündfähige Gaskonzentration wegen der toxischen Gefahr so rasch wie möglich beseitigt wird. Nach der Störung verflüchtigt sich das Gas, und der Ausgangszustand ist wiederhergestellt.

Staub verflüchtigt sich nicht, sondern lagert sich in immer dicker werdender Schicht ab. Ist diese Schicht genügend hoch, so kann es durch Wärmestau zu einem Glimmnest kommen. Bei Aufwirbelungen durch äußere Einflüsse (starker Luftzug, Verpuffung, Glimmbrand) kann ein Staub-Luft-Gemisch in zündfähiger Konzentration entstehen.

19.4 Mindest-Zündenergie

Bei den meisten Stäuben liegt die Mindest-Zündenergie um Größenordnungen höher als bei den Gasen.

Bei einigen "Exoten" (Phosphor, Naphthol) liegt sie allerdings mit Werten unter 10 mJ im Bereich der MZE von Gasen – vgl. Literatur [1.7] und [1.11].

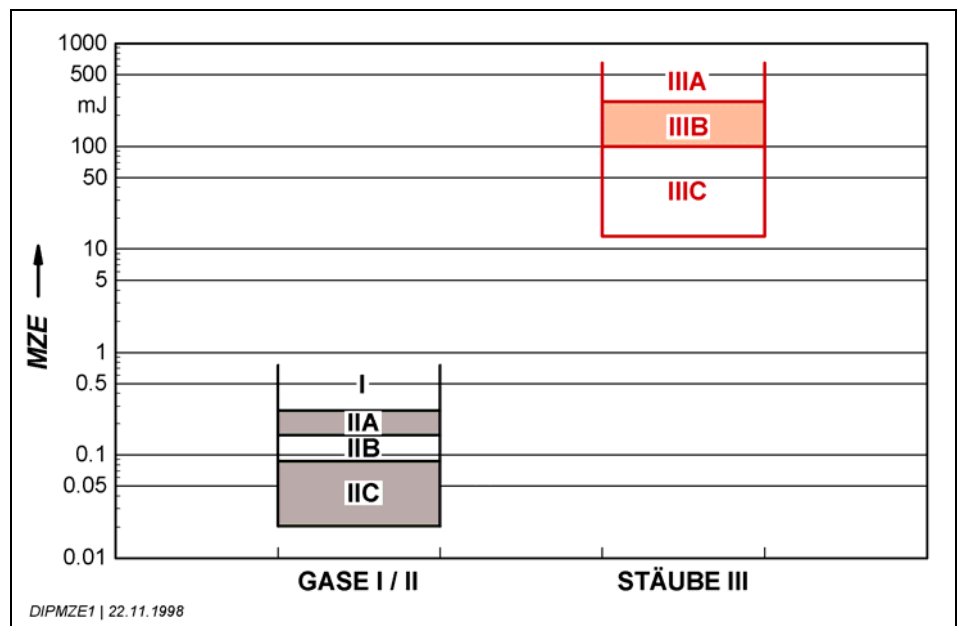


Bild 19.4
Größenordnungen der Mindestzündenergie von Gasen und Stäuben
Einteilung der Klassen III A ... III C (nicht abgeschlossene Diskussion)

19.5 Mediendichte Kapselung

Im Gegensatz zu einer gasdichten Kapselung lässt sich eine staubdichte Kapselung mit relativ einfachen mechanischen Mitteln (Dichtungen) herstellen. Dadurch kann im Innern eines Betriebsmittels ein "ungefährdeter" Bereich hergestellt werden.

Dieses einfache Prinzip ist ein wesentlicher Bestandteil des Staub-Explosionsschutzes !

Zünddurchschlagsichere Spalte von Betriebsmitteln der Zündschutzart "d" liegen gemäß DIN EN 50018/IEC 60079-1 je nach Explosionsgruppe und Gehäusevolumen etwa im Bereich 0,1 bis 0,75 mm (100 bis 750 µm). Explosionsfähige Stäube haben Korngrößen von etwa 0,02 bis 0,4 mm (20 bis 400 µm).

Ein druckfest gekapseltes Gehäuse ist also nicht ohne weiteres auch staubdicht.

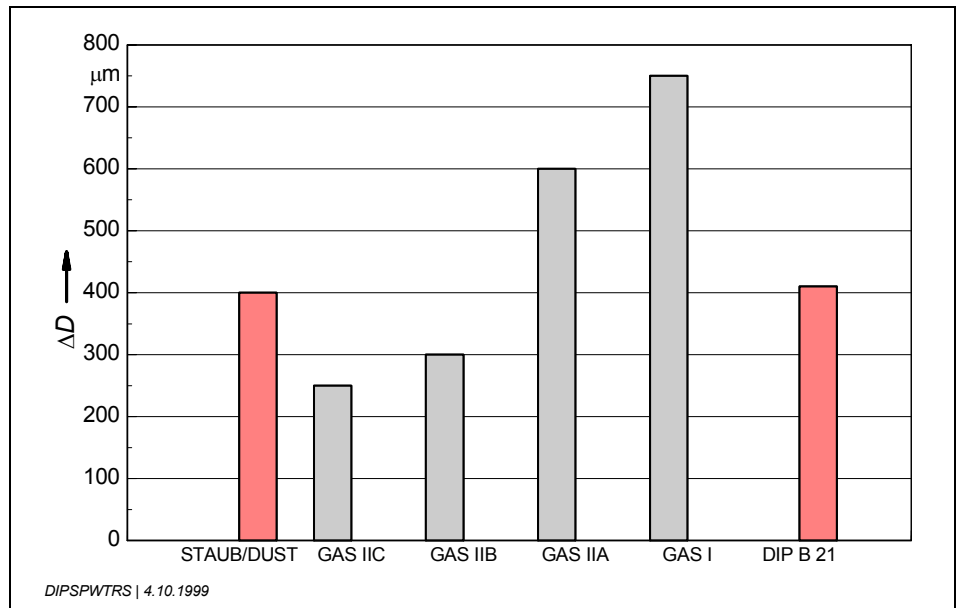


Bild 19.5

Vergleich der zulässigen Spaltweite bei Spalllänge 25 mm für Explosionsgruppen I, IIA, IIB und IIC bei Zündschutzart EEx d (druckfeste Kapselung) mit den Korngrößen zündfähiger Stäube (STAUB/DUST) und mit der Spaltweite nach IEC/EN 61241-1 Practice B (früher IEC 61241-1-1)

19.6 Staub-Ex-Schutz abhängig von den Betriebsbedingungen

Aus den obigen, stark vereinfachten Vergleichen ergibt sich, dass der Staub-Explosionsschutz weit mehr als der Gas-Explosionsschutz von den jeweiligen örtlichen Betriebsbedingungen abhängt.

Ein "staubexplosionsschutztes" Betriebsmittel, dessen Oberflächentemperatur bei der "genormten" Staubaufgabe von 5 mm unterhalb der zulässigen Grenze liegt, kann trotz amtlichen Prüfzeugnisses zur Gefahrenquelle werden, wenn es entgegen den Bedingungen mit einer dicken Staubschicht bedeckt oder gar ganz verschüttet wird.

Mehr als der Gas-Explosionsschutz hängt daher der Staub-Explosionsschutz von der richtigen Auswahl, den Einsatzbedingungen und von einer laufenden Überwachung und Wartung ab.

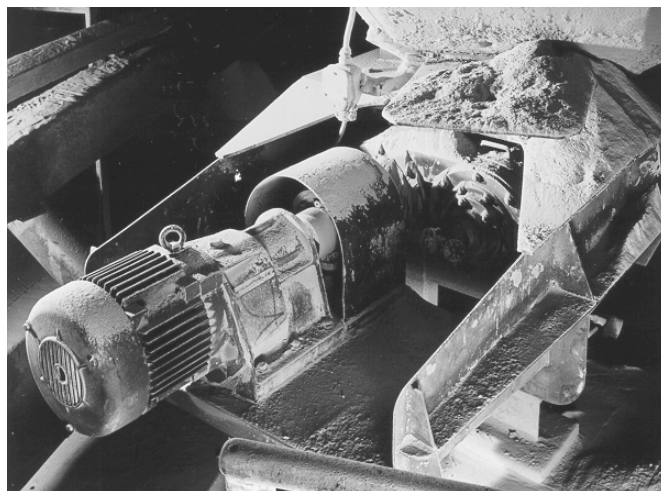


Bild 19.6
Beispiel für starke Staubablagerung bei einer Förderschnecke

20 Temperatur-Kenngrößen von Stäuben

Wichtige Kenngrößen sind – neben der elektrischen Leitfähigkeit – die Glimmtemperatur und die Zündtemperatur eines brennbaren Staubes. Vor allem bei Naturprodukten von oft sehr unterschiedlicher Beschaffenheit und Herkunft können die experimentell ermittelten Werte oder Literaturangaben oft erheblich voneinander abweichen. Die folgenden Definitionen sind EN 50281-1-1 entnommen.

20.1 Glimmtemperatur einer Staubschicht

Die Glimmtemperatur ist die niedrigste Temperatur einer heißen Oberfläche, bei der sich eine Staubschicht von festgelegter Dicke auf dieser heißen Oberfläche entzündet (Prinzipbild 20.1 in Anlehnung an EN 50281-2-1).

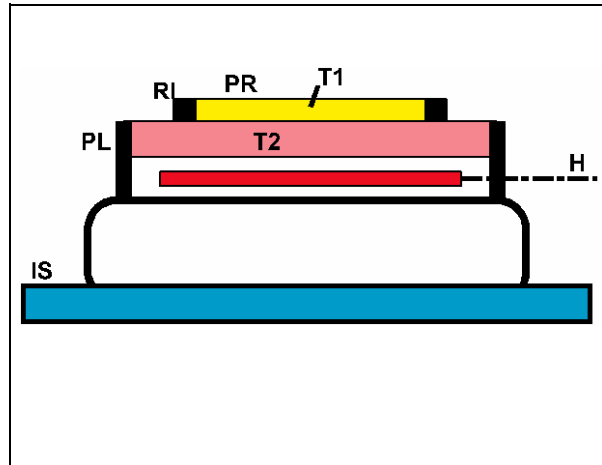


Bild 20.1
Heizplatte zur Bestimmung der Glimmtemperatur
PR - 5 mm dicke Staubprobe
RI - Ring
PL - Heizplatte
IS - Isolierung
H - Heizung
T1 - Temperatur der Staubschicht
T2 - Temperatur der Heizplatte

20.2 Zündtemperatur

Die Zündtemperatur ist die niedrigste Temperatur der heißen inneren Wand eines Ofens, bei der sich eine Staubwolke im Ofen entzündet.

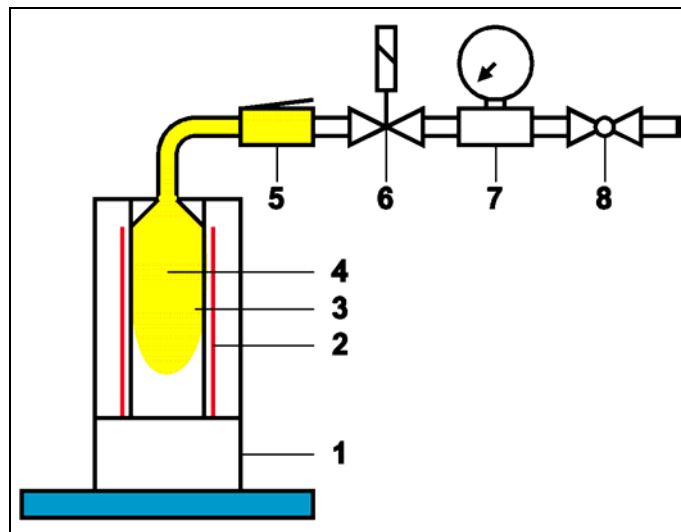


Bild 20.2
Apparatur zur Bestimmung der Zündtemperatur nach EN 50281-2-1 (Einzelheiten der Bauteile siehe Norm)

Die Relation der beiden nach 20.1 und 20.2 ermittelten Temperaturen ist von Stoff zu Stoff verschieden.

In den internationalen Normen wird für **beide** Temperaturen der Begriff **"ignition temperature"** verwendet, eventuell ergänzt durch "of a layer" oder "of a cloud".

20.3 Einteilung der brennbaren Stäube

Der BIA-Report "**Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben**" [2.3] enthält Tabellen mit Kenngrößen von nahezu 4 300 Staubproben, die teilweise auch im Internet unter www.bia.de abrufbar sind.

- Organische Produkte
- Naturprodukte
 - Technisch-chemische Produkte
 - Anorganische Produkte
- Sonstige.

Eine Klassifizierung mit Kurzzeichen (ähnlich wie bei Gasen und Dämpfen) wurde zwar in der Literatur und in den Normengremien vorgeschlagen [2.17], in den Bestimmungen jedoch nicht getroffen. Die zuständigen deutschen Gremien der DKE wehrten sich auf europäischer Ebene und auch bei IEC mit Erfolg gegen eine Übernahme der bei Gasen und Dämpfen gebräuchlichen Temperaturklassen, und zwar aus folgenden Gründen:

Die Temperaturklasse ist zunächst einem Bereich von **Zündtemperaturen** zugeordnet – kompetente Tabellenwerke mit "Sicherheitstechnischen Kennzahlen" sind entsprechend aufgebaut. Bei Gasen und Dämpfen ist es sicherheitstechnisch gerechtfertigt, dieser Klassifikation auch die Bedeutung einer **maximal zulässigen Oberflächentemperatur** zuzuordnen. Tabelle 1 in EN 60079-14 ist ein Beispiel für diese parallele Anordnung.

Eine unbewertete Übertragung dieser für Gase und Dämpfe gewohnten Betrachtungsweise auf Stäube birgt die Gefahr, dass die dort notwendigen **Sicherheitsabstände** zwischen Oberflächentemperatur und Zündtemperatur ("2/3" bzw. "75 K") unbeachtet bleiben. Auch wenn in den Normen auf diese Gefahr hingewiesen wird – vor Ort hat es der Praktiker jedoch mit der Kurzform eines Kennzeichnungsschildes (ohne erklärende Hinweise in Normen) zu tun. Er müsste also die gleiche Abkürzung (z. B. T3) bei Gasen anders interpretieren als bei Stäuben. Die Normengeber sollten es aber möglichst vermeiden, dem Anwender zusätzliche – in diesem Fall die Sicherheit beeinträchtigende – Stolperfallen zu stellen.

In der neuen Norm IEC/EN 61241-0 wurde diesen Bedenken Rechnung getragen; die alternative Angabe einer Temperaturklasse (wie bei Gasen) ist nicht mehr vorgesehen.

In Tabelle 20.3 sind – mit freundlicher Genehmigung durch BIA und BVS – einige der erfassten Stäube zusammengestellt. Die Grenzen der Anwendbarkeit dieser Tabellen sind gemäß den Erläuterungen im Original zu beachten.

STF-Nr.	Feststoffbezeichnung	Zündtemperatur °C	Grenztemperatur °C	Glimmtemperatur °C	Grenztemperatur °C	Stoff-Nr.
---------	----------------------	----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------

Naturprodukte

0001	Baumwolle	560	373	350	275	0001
0003	Cellulose	500	333	370	295	0003
0021	Holzmehl	400	267	300	225	0021
0027	Holzharz	500	333	290	215	0027
0038	Kork	470	313	300	225	0038
0051	Papier	540	360	300	225	0051
0074	Torf	360	240	295	220	0074
0105	Getreide	420	280	290	215	0105
0115	Kakao	580	387	460	385	0115
0121	Kopra	470	313	290	215	0121
0122	Krafftutter	520	347	295	220	0122
0141	Milchpulver	440	293	340	265	0141
0167	Soja	500	333	245	170	0167
0175	Stärke	440	293	290	215	0175
0207	Tabak	450	300	300	225	0207
0209	Tapioka	450	300	290	215	0209
0211	Tee	510	340	300	225	0211
0222	Weizenmehl	480	320	450	375	0222
0232	Pektinzucker	410	273	380	305	0232
0236	Zuckerrüben	460	307	290	215	0236
0242	Braunkohle	380	253	225	150	0242
0259	Steinkohle	590	393	245	170	0259
0280	Lein	440	293	230	155	0280

Technisch-chemische Produkte

0294	Gummi	570	380	-	-	0294
0304	Epoxidharz	510	340	-	-	0304
0321	Phenolharz	450	300	-	-	0321
0329	Kautschuk	460	307	220	145	0329
0357	Polyethylen	360	240	-	-	0357
0392	Polyamid	520	347	-	-	0392
0397	Polyester	560	373	-	-	0397
0409	Polypropylen	410	273	-	-	0409
0425	Polyvinylacetat	500	333	340	265	0425
0474	Polyvinylchlorid	530	353	380	305	0474
0492	Schichtpressstoff	510	340	330	255	0492
0506	N-Cetyl-N.N.N-trimethylammoniumbromid	290	193	320	245	0506
0507	N-Cetylpyridiniumchlorid-Monohydrat	290	193	315	240	0507
0522	Isosorbiddinitrat	220	147	240	165	0522
0580	Celluloseether	330	220	275	200	0580
0632	Polysaccharid-Derivat	580	387	270	195	0632
0668	Waschmittel	330	220	-	-	0668

Metalle

0681	Aluminium	530	353	280	205	0681
0696	Bronze	390	260	260	185	0696
0701	Eisen	310	207	300	225	0701
0718	Cu-Si-Legierung	690	460	305	230	0718
0723	Magnesium	610	407	410	335	0723
0725	Mangan	330	220	285	210	0725
0733	Zink	570	380	440	365	0733

Sonstige

0750	Petrolkoks	690	460	280	205	0750
0753	Ruß	620	413	385	310	0753
0766	Schwefel	280	187	280	205	0766

Tabelle 20.3 Temperatur-Kenngrößen von Stäuben (Auszug aus [2.3])

20.4 Hybride Gemische

Hybride Gemische sind Vermischungen von brennbaren Stäuben und Gasen, die z. B. bei der Herstellung oder Verarbeitung lösemittelhaltiger Produkte, oder bei Schwelgasaustritt aus überhitzten staubförmigen Produkten (Holzkohle) auftreten können. Es treten Veränderungen der sicherheitstechnischen Kenngrößen auf; z. B. eine Ausweitung der Explosionsgrenzen, die Zunahme des Explosionsdruckes und eine Verringerung der Mindestzündenergie.

Zur **Zoneneinteilung bei Anwesenheit von hybriden Gemischen** heißt es in den EX-RL [1.5], Abschnitt E 2.1, Seite 66:

"Bestehen bei der Einteilung in Zonen Zweifel, muss sich in dem gesamten explosionsgefährdeten Bereich der Umfang der Schutzmaßnahmen nach der jeweils höchstmöglichen Wahrscheinlichkeit des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre richten. Aus diesem Grunde ist in den Fällen, in denen Stäube mit Gasen, Dämpfen oder Nebeln gemeinsam gefährliche explosionsfähige Atmosphäre bilden können (hybride Gemische), die Einteilung des explosionsgefährdeten Bereiches **sowohl** nach den Zonen 0, 1 und 2 **als auch** nach den Zonen 20, 21 und 22 in Erwägung zu ziehen."

Bei hybriden Gemischen ist im Allgemeinen zwar die Einhaltung der beiden Einzelbestimmungen für Gas und Staub eine erste gute Voraussetzung, aber oft nicht ausreichend, um eine ausdrückliche Gewährleistung für die Mischung abgeben zu können.

Bei *Bartknecht* [2.1] heißt es hierzu:

"Besondere Beachtung ist den Reaktionen von Staub/Luft-Gemischen zu schenken, die in Gegenwart von Gas/Luft- bzw. Dampf/Luft-Gemischen ablaufen, selbst wenn die Gas- bzw. Dampfkonzentrationen unter der unteren Explosionsgrenze liegen. Bei solchen *hybriden Gemischen* ist speziell zu berücksichtigen:

- a) nicht explosionsfähige Staub/- und nicht explosionsfähige Gas/Luft-Gemische können ein explosionsfähiges hybrides Gemisch bilden,
- b) die Explosionheftigkeit der brennbaren Stäube kann mit steigendem Brenngas-(Dampf-) Gehalt stark überhöht werden (Verschärfung der Staubexplosionsklasse!) und
- c) die Mindestzündenergie des Staubes wird im hybriden Gemisch unterschiedlich stark herabgesetzt, was bei den leicht entzündlichen Stäuben als besonders gefährlich anzusehen ist."

Ob bei einer bestimmten Kombination von explosionsfähigem Gas mit brennbarem Staub die für eine Zündung maßgebenden Kenngrößen ungünstig beeinflusst werden, muss im **Einzelfall durch eine hierfür kompetente benannte Stelle (z.B. BAM, EXAM) beurteilt** werden.

Pauschale Aussagen durch den Hersteller des Betriebsmittels sind nur unter der Voraussetzung möglich, dass die relevanten Explosionskennwerte der hybriden Mischung nicht ungünstiger sind als die Werte der einzelnen Komponenten.

21 Zoneneinteilung

Zur **Einteilung der durch brennbaren Staub explosionsgefährdeten Bereiche** gab es auf den verschiedenen Normungsebenen sehr kontroverse und langwierige Diskussionen, die nachfolgend nur gekürzt und mit dem derzeitigen Ergebnis wiedergegeben werden können.

21.1 Allgemeines

Bei der Zoneneinteilung der durch Gase und Dämpfe explosionsgefährdeten Bereiche spielen Häufigkeit und Dauer der Störung eine wichtige Rolle. Jeder nach einer gewissen Zeit auftretende Störfall ist ein "neuer" Fall, da sich die Situation inzwischen durch natürliche Ventilation und durch Verflüchtigung des Gases selbst korrigiert hat.

Anders bei Stäuben: Hier kann die bei der einzelnen Freisetzung auftretende Staubmenge für sich allein ungefährlich sein, sich jedoch im Laufe der Zeit so akkumulieren, dass schließlich bei Aufwirbelung eine explosionsfähige Atmosphäre entsteht (vgl. auch Bilder 19.2.2 und 19.6).

Aus diesem Grund hatte sich die Zoneneinteilung einiger Länder (z. B. Australien, Großbritannien, Neuseeland) an der Staubmenge orientiert, die in schwebendem **oder abgelagertem** Zustand vorhanden ist und eine explosionsfähige Atmosphäre bildet **oder bilden könnte**. Diese Betrachtungsweise galt zunächst auch noch für die Zoneneinteilung in der 1993 eingeführten Normenreihe IEC 61241. Mit IEC/EN 61241-10 bzw. EN 50281-3) wird nun endlich der Argumentation deutscher Fachleute gefolgt und auch international eine Anpassung an die europäischen Richtlinien (ATEX) erreicht.

Die Zoneneinteilung in den früheren deutschen Bestimmungen richtete sich vorwiegend danach, wie lange und wie häufig das explosionsfähige Gemisch **als Atmosphäre** vorhanden ist. Dieser Grundsatz wurde nach längerer Diskussion auch in die Richtlinie 1999/92/EU und für die bei CEN und CENELEC erarbeiteten europäischen Normen übernommen – allerdings mit dem Hinweis, dass abgelagerter Staub getrennt zu bewerten ist.

Bezüglich der **Zahl der Zonen mit Staubexplosionsgefahr** bestanden und bestehen noch weltweit erhebliche Unterschiede (Bild 21.1 und 21.2.2):

- Australien und Neuseeland hatten nur **eine** Zone nach dem Prinzip: Staub ist immer gefährlich, ob abgelagert oder aufgewirbelt.
- USA und Kanada haben **zwei** Zonen, Deutschland und UK hatten nach früherer nationaler Norm ebenfalls zwei Zonen.
- IEC, EG-Richtlinie und konsequenterweise die EN von CEN und CENELEC haben in Anlehnung an den Gas-Explosionsschutz das Prinzip der Teilung in **drei** Zonen übernommen, deren praktische Umsetzung mit IEC/EN 61241-10 vollzogen ist.

Land	Norm	Zone / Division		
AS	AS 2430.2 : 1986	Class II		
GB	BS 6467 : 2 : 1988	Z	Y	
DE	VDE 0165 : 1991	10	11	
USA	NEC 500-6 : 2002	Div. 1	Div. 2	
EU	EN 50281-3 : 2002	20	21	22
INT	IEC 61241-10 : 2003	20	21	22

Bild 21.1 Zahl der Zonen in staubexplosionsgefährdeten Bereichen
Internationaler Vergleich

21.2 Einteilung

Ausgehend von der EG-Richtlinie 1999/92/EU hat sich bei IEC, CEN und CENELEC die Unterteilung in drei Bereiche durchgesetzt. Nach dem derzeitigen Stand ergibt sich folgender Vergleich (Hervorhebungen durch Autor):

DIN VDE 0165	Zone 10 (national vor ATEX)		Zone 11 (national vor ATEX)
EX - RL	umfasst Bereiche, in denen gefährliche explosionsfähige Atmosphäre langfristig oder häufig vorhanden ist. Hierzu gibt die EX-RL in E 2. folgende Erläuterung: Hierzu gehört in der Regel nur das Innere von Apparaturen (Mühlen, Trockner, Mischer, Förderleitungen, Silos usw.), wenn langfristig oder häufig Staub explosive Gemische in gefahrdrohender Menge bilden kann.		umfasst Bereiche, in denen damit zu rechnen ist, dass gelegentlich durch Aufwirbeln abgelagerten Staubes explosionsfähige Atmosphäre kurzzeitig auftritt. Dazu die EX-RL: Hierzu können u.a. gehören Bereiche in der Umgebung Staub enthaltender Apparaturen, wenn Staub aus Undichtheiten austreten kann und sich Staubablagerung in gefahrdrohender Menge bilden kann (z.B. Mühlenräumen, in denen Staub aus den Mühlen austreten und sich ablagern kann).
IEC 61241:1997	Zone 20	Zone 21	Zone 22
*) siehe Fußnote	Ein Bereich, in dem brennbarer Staub als Wolke im bestimmungsgemäßen Betrieb dauernd oder häufig vorhanden ist in ausreichender Menge, die eine explosionsfähige Konzentration von brennbarem Staub in Mischung mit Luft bilden kann und/oder wo Staubablagerungen in unbestimmter oder übermäßiger Dicke gebildet werden können. Dies kann im Inneren von Behältnissen auftreten, wo Staub häufig oder langfristig explosionsfähige Gemische bilden kann. Dies geschieht üblicherweise im Inneren von Verarbeitungsapparaturen.	Ein Bereich, der nicht der Zone 20 zugeordnet ist, in dem brennbarer Staub als Wolke im bestimmungsgemäßen Betrieb gelegentlich vorhanden ist in ausreichender Menge, die eine explosionsfähige Konzentration von brennbarem Staub in Mischung mit Luft bilden kann. Diese Zone kann unter anderem einschließen: Bereiche in der unmittelbaren Umgebung von Füll- oder Entleerstationen und Bereiche, in denen Staubablagerungen auftreten, die im normalen Betrieb gelegentlich zu einer explosionsfähigen Mischung von brennbarem Staub mit Luft führen können.	Ein Bereich, der nicht der Zone 21 zugeordnet ist, in dem brennbarer Staub als Wolke selten auftreten kann und nur kurzzeitig besteht oder in dem unter anormalen Bedingungen Ansammlungen oder Ablagerungen von brennbarem Staub zu einer explosionsfähigen Konzentration von brennbarem Staub in Mischung mit Luft führen können. Wenn nicht sichergestellt werden kann, dass Staubablagerungen nach einer Störung beseitigt werden, ist der Bereich als Zone 21 einzustufen. Diese Zone kann unter anderem einschließen: Bereiche in der Umgebung Staub enthaltender Apparaturen, wenn Staub aus Undichtheiten austreten kann und sich Staubablagerungen bilden können (z. B. Mühlenräume, in denen Staub aus den Mühlen austreten und sich ablagern kann).
ATEX 1999/92/EG	Zone 20	Zone 21	Zone 22
EN 50281-3 IEC 61241-10	Bereich, in dem explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke brennbaren Staubes in Luft ständig oder langfristig oder häufig vorhanden ist..	Bereich, in dem damit zu rechnen ist, dass explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke brennbaren Staubes in Luft bei Normalbetrieb gelegentlich auftritt.	Bereich, in dem bei Normalbetrieb nicht damit zu rechnen ist, dass explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke brennbaren Staubes in Luft auftritt, wenn sie aber dennoch auftritt, dann nur kurzzeitig.
EN 50281-3, 6.2	Anmerkung I: Schichten, Ablagerungen und Aufhäufungen von brennbarem Staub sind wie jede andere Ursache , die zur Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre führen kann, zu berücksichtigen .		
EN 50281-3, 3.13	Anmerkung II: Als Normalbetrieb gilt der Zustand, in dem Anlagen innerhalb ihrer Auslegungsparameter benutzt werden.		
EN 50281-3, 6.3	Beispiele für Zone 20 : Bereiche im Inneren von Staub einschließenden Behältnissen: Fülltrichter, Silos etc., Zyklone (Fliehkraftabscheider) und Filter, Staubtransportsysteme, Mischer, Mühlen, Trockner, Absackeinrichtungen etc.		

*) Diese Definitionen sind aus unverständlichen Gründen noch in zahlreichen, auch zwischen 1999 und 2001 entstandenen Normen der IEC enthalten, obwohl bei deren Erstellung bereits abzusehen war, dass in IEC 61241-10) eine Anpassung an die europäischen Definitionen erfolgen wird.

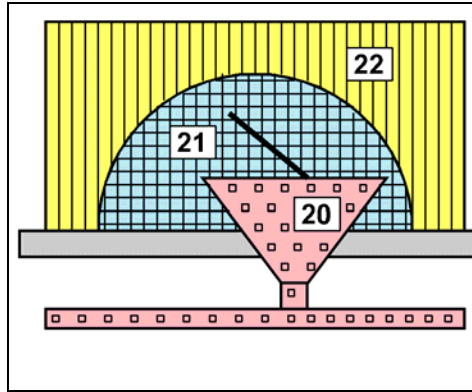


Bild 21.2.1
Beispiel für die Einteilung von staubexplosionsgefährdeten Bereichen
(Schraffur nach Norm; Farbe nicht genormt)

Zone 20 Fülltrichter einer Sackentleerstation
Zone 21 Nähere Umgebung (Radius 1 m) um die offene Beschickungsöffnung
Zone 22 Bereich außerhalb der Zone 21 wegen Ablagerung von Staub

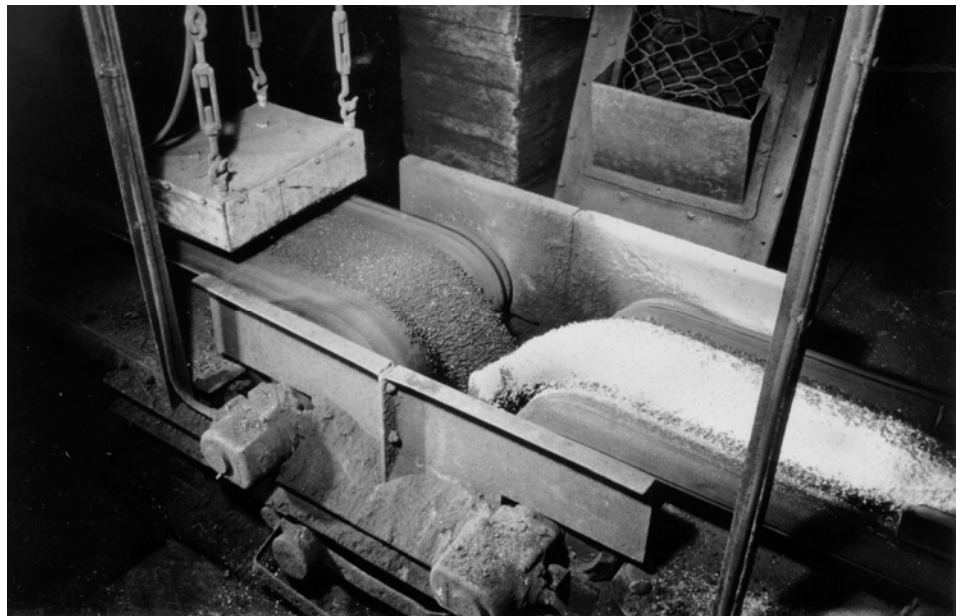


Bild 21.2.2
Beim Transport von brennbarem und explosionsfähigem Staub läge hier nach der früheren Betrachtungsweise in einigen Ländern die Zone 20 vor

21.3 Übergang von 2 auf 3 Zonen

Nach dem in der Normung im Allgemeinen gültigen Grundsatz der "Besitzstandwahrung" wird es nicht erforderlich sein, ordnungsgemäß zugelassene und in **Betrieb befindliche Betriebsmittel und Anlagen** auf die neuen Zonen umzustellen. In der ElexV (neu) heißt es hierzu in §19: "Elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen, die am 20. Dezember 1996 befugt betrieben werden, dürfen entsprechend den bis dahin für sie geltenden Bestimmungen weiterbetrieben werden." Die weiteren, abgestuften Festlegungen der Betriebssicherheitsverordnung nach Abschnitt 2.8 sind zu beachten.

Auch für Neuanlagen ist sowohl für Hersteller wie für Betreiber interessant, wie sich der bisherige Bedarf an Betriebsmitteln für die Zonen 10 und 11 künftig auf die neuen Zonen 20, 21 und 22 aufteilen wird, zumal die Betriebsmittel für Zone 21 durch eine benannte Stelle zertifiziert sein müssen. Eine Teilantwort ist in der Beispielsammlung zu den "Explosionsschutz-Regeln (EX-RL)" BGR 104 des Fachausschusses "Chemie" der BGZ zu finden, die seit der Ausgabe 6/98 laufend an das 3-Zonen-Konzept angepasst werden [1.5]. Bezüglich der Weiterverwendung der nach früheren nationalen Normen zugelassenen und eingesetzten Betriebsmittel gibt die EX-RL (Bild 21.3.2) eine klare Anweisung. Sie lässt allerdings außer Acht, dass in der Zone 22 erhöhte Anforderungen an die Staubdichtheit (nämlich IP6X) statt der des üblichen Staubschutzes (IP5X) gestellt werden, wenn leitfähige Stäube vorhanden sind.

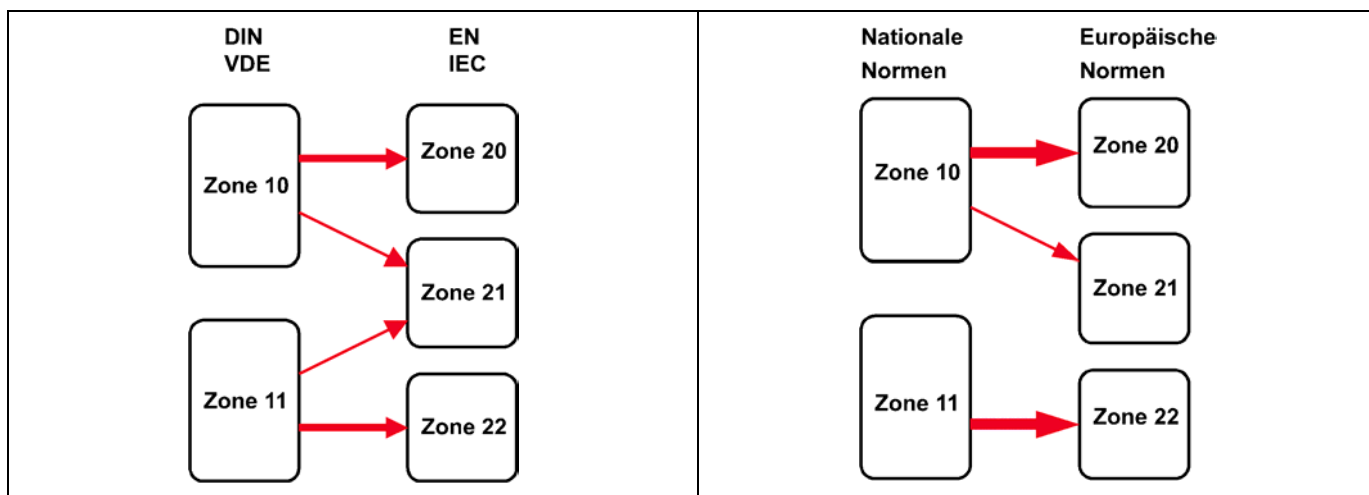


Bild 21.3.1
Schema für die Neueinteilung von
staubexplosionsgefährdeten Bereichen

Bild 21.3.2
Weiterverwendung der alten Betriebsmittel nach
Umstellung von 2 auf 3 Zonen
nach Ex-RL 07/2000; E2; S. 66

21.4 Zuständigkeit für die Zoneneinteilung

Hierzu gibt es wichtige Hinweise in den Regelwerken:

Richtlinie 1999/92/EG (ATEX 118a); Artikel 7 (1):

"Der Arbeitgeber teilt Bereiche, in denen explosionsfähige Atmosphären vorhanden sein können, entsprechend Anhang I in Zonen ein."

EN 50281-3, Teil 3: Einteilung von staubexplosionsgefährdeten Bereichen

4.3 Verfahren zur Einteilung staubexplosionsgefährdeter Bereiche:

"Weil diese Norm einen großen Bereich verschiedener Anwendungsfälle abdecken soll, ist es nicht möglich genaue Festlegungen der nötigen Maßnahmen für jeden Einzelfall zu treffen. Es ist deshalb wichtig, dass die hier empfohlene Prozedur von Personen durchgeführt wird, die Kenntnisse auf dem Gebiet der Zoneneinteilung, der im Verfahren verwendeten Stoffe, der jeweiligen Anlage und ihrer Funktion haben."

22 Staubdichtheit

Die staubdichte Kapselung eines elektrischen Betriebsmittels ist ein wichtiges **Grundelement des Staubexplosionsschutzes**.

Abhängig von den zu erwartenden Umgebungsbedingungen (wie zum Beispiel Zoneneinteilung und Leitfähigkeit des Staubes) wurden zwei Anforderungsgrade für die Wirksamkeit der Staubdichtheit eingeführt:

"Staubdichte" und **"staubgeschützte"** Gehäuse.

Die Staubdichtheit wird nach deutschen Normen, bei den Europeanormen und bei der "Praxis A" der IEC-Norm nach dem Ergebnis der IP-Staubprüfung beurteilt, während nach den nordamerikanischen Normen und bei "Praxis B" nach IEC zusätzlich konstruktive Details, vor allem Spaltlängen und Spaltweiten, festgelegt sind; vgl. [1.15] und [1.16].

Auswahl nach Zonen und Staubart in EN 50281-1-2

Zone 20	Zone 21 Zone 22 mit leitfähigem Staub	Zone 22
IP6X	IP6X	IP5X
Kennzeichnung II 1 D	Kennzeichnung II 2 D	Kennzeichnung II 3 D

Auswahl nach Zonen und Staubart in IEC/EN 61241-14 (löst EN 50281-1-2 ab)

Zone 20	Zone 21	Zone 22	
		leitfähiger Staub	nicht-leitfähiger Staub
IP6X	IP6X	IP6X	IP5X
Kennzeichnung Ex tD A20	Kennzeichnung Ex tD A20 oder Kennzeichnung Ex tD A21	Kennzeichnung Ex tD A22	Kennzeichnung Ex tD A22

Die schärfere Einstufung von Bereichen mit leitfähigem Staub in EN 50281-1-2 erklärt sich u. a. aus den ursprünglichen Festlegungen bei IEC, die in diesem Punkt an die nordamerikanische Abgrenzung der »Division 1« angelehnt sind. Außerdem soll mit der Einstufung als Kategorie 2 erreicht werden, daß die Beurteilung der Staubablagerung durch eine unabhängige Prüfstelle vorgenommen wird. Einem deutschen Antrag und der Logik folgend, ist nun bei leitfähigem Staub zwar der Schutzgrad IP6X vorgeschrieben, die Kategorie und Zoneneinteilung jedoch nicht von der Art des Staubes abhängig.

22.1 Anforderungen

Staubdichtheit

Die elektrischen Betriebsmittel müssen so aufgebaut sein, dass in ihr Inneres kein Staub eindringen kann. Diese Anforderung wird erfüllt, wenn die Betriebsmittel der Schutzart IP65 nach EN 60529 entsprechen.

Für eigensichere elektrische Betriebsmittel der Kategorie ib, Gruppe IIB, genügt die Schutzart IP20.

Für Bauteile eigensicherer Stromkreise, die aus messtechnischen Gründen Kontakt mit dem Staub bilden müssen (zum Beispiel Niveau-Sonden), entfällt die Forderung nach einer IP-Schutzart.

Staubschutz

Die Betriebsmittel müssen so gebaut sein, dass sich im Inneren weder explosionsfähige Staub-Luft-Gemische noch gefährliche Staubablagerungen bilden können. Diese Bedingungen werden erfüllt, wenn die Betriebsmittel mindestens der Schutzart IP54 entsprechen.

Der Staubschutz ist ausreichend, wenn bei der Überprüfung festgestellt wird, dass sich der Talkumstaub nicht in solchen Mengen oder an solchen Stellen angesammelt hat, dass bei irgend einer anderen Art von Staub die richtige Funktion des Betriebsmittels beeinträchtigt wäre [2.8].

Eigensichere elektrische Betriebsmittel brauchen diesen Bedingungen nicht zu genügen.

22.2 Staubschutzprüfung nach EN 60529

In einer Anordnung nach Bild 22.2.1 wird Talkumstaub mit einer Korngröße bis zu etwa 75 µm in einer geschlossenen Prüfkammer umgewirbelt und in Schwebelage gehalten. Die Staubdichte ist nicht ausdrücklich festgelegt; sie beträgt unter den genormten Bedingungen etwa 50 g/m³.

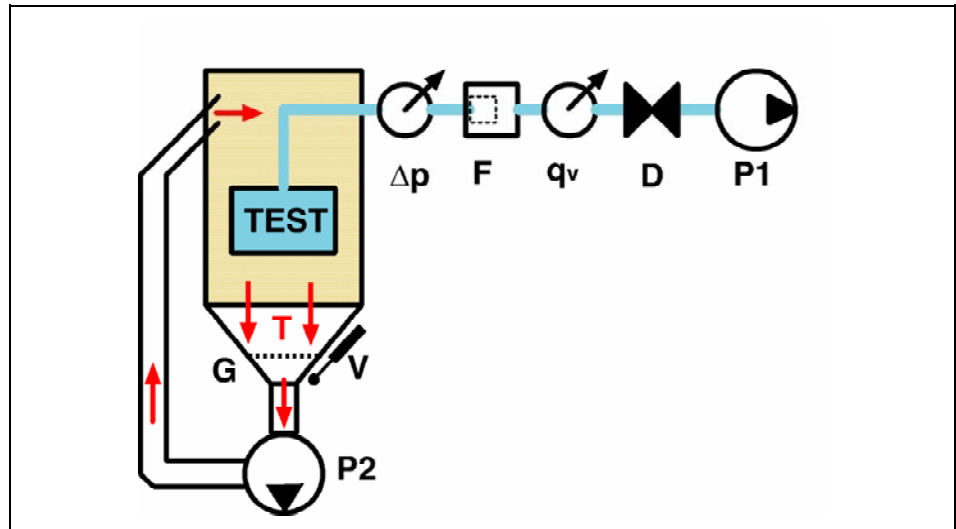


Bild 22.2.1

Prinzip der Staubschutzprüfung nach EN 60529 (identisch mit IEC 60529)

TEST	-	Prüfling
T	-	Talkumpuder max. 75 µm (2 kg/m ³ Kammer)
P2	-	Staubumlaufpumpe
V	-	Vibrator zum Lösen abgesetzten Staubes
G	-	Schutzgitter
P1	-	Vakuumpumpe
Δp	-	Unterdruckmesser (max. -20 mbar)
F	-	Filter
q _v	-	Luft-Volumenstrom (max. 60 V _{Prüfling} /h)
D	-	Drossel

Betriebsmittel, deren Erwärmung unter normalen Betriebsbedingungen einen natürlichen Überdruck erzeugt, sodass beim Abkühlen ein Unterdruck entstehen kann, werden als **"Bauart 1 (Category 1)"** bezeichnet. Falls die zutreffende Betriebsmittelnorm eine solche Einordnung nicht ausdrücklich vorsieht oder falls auf Schutzart IP65 geprüft wird, ist die Bauart 1 vorauszusetzen.

Aus dem Innern des Prüflings wird mit einem Druck von bis zu -20 mbar (Unterdruck) in 2 Stunden das 80- bis 120fache freie Luftvolumen abgesaugt. Wird innerhalb 2 Stunden das 80fache Volumen des Prüflings nicht abgesaugt, so ist die Prüfung bis max. 8 Stunden fortzusetzen.

Betriebsmittel, die sich im normalen Betrieb nicht erwärmen und nur auf Schutzart IP5X geprüft werden, können als "Bauart 2 (Category 2)" bezeichnet und ohne Unterdruck 8 Stunden lang dem Staub in der Prüfkammer ausgesetzt werden. Nach Ablauf der Prüfzeit gelten folgende Abnahmebedingungen:

IP5X (staubgeschützt):

Der Talkumstaub darf sich nicht in solchen Mengen oder an solchen Stellen abgelagert haben, dass – mit irgend einer anderen Art von Staub – die korrekte Arbeitsweise des Betriebsmittels oder die Sicherheit beeinträchtigt wäre.

IP6X (staubdicht):

Es dürfen keine Staubablagerungen im Innern des Betriebsmittels feststellbar sein.

Die hier zitierten Abnahmebedingungen stammen aus EN 60529.
 In IEC 61241-1, 8.2.1.3 wird ausdrücklich verlangt, dass auch drehende elektrische Maschinen nach dieser übergeordneten Norm zu prüfen sind. In der speziellen Norm für elektrische Maschinen IEC/EN 60034-5 : 2000, Tabelle 4 wird unverständlich und unberechtigt erlaubt, dass eingedrungener Prüfstaub bei der Beurteilung als nicht leitfähig, nicht brennbar, nicht explosionsfähig und nicht chemisch aggressiv angesehen werden darf. Ein Befund nach Bild 22.2.2 wäre also zulässig !?

Ein deutscher Antrag zur Berichtigung dieser Norm wurde im IEC TC2 abgelehnt. Anwender sind gut beraten, wenn sie anstelle der möglicherweise unsicheren Schutzart IP54 die sichere Variante IP65 vorschreiben, so wie auch schon einige Normen eine Bewertung nach IEC 60529 vorschreiben

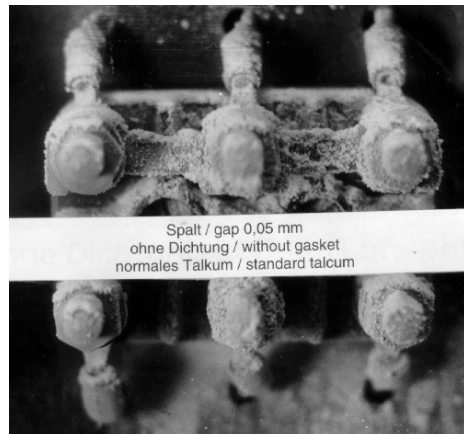


Bild 22.2.2
 Prüfergebnis nach einer Staubprüfung, das nach der unverständlichen Festlegung in IEC 60034-5 : 2000 als "zulässig" beurteilt werden könnte

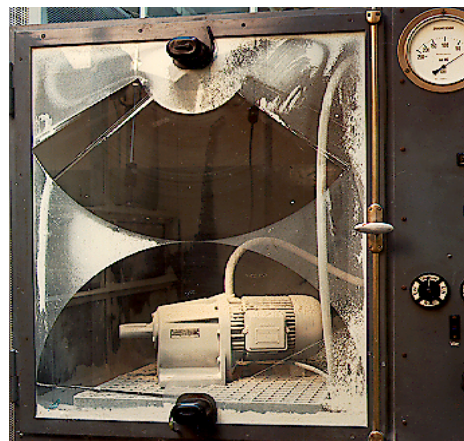


Bild 22.2.3
 Staubschutz-Prüfgerät nach EN 60529 (identisch mit IEC 60529)

Das Absaugen von Luft aus dem Prüfling soll das **Wechselspiel** des Innendrucks nachbilden, das sich bei der Erwärmung und Abkühlung in einem geschlossenen Motorgehäuse tatsächlich mit etwa 10 mbar messen lässt. Bei jeder Erwärmung dehnt sich die Luft im Gehäuse aus und dringt nach außen; bei der Abkühlung vermindert sich das Luftvolumen, und staubhaltige Luft strömt in das Gehäuse ein: Der Motor "atmet" ! Ein Versuch mit "natürlichem Unterdruck" hat eine starke Staubablagerung bestätigt.

Nimmt man an, dass die Luft im Motorgehäuse bei Nennbetrieb um 40 K erwärmt wird, so ergibt sich nach dem Gay-Lussac'schen Gesetz eine Volumensteigerung von etwa 15 %. Bei zwei Temperaturwechseln pro Tag und 300 Arbeitstagen pro Jahr lässt sich ein Luftdurchsatz errechnen, der etwa dem 90fachen Luftvolumen des Motors entspricht.

Der Prüfdruck ist so einzurichten, dass etwa das 120fache Probestückvolumen in mindestens 2 Stunden abgesaugt wird :

Dieser erzwungene Luftdurchsatz ist also mit dem "freien Atmen" während einjähriger Betriebszeit vergleichbar.

23 Oberflächentemperatur

Eine wesentliche Komponente des Staubexplosionsschutzes der Zündschutzart "tD" ist die **Begrenzung der Oberflächentemperatur** der Betriebsmittel auf einen Wert, der mit ausreichendem Sicherheitsabstand unter der Zünd- oder Glimmtemperatur des brennbaren Staubes liegt. Für die Ermittlung der maximalen Oberflächentemperatur unter normalen Betriebsbedingungen gelten genormte Verfahren.

23.1 Prüfung

Zusätzlich zu der nachfolgenden Beschreibung müssen die thermischen Prüfungen bei Betriebsmitteln für Kategorie 1 auch unter den Bedingungen einer selten auftretenden Gerätestörung des Betriebsmittels und unter einer Staubauflage von unbekannter oder übermäßiger Dicke gemäß Absprache zwischen Besteller und Hersteller durchgeführt werden. Beispiele für solche Staubablagerungen sind im Anhang A zu EN 50281-1-2 [1.15] und zu IEC/EN 61241-14 gegeben (s. a. Abschnitt 24)

Temperaturmessungen

Die thermischen Prüfungen sind bei den Bemessungsdaten des elektrischen Betriebsmittels und bei einer Umgebungstemperatur zwischen 10 °C und 40 °C mit der ungünstigsten Spannung zwischen 90 % und 110 % der Bemessungsspannung des elektrischen Betriebsmittels durchzuführen, sofern nicht andere europäische Normen andere Toleranzen für entsprechende industrielle elektrische Betriebsmittel vorgeben.

Die Prüfung ist unter den ungünstigsten Bedingungen einschließlich Überlast und bekannten besonderen Bedingungen durchzuführen, wie sie in einer Norm mit speziellen Anforderungen für das betreffende elektrische Betriebsmittel festgelegt sein kann. Erschwerende Bedingungen können sich auch ergeben, wenn ein elektrisches Betriebsmittel am Frequenzumrichter oder mit hoher Schalthäufigkeit o.ä. betrieben wird.

Die Oberflächentemperatur ist bei der bestimmungsgemäßen Gebrauchslage des elektrischen Betriebsmittels zu messen.

Bei elektrischen Betriebsmitteln, die normalerweise in mehreren Gebrauchslagen verwendet werden können, ist die Temperatur in jeder Gebrauchslage zu bestimmen, und die höchste Temperatur ist zu bewerten. Wenn die Temperatur nur für bestimmte Gebrauchslagen ermittelt wird, muss dies im Prüfprotokoll aufgeführt sein, und das elektrische Betriebsmittel muss entsprechend gekennzeichnet werden.

Die Messfühler (Thermometer, Thermoelemente usw.) und die anzuschließenden Kabel bzw. Leitungen sind so auszuwählen und anzubringen, dass sie das thermische Verhalten des elektrischen Betriebsmittels nicht nennenswert beeinflussen. Die Endtemperatur gilt als erreicht, wenn die Temperaturzunahme 2 K/h nicht übersteigt.

Temperaturüberwachung

Einige Betriebsmittel können eine eingebaute Temperaturüberwachung benötigen (wie z.B. bestimmte Elektromotoren). Diese Schutzeinrichtung darf während der thermischen Prüfungen nicht außer Funktion gesetzt werden.

Maximale Oberflächentemperatur T des Gehäuses

Die Prüfung ist ohne Staubauflage auf dem Gehäuse vorzunehmen.

Die bei der Prüfung gemessene Oberflächentemperatur wird linear umgewertet auf eine Umgebungstemperatur von 40 °C und als "Maximale Oberflächentemperatur T des Gehäuses" bezeichnet.

23.2 Begrenzung

Die Oberflächentemperatur der Betriebsmittel (Bild 23.2.1) darf nicht so hoch sein, dass aufgewirbelter Staub oder auf den Betriebsmitteln abgelagerter Staub gezündet werden kann. Dazu müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

- Die Oberflächentemperatur darf **2/3 der Zündtemperatur** in °C des jeweiligen Staub-Luft-Gemisches nicht überschreiten.
- An Flächen, auf denen eine gefährliche Ablagerung glimmfähigen Staubes nicht wirksam verhindert ist, darf die Oberflächentemperatur die um **75 K verminderte Glimmtemperatur** des jeweiligen Staubes nicht überschreiten. Bei Schichtdicken über 5 mm ist eine weitere Herabsetzung der Temperatur der Oberfläche erforderlich (vgl. Abschnitt 24).
- Maßgeblich ist der niedrigere der ermittelten Werte.
- Betriebsmittel müssen nach Abschnitt 26 mit der bei Dauerbetrieb auftretenden Oberflächentemperatur gekennzeichnet werden. Die Oberflächentemperatur ist auf eine Umgebungstemperatur von 40 °C zu beziehen.

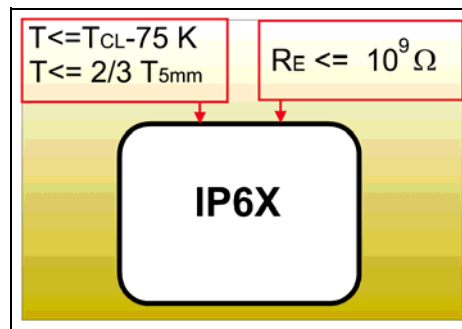


Bild 23.2.1
Grundsätzliche Anforderungen an staubexplosiongeschützte elektrische Betriebsmittel der Zündschutzart "tD"

IP6X – Staubdichtheit oder IP5X
 T_{5mm} – Glimmtemperatur des Staubes
 T_{Cl} – Zündtemperatur des Staubes
 R_E – Oberflächenwiderstand

Die bei IEC und CENELEC festgelegten Grenzwerte stammen aus früheren nationalen deutschen Normen (z.B. VDE 0165/8.69); sie wurden übernommen, obwohl die Sicherheitsabstände zur Glimmtemperatur (75 K) bzw. zur Zündtemperatur (1/3) mathematisch und sicherheitstechnisch nicht logisch und vergleichbar sind.

Bild 23.2.2 zeigt, dass die Regel für den aus der Glimmtemperatur berechneten maximal zulässigen Wert der Oberflächentemperatur $T_{max} = T_{5mm} - 75 K$ zwar im unteren und mittleren Anwendungsbereich (ca. 200 ... 400 °C) ausreichende, bei höheren Glimmtemperaturen aber relativ geringe Sicherheitsabstände ergibt. Dieser Bereich ist allerdings für elektrische Betriebsmittel nicht relevant.

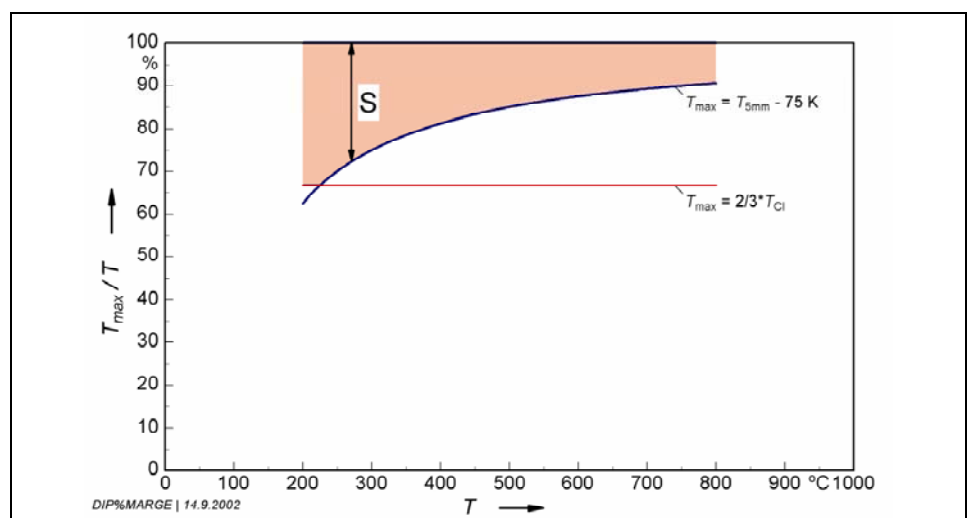


Bild 23.2.2 Relative Sicherheitsabstände S der max. zulässigen Oberflächentemperatur T_{max} von der Glimm- bzw. Zündtemperatur

24 Gefahr durch Ablagerung und Einschüttung

Staubablagerungen bilden eine **doppelte Gefahrenquelle**:

- Schon "geringe" Schichthöhen < 1 mm reichen im aufgewirbelten Zustand für eine explosionsfähige Atmosphäre aus (siehe Bild 19.2.2),
- Schichthöhen > 5 mm können zum Glimmbrand führen (24.1 bis 24.4).

Die Bilder 24.0.1 und 24.0.2 sollen die Gefahr von Staubablagerungen deutlich machen: Die Aufnahme der Staubexplosion im Hafen von Würzburg ist das Zufallsfoto einer Passanten. Anders als bei einer Gasexplosion muss sich diese Staubexplosion "angekündigt" haben, indem vermutlich eine zunächst harmlose Verpuffung abgelagerten Staub aufgewirbelt und dann von Raum zu Raum fortschreitend zur Explosion gebracht hat.



Bild 24.0.1
Staubexplosion im Kraftfutterwerk
Würzburg (1972)

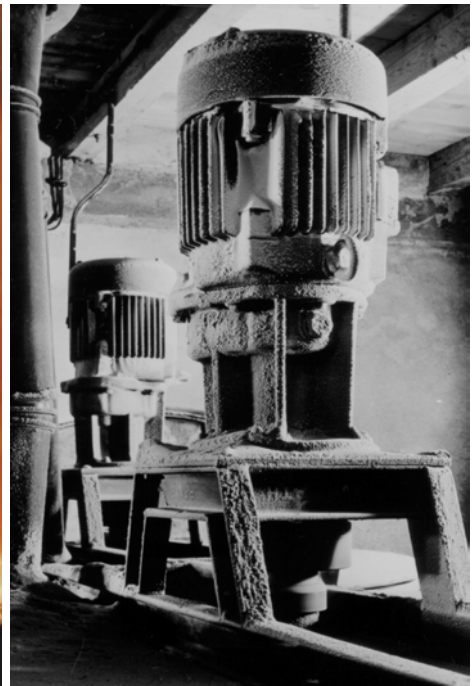


Bild 24.0.2
Mögliche Staubablagerung mit
entsprechender Explosionsgefahr

Im Gegensatz zu Gasen und Dämpfen können sich bei Stäuben die einzelnen Störfälle addieren, indem sich der Staub in immer dicker werdender Schicht auf einem Betriebsmittel ablagert. Dicke Staubschichten führen wegen der Wärmedämmung zu einer Temperaturerhöhung an der Oberfläche des Betriebsmittels, und durch einen mit der Selbstentzündung vergleichbaren Vorgang setzt das Glimmen bei um so **niedrigeren Temperaturen** ein, **je dicker die Staubschicht** ist. Staubablagerungen auf elektrischen Betriebsmitteln oder gar ihre völlige Einschüttung sollten daher durch entsprechenden Einbau und laufende Wartung so weit wie möglich vermieden werden. Wenn dies nicht ausgeschlossen werden kann, ist die maximal zulässige Oberflächentemperatur entsprechend herabzusetzen.

Schon in der früheren Fassung der VDE 0165 waren hierzu am Beispiel von drei Stäuben (Korkmehl, Magerkohle und Flammkohle) Richtwerte in Form eines auf Versuchen der BAM (Bundesanstalt für Materialprüfung) basierenden Diagrammes angegeben.

Diese Beispiele wurden – gestützt auf zusätzliche Versuche der BAM – nach dem im Abschnitt 24.5 näher erläuterten Rechenverfahren in allgemeine Form gebracht und schon 1986 in VDE 0170/0171 Teil 13 und von dort in die IEC-Arbeiten und in die Europeanormen übernommen.

Nach diesem Verfahren kann die zulässige Oberflächentemperatur von Betriebsmitteln bestimmt werden, wenn die Staubauflage auf der Oberseite zwischen 5 mm und 50 mm dick ist.

Wenn der Staub sich jedoch auch an den Seiten anhäuft oder wenn das Betriebsmittel ganz eingeschüttet wird, treten ein gefährlicher Wärmestau und eine besondere Glimmgefahr auf. In diesen Fällen muss die Oberflächentemperatur auf sehr niedrige, eventuell durch Versuch zu ermittelnde Werte reduziert oder die Leistungszufuhr auf sehr niedrige Leistung pro Flächeneinheit begrenzt werden.

Die nachfolgenden Abschnitte entsprechen den Festlegungen in EN 50281-1-2.

24.1 Staubschichten bis 5 mm Dicke

Die maximale Oberflächentemperatur des Betriebsmittels darf bei der Prüfung ohne Staubauflage nach dem Prüfverfahren in IEC/EN 61241-1 (früher EN 50281-1-1) keinen Wert übersteigen, der um 75 K unter der Glimmtemperatur einer Staubschicht von 5 mm Dicke des betreffenden Staubes liegt.

$$T_{\max} = T_{5\text{mm}} - 75 \text{ K} \quad T_{5\text{mm}} - \text{Glimmtemperatur einer 5 mm Staubschicht}$$

24.2 Staubschichten über 5 bis zu 50 mm Dicke

Wenn sich auf Betriebsmitteln Staubauflagerungen von mehr als 5 mm bis zu 50 mm bilden können, muss die maximal zulässige Oberflächentemperatur vermindert werden. Das nachstehende Diagramm enthält Richtwerte für die Verminderung der maximal zulässigen Oberflächentemperatur von Betriebsmitteln, die in Bereichen mit Stäuben mit einer Glimmtemperatur von mehr als 250 °C, bezogen auf 5 mm Schichtdicke, eingesetzt werden sollen.

Vor Anwendung des Diagramms sollte IEC 61241-2-1 oder EN 50281-2-1 berücksichtigt werden.

Durch Labor-Versuche muss die Abhängigkeit der Glimmtemperatur von der Schichtdicke ermittelt werden, falls die Glimmtemperatur einer 5-mm-Staubschicht unter 250 °C liegt oder wenn Zweifel an der Anwendbarkeit des Diagramms bestehen.

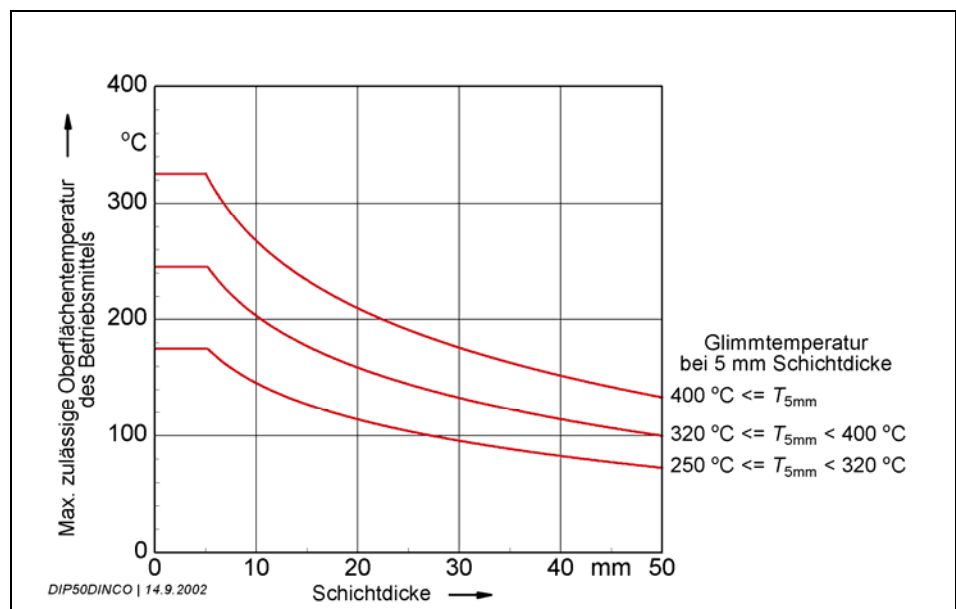


Bild 24.2

Herabsetzung der max. zulässigen Oberflächentemperatur von Betriebsmitteln bei Staubauflagen 5 ... 50 mm an der Oberseite; berücksichtigt die verminderte Glimmtemperatur des Staubes und die Temperaturerhöhung des Betriebsmittels wegen Wärmedämmung

Beispiel:

Korkmehl bei 25 mm Schichtdicke

Glimmtemperatur bei 5 mm Schichtdicke nach Literaturangaben: 325 °C

Anzuwendende Kurve: $T_{5\text{mm}} = 320\text{ °C}$

Höchstzulässige Oberflächentemperatur des Betriebsmittels bei 25 mm Schichtdicke: etwa 145 °C

Das Betriebsmittel darf bei Nennbetrieb **ohne Staubauflage** eine Oberflächentemperatur von 145 °C erreichen.

Dieser Wert berücksichtigt den Sicherheitsabstand von 75 K zur Glimmeinsatztemperatur und die Temperaturerhöhung des Betriebsmittels infolge der Wärmedämmung durch die Staubschicht.

Die aufgeführten Kurven sind durch Versuche an ausgewählten Stäuben abgesichert. Bei Stäuben mit abweichenden Glimmtemperaturen ist analoges Verhalten zu erwarten, wie dies durch die Arbeiten der BAM gezeigt wurde [2.22].

In den derzeitigen Entwürfen für eine gemeinsame Norm für Gas und Staub (IEC 60079-0) ist die weitere Verwendung dieser praxisgerechten und weltweit akzeptierten Kurven in Frage gestellt. Es werden Laboruntersuchungen bei allen Staubschichten > 0 verlangt. Der weitere Fortgang dieser Normungsarbeiten ist zu beachten.

24.3 Staubschichten von übermäßiger Dicke

Definition nach bestehender EN

Falls Staubablagerungen **übermäßiger Dicke** an der Oberseite des Betriebsmittels oder seitlich und unterhalb des Betriebsmittels nicht vermieden werden können oder wenn das Betriebsmittel vollständig in Staub eingeschüttet ist, darf infolge der Wärmedämmung nur eine sehr viel niedrigere Oberflächentemperatur zugelassen werden.

Der informative Anhang A zu IEC/EN 61241-14 (früher EN 50281-1-2) gibt Beispiele für "übermäßige Staubschichten"

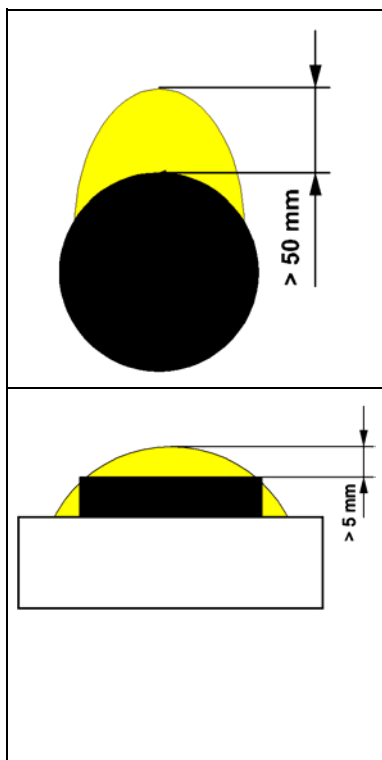


Bild 24.3.1
Übermäßige
Staubschicht an
der Oberseite eines
Betriebsmittels

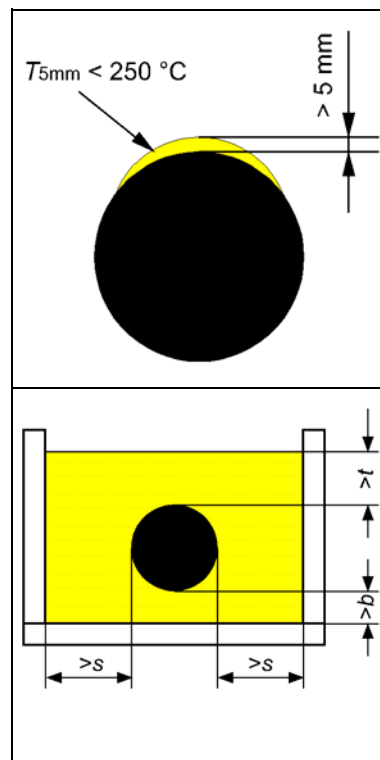


Bild 24.3.2
Staubschicht an
der Oberseite eines
Betriebsmittels ist
"übermäßig", weil der
Staub eine niedrige
Glimmtemperatur hat

Bild 24.3.3
Übermäßige
Staubschicht an
den Seiten eines
Betriebsmittels

Bild 24.3.4
Vollständig
eingeschüttetes
Betriebsmittel

Grenzwerte für die
Abmessungen b , s
und t sind durch
Labor-Untersuchung
zu ermitteln

Festlegungen in neuer IEC

Nach den bisher gültigen Festlegungen in Abschnitt 6.3 von DIN EN 50281-1-2 (VDE 0165-2) ist eine Laboruntersuchung des betroffenen Betriebsmittels unter Verwendung des aktuellen Staubes durchzuführen, falls Staubschichten von übermäßiger Dicke vorhanden sind – siehe voriger Abschnitt.

Als Option für den Hersteller im Rahmen der Typenprüfung soll künftig eine Oberflächentemperatur T_L unter einer auf typische Anwendungsfälle ausgerichteten Schichtdicke L ermittelt und angegeben werden können (Bild 24.3.5) In 5.2 von IEC/EN 61241-0 ist festgelegt:

"Zusätzlich zu den in 5.1 geforderten maximalen Oberflächentemperaturen nach 5.1 kann die maximale Oberflächentemperatur für eine bestimmte Schichtdicke T_L des Staube angegeben sein, die das Betriebsmittel allseitig umgibt"

Zur Ermittlung der Temperatur T_L wird in 23.4.5.2 der Norm festgelegt:

Das Betriebsmittel ist nach den Angaben des Herstellers aufzustellen und mit einer Staubschicht der Dicke " L " zu umgeben. Die maximale Oberflächentemperatur unter einem Staub mit einer Wärmeleitfähigkeit nicht über $0.03 \text{ kcal/m}^\circ\text{C/h}$ ist nach 23.4.5.1 zu messen."

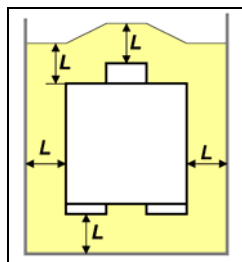


Bild 24.3.5

Ermittlung der maximalen Oberflächentemperatur T_L unter einer umgebenden Staubschicht der Dicke L in mm. Das vom Autor gewählte Beispiel zeigt, dass die Festlegungen der Norm vor allem bei einer komplexen Außen-Konfiguration des Betriebsmittels interpretationsfähig sind.

Der Anwender muss unbedingt 6.3.3.4 der Errichtungsbestimmungen 61241-14 beachten:

Wenn das Betriebsmittel mit T_L für eine bestimmte Schichtdicke gekennzeichnet ist, muss an Stelle der auf 5mm bezogenen Glimmtemperatur $T_{5\text{mm}}$ die auf L bezogene Glimmtemperatur des brennbaren Staubes eingesetzt werden. Die maximale Oberflächentemperatur des Betriebsmittels muss mindestens um 75 K niedriger sein als die auf die Schichtdicke L bezogene Glimmtemperatur des brennbaren Staubes.

Tabellenwerke für Glimmtemperaturen, die sich auf eine vom Normwert 5 mm abweichende Schichtdicken beziehen, stehen i. A. nicht zur Verfügung. Der Anwender muss daher für den betroffenen Staub eine Laboruntersuchung oder anerkannte Computerrechnung (z. B. bei der BAM) veranlassen. Der Faktor der Reduzierung mit zunehmender Schichtdicke kann nicht pauschal angegeben werden; je nach Staubart kann die Glimmtemperatur auf 50 ... 60 % des auf 5mm bezogenen Normwertes absinken [2.22]. Diese Angabe soll keinesfalls eine Laboruntersuchung ersetzen: **Sie soll lediglich auf die Gefahr hinweisen, die bei einer Nichtbeachtung der reduzierten Glimmtemperatur entstehen kann.**

Nach dem alten Konzept für übermäßige Staubablagerungen müssen Betriebsmittel und konkreter Staub einer Laboruntersuchung unterzogen werden. Der Befundbericht enthält dann alle sicherheitstechnisch relevanten Anweisungen. Nach dem neuen Konzept bleibt die Notwendigkeit einer Untersuchung des Staubes, die aber erst veranlasst wird, wenn die Zahlenwerte auf dem Kennzeichnungsschild vom Anwender richtig interpretiert werden.

Die zugehörige Dokumentation erhält hier einen hohen sicherheitstechnischen Stellenwert.

In den derzeitigen Entwürfen für eine gemeinsame Norm für Gas und Staub (IEC 60079-0) ist vorgesehen, die Prüfung und Kennzeichnung T_L schon ab $L=0$ anzuwenden. Der weitere Fortgang dieser Normungsarbeiten ist zu beachten.

24.4 Laboruntersuchung von Betriebsmitteln

Untersuchungen im Labor müssen derzeit ausgeführt werden für:

- Betriebsmittel mit Staubschichten von mehr als 50 mm Dicke an der Oberseite,
- Betriebsmittel mit Staubschichten über 5 mm Dicke seitlich und unterhalb des Betriebsmittels,
- Betriebsmittel, die vollständig in Staub eingeschüttet werden.

Eine Untersuchung im Labor kann aus einer Prüfung und/oder einer Berechnung nach einem anerkannten Verfahren bestehen.

Das Protokoll einer solchen Untersuchung im Labor sollte üblicherweise alle Einzelheiten der Anwendung beinhalten, wie zum Beispiel:

- Art des Staubes (elektrisch leitfähig oder nicht leitfähig nach EN 61241-2-2),
- Glimmtemperatur der Staubschicht,
- Ausdehnung und Dicke der Staubschicht, die sich um das Betriebsmittel bilden kann.

Vorzugsweise sind die Untersuchungen vorzunehmen bei einer der folgenden Bedingungen:

- größte Staubschicht, die auf dem Betriebsmittel liegen bleibt,
- vollkommene Einschüttung des Betriebsmittels in Staub.

- Maßnahmen zur Begrenzung der Leistungsaufnahme

- Maßnahmen zur inneren Temperaturbegrenzung.

Alternativ zu einer anwendungsspezifischen Laboruntersuchung wird in IEC/EN 61241-0 (Abschnitt 5.2) die Möglichkeit eröffnet, bei der Typenprüfung eine Oberflächentemperatur T_L unter der prophylaktisch festgelegten Schichtdicke L eines definierten Prüfstaubes zu ermitteln und bei der Kennzeichnung anzugeben.

Errichter und Betreiber müssen dann nach IEC/EN 61241-14, 6.3.3.4, beachten, dass die Glimmtemperatur des tatsächlich am Aufstellungsort auftretenden Staubes um mindestens 75 K höher liegt als T_L . Maßgebend ist dabei nicht die in Tabellenwerken angegebene Glimmtemperatur T_{5mm} , sondern die niedrigere Glimmtemperatur bei Schichtdicke L (vgl. Abschnitt 24.3).



Bild 24.4

Versuch zur Ermittlung der Oberflächentemperatur und der Wirkung des thermischen Überlastungsschutzes bei Einschüttung eines für die frühere Zone 10 vorgesehenen Getriebemotors

24.5 Herleitung der Diagramme

In der Ausgabe 6.80 von VDE 0165 war das in Bild 24.5.1 gezeigte, auf Versuchsreihen der BAM basierende Diagramm enthalten.

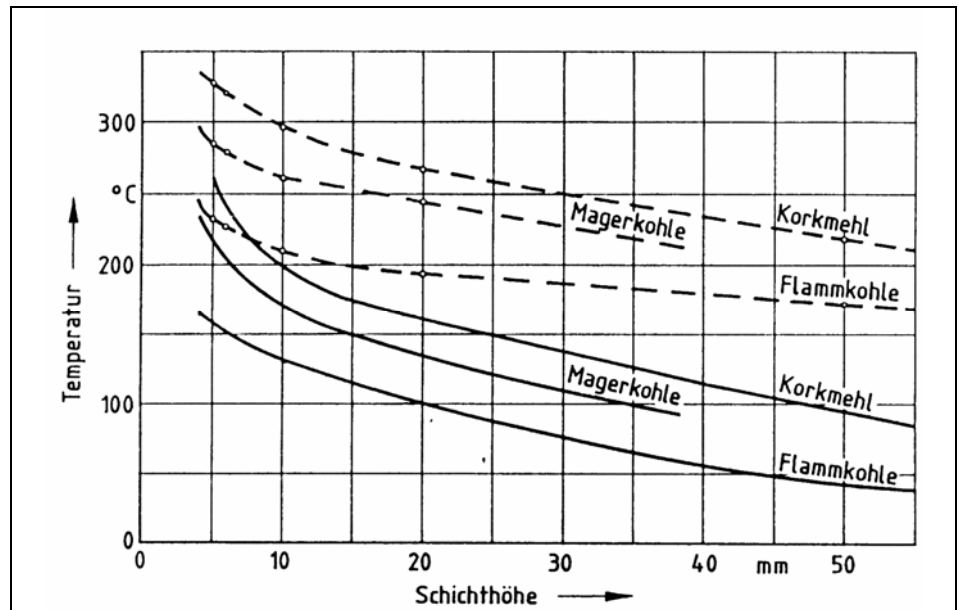


Bild 24.5.1
Glimmeinsatz (gestrichelte Kurven) und höchstzulässige Oberflächentemperatur (ausgezogene Kurven) von drei Staubarten in Abhängigkeit von der Schichthöhe (entspricht Bild 1 in DIN 57165 / VDE 0165 Ausgabe 6.80)

Die Umsetzung des Diagramms und die Anwendung auf andere Stäube bereite gewisse Schwierigkeiten. Die Herleitung der unteren, durchgezogenen Grenzlinie für das Betriebsmittel aus der oberen, gestrichelten Messreihe für die reduzierte Glimmtemperatur in Bild 24.5.1 kann nach dem in Bild 24.5.2 gezeigten Verfahren erklärt werden:

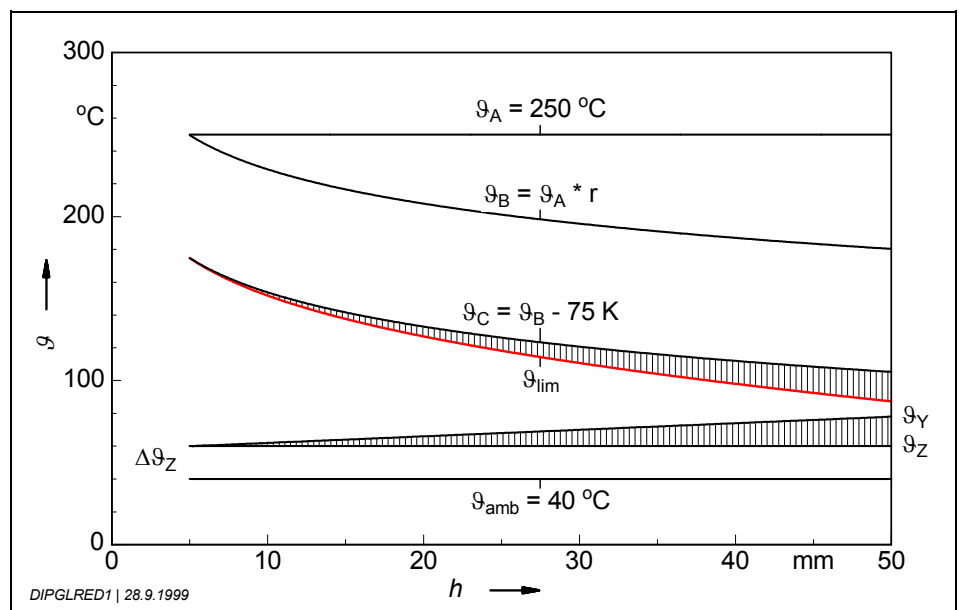


Bild 24.5.2
Glimmeinsatz und Wärmedämmung bei Staubbedeckung bis 50 mm

Erläuterungen zum Diagramm 24.5.2:

- ϑ_A - Glimmtemperatur bei genormter Schichthöhe 5 mm aus Tabellenwerten (Abschnitt 20)
- r - Glimmreduktionsfaktor
- ϑ_B - Glimmeinsatztemperatur bei erhöhter Staubauflage
- ϑ_C - Grenztemperatur bei erhöhter Staubauflage ohne Einfluss der Wärmedämmung am Betriebsmittel
- ϑ_Z - Oberflächentemperatur des Betriebsmittels ohne Staubauflage aus Messung oder Schildangabe
- f - Auflagefaktor, um den die Oberflächentemperatur des Betriebsmittels infolge Wärmedämmung erhöht wird
- ϑ_Y - Oberflächentemperatur des Betriebsmittels bei Schichthöhe über 5 mm
- ϑ_{lim} - Grenztemperatur unter Berücksichtigung der Wärmedämmung am Betriebsmittel

$$\text{Bedingung : } \vartheta_Z \leq \vartheta_{lim}$$



Bild 24.5.3
Getriebemotor mit unzulässig hoher Staubauflage in einer Mälzerei

**24.6 Konstruktive
Maßnahmen zur
Vermeidung
übermäßiger
Staubablagerungen**

Alternativ oder zusätzlich zur Begrenzung ihrer Oberflächentemperatur können elektrische Betriebsmittel oft auch durch relativ einfache Maßnahmen **konstruktiver Art** vor übermäßiger Staubablagerung und deren Folgen geschützt werden. Wenn das Gerät selbst keine "staubabweisende", geneigte Oberfläche hat, genügt oft ein einfaches Schutzdach mit einer Neigung von maximal 40° gegenüber der Senkrechten, wie dies in Bild 24.5 bei Antrieben für die Kratzer in einem Silo verwirklicht wurde.

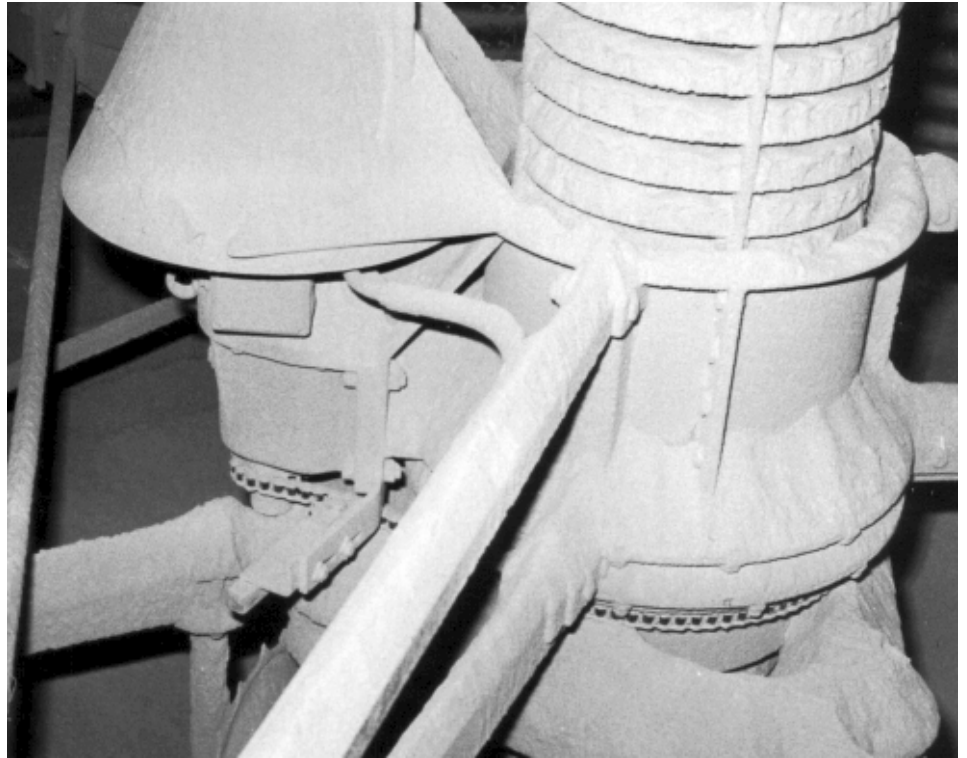






Bild 24.6
Schutzdach über einem Getriebemotor zum Antrieb der Kratzeinrichtung in
einem Silo (Hersteller: NEURO)





25 Baubestimmungen für elektrische Maschinen der Kategorien 2 und 3

Auf der Basis von IEC/EN 61241-1 (früher DIN EN 50281-1-1) werden in diesem Abschnitt einige der Anforderungen an **staubexplosionsgeschützte elektrische Maschinen** zur Verwendung in den Zonen 21 und 22 behandelt. Für die Zone 20 sind Betriebsmittel der Energietechnik nicht zulässig. Dieser Auszug kann und soll das Studium der Norm nicht ersetzen. Die Anforderungen orientieren sich weitgehend an IEC/EN 60079-0 (früher EN 50014 : 2000) "Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche; Allgemeine Bestimmungen" (speziell für "e") und an EN 50021 : 1999 "Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche; Zündschutzart 'n'". Künftige Anforderungen an die Stoßfestigkeit bei Kategorie 3 sind zu beachten. Einige der Anforderungen werden in den folgenden Abschnitten näher erläutert

Zusammenfassung der Anforderungen für drehende elektrische Maschinen:

Anforderung an	Kat. 2 - Zone 21	Kat. 3 - Zone 22
Staubschutz des Gehäuses	IP6X	IP5X
Magnesiumanteil im Gehäuse	≤ 6 %	≤ 6 %
Therm. Eigenschaften von nichtmetallischen Gehäusen	wie »e«	wie »n«
Ableitwiderstand von Gehäusen, Lüfterhauben	≤ 10 ⁹ Ω	≤ 10 ⁹ Ω
Ableitwiderstand des Lüfterrades bei allen Geschwindigkeiten	≤ 10 ⁹ Ω	≤ 10 ⁹ Ω
Äußerer Anschluß für Potentialausgleich	wie »e«	wie »n«
Staubschutz von Einführungsteilen	IP6X	IP5X
IP-Schutzart des Außenlüfters	wie »e«	wie »e«
Schutzdach bei V1	wie »e«	–
Befestigung Lüfter und Abdeckung	wie »e«	wie »e« / »n«
Abstände im Belüftungssystem	wie »e«	–
Magnesiumanteile im Lüfterrad	≤ 6 %	≤ 6 %
Luft- und Kriechstrecken an Anschlussteilen	DIN VDE 0110	DIN VDE 0110
Zertifizierung durch benannte Stelle erforderlich	ja	nein
CE-Konformität		
Normen-Konformität		
Oberflächentemperatur in °C (nicht Temperaturklasse)	T ... °C	T ... °C

Zusammenfassung der Anforderungen für andere elektrische Betriebsmittel:

Anforderung an	Kat. 1 + 2 - Zonen 20 + 21	Kategorie 3 - Zone 22
Schutz gegen Staubeintritt ins Gehäuse	IP6X	IP5X
Schutz gegen Staubeintritt an Einführungsteilen	IP6X	IP5X
Gleitstielbüschelentladungen müssen vermieden werden (entspricht DIN VDE 0170-13)	Ableitwiderstand ≤ 10 ⁹ Ohm Durchschlagspannung ≤ 4 kV Schichtdicke ≥ 8 mm	
Laserstrahlung (entspricht EX-RL)	0,5 mW/mm ² dauernd 0,1 mJ/mm ² Impuls	
Ultraschallstrahlung (entspricht EX-RL)	0,1 W/cm ² / 10 MHz dauernd 0,2 mJ/cm ² Impuls 0,1 W/cm ² Mittelwert	
Äußerer Anschluß für Potentialausgleich	wie »e«	wie »n«
Steckvorrichtungen und Steckverbinder (entspricht weitgehend IEC/EN 60079-0, 20)	Trennung spannungslos; Staub darf nicht in Öffnung fallen Ausnahme: bis 10A, 250 V; dort genügt IP6X bei Trennung	
Leuchten (entspricht weitgehend IEC/EN 60079-0, 21)	Lichtquelle mit Abdeckung; Verriegelung oder Warnschild Keine Natrium-Niederdrucklampen	
Luft- und Kriechstrecken an Anschlußteilen	DIN VDE 0110	DIN VDE 0110
Zertifizierung erforderlich	ja	nein
Kennzeichnung CE-Konformität mit Richtlinie 94/9/EG		
Normen-Konformität n. Richtlinie 76/117/EWG		
Oberflächentemperatur in °C (nicht Temperaturklasse)	T ... °C	T ... °C

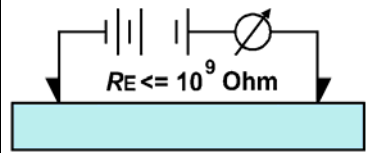
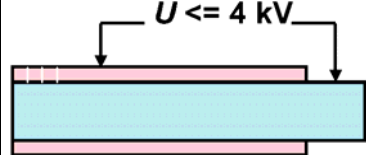
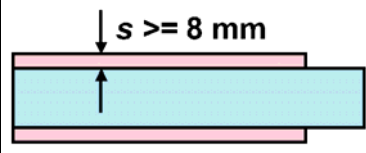
25.1 Elektrostatische Aufladung

Die Vermeidung von Zündgefahren durch elektrostatische Aufladung in Zone 21 hat beim Staubexplosionsschutz einen besonders hohen Stellenwert: Zwar benötigen explosionsfähige Staub-Luft-Gemische im Vergleich zu Gasen eine hohe Zündenergie (s. Abschn. 19.4), doch können mit hoher Geschwindigkeit bewegte Staubteilchen (z. B. bei pneumatischer Förderung) auch zu besonders hohen Aufladungen führen.

Die Anforderungen wurden von deutschen Elektrostatik-Experten für die nationale Norm [1.12] erarbeitet und dann unverändert in die internationalen Normen [1.17], [1.14] und deren Übersetzung übernommen.

Bei elektrischen Betriebsmitteln mit außen liegenden Oberflächen aus Kunststoff muss die Fläche auf 100 cm² begrenzt werden; wenn die freiliegende Kunststoff-Fläche durch einen leitenden Erdungsrahmen umgeben ist, darf sie bis zu 400 cm² betragen.

Gleitstielbüschelentladungen müssen vermieden werden. Dies kann durch die Verwendung von Kunststoff mit **mindestens einer** der folgenden Eigenschaften erreicht werden:

<p>Ableitwiderstand $\leq 10^9 \Omega$ (Widerstand gegen elektrostatische Ableitung zur Erde durch einen Isolierstoff oder entlang seiner Oberfläche, gemessen nach dem in HD 429 S1 beschriebenen Verfahren mit einer Wirkfläche der Ringelektrode von 20 cm²; Bild 25.1.1);</p>	 <p>Bild 25.1.1 Ableitwiderstand</p>
<p>Durchschlagspannung $\leq 4 \text{ kV}$ (gemessen durch die Dicke des Isolierstoffes nach dem in EN 60243-1 beschriebenen Verfahren; Bild 25.1.2);</p>	 <p>Bild 25.1.2 Durchschlagspannung</p>
<p>Schichtdicke von äußeren Isolierungen auf Metallteilen $\geq 8 \text{ mm}$. (Bei einer äußeren Kunststoffschicht von 8 mm Dicke oder mehr auf Metallteilen, wie z. B. Messsonden oder ähnlichen Anlageteilen, sind keine Gleitstielbüschelentladungen zu erwarten. Bei der Bemessung und Bewertung der Mindestschichtdicke der Isolierung ist die bei bestimmungsgemäßer Verwendung zu erwartende Abnutzung zu berücksichtigen; Bild 25.1.3).</p>	 <p>Bild 25.1.3 Schichtdicke</p>

Die Bilder 25.1.4 und 25.1.5 sollen den optischen Unterschied zwischen einer Büschelentladung und einer Gleitstielbüschelentladung deutlich machen. Beim Experiment ist auch der akustische Unterschied eindrucksvoll [2.32], [2.33].

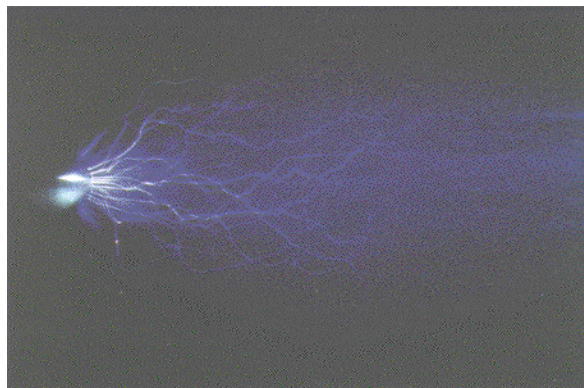


Bild 25.1.4
Büschelentladung mit
relativ niedriger
Zündenergie
(ausreichend für Gase)

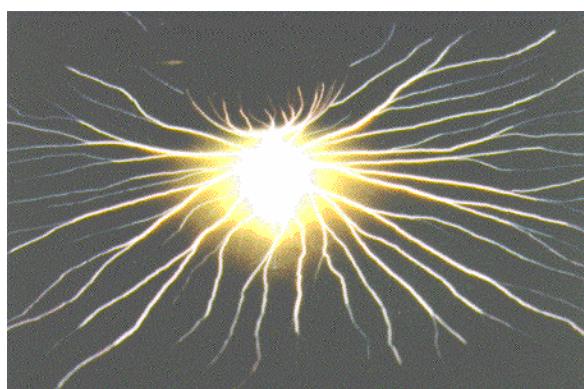


Bild 25.1.5
Gleitstielbüschel-
entladung mit relativ
hoher Zündenergie
(ausreichend für Stäube)

25.2 Außenbelüftung

Die Schutzart (IP) der Belüftungsöffnungen von Außenlüftern für drehende elektrische Maschinen mit Außenlüfter muss mindestens IP20 auf der Luft-eintrittsseite / IP10 auf der Luftaustrittsseite nach EN 60034-5 sein.

Bei drehenden elektrischen Maschinen mit senkrechter Welle muss das Hineinfallen von Fremdkörpern in die Belüftungsöffnungen verhindert sein.

Lüfter, Lüfterschutzhauben und Schutzgitter müssen so ausgeführt sein, dass die Bestimmungen der Stoßprüfung nach 23.4.3.1 von EN 50014 und die geforderten Ergebnisse nach 23.4.3.3 von EN 50014 eingehalten werden. Der Oberflächenwiderstand nach 23.4.7.8 von EN 50014 darf $10^9 \Omega$ nicht übersteigen.

Bei normalem Betrieb müssen die Abstände, einschließlich der konstruktionsbedingten Toleranzen, zwischen einem Außenlüfter, seiner Schutzhaube, den Schutzgittern und ihren Befestigungsteilen mindestens 1/100 des größten Lüfterdurchmessers sein, mit der Ausnahme, dass der Abstand nicht mehr als 5 mm betragen muss und auf 1 mm reduziert sein darf, wenn die sich gegenüberstehenden Teile in maßhaltiger Genauigkeit und Stabilität gefertigt sind. In keinem Fall darf der Abstand 1 mm unterschreiten.

Unabhängig von der Geschwindigkeit des Lüfters, müssen Lüfter und benachbarte Bauteile (Haube, Schutzgitter) elektrostatisch leitfähig sein, ihr Oberflächenwiderstand darf also $1 \text{ G}\Omega$ nicht übersteigen. Diese Anforderung gilt für Motoren der Zonen 21 und 22. **Wegen der bei Staub erhöhten Gefahr der elektrostatischen Aufladung ist diese Anforderung gegenüber der Zündschutzart "e" verschärft:** Dort wird die elektrostatische Leitfähigkeit erst bei Umfangsgeschwindigkeiten $> 50 \text{ m/s}$ gefordert.

25.3 Schema der Anforderungen für Kategorie 2

Die Zusammenfassung in Bild 25.3 zeigt nur die wichtigsten Abweichungen von der Grundauführung; sie kann das Studium der Normen nicht ersetzen.

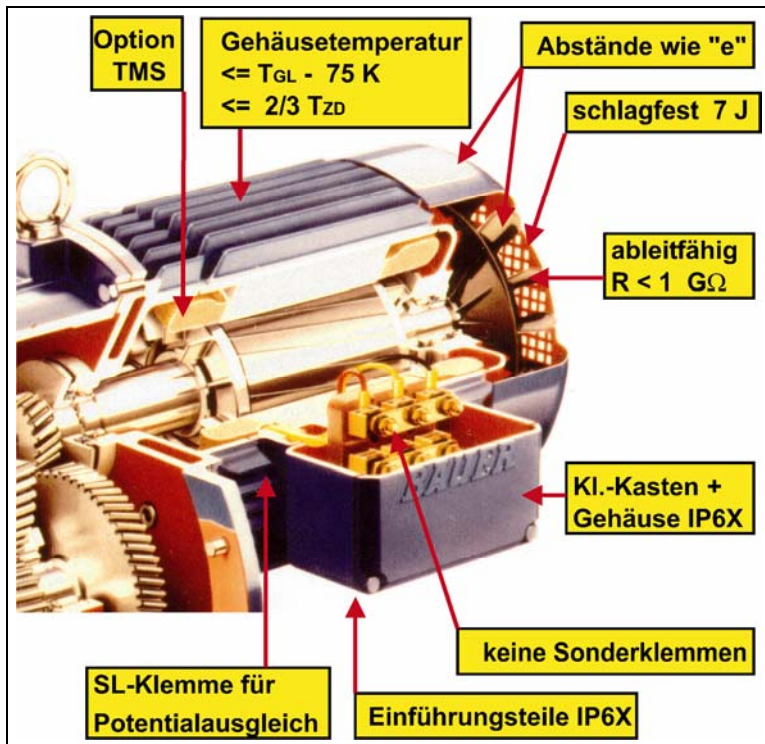


Bild 25.3
Grundanforderungen an elektrische Maschinen der Zündschutzart "tD", Kategorie 2, zur Verwendung in Zone 21

25.4 Kennzeichnung nach EN 50281-1-1

Für die Sicherheit ist es wichtig, dass das nachstehende Kennzeichnungssystem nur für elektrische Betriebsmittel verwendet wird, die den Bestimmungen dieser Norm entsprechen.

25.4.1 Das elektrische Betriebsmittel muss an sichtbarer Stelle auf dem Hauptteil gekennzeichnet sein. Diese Kennzeichnung muss unter Berücksichtigung einer möglichen chemischen Korrosion lesbar und dauerhaft sein.

25.4.2 Die Kennzeichnung muss folgendes enthalten:

- den Namen des Herstellers oder sein eingetragenes Warenzeichen;
- den IP-Code;
- das Typzeichen, das vom Hersteller festgelegt ist;
- eine Fertigungsnummer (falls erforderlich), außer für:
 - Zubehörteile für den Anschluss (Kabel- und Leitungseinführungen, Rohrleitungseinführungen, Verschlussplatten, Zwischenplatten, Steckvorrichtungen, Leitungsdurchführungen);
 - sehr kleine elektrische Betriebsmittel bei Platzmangel;
- Angaben, die normalerweise durch die Baubestimmungen für das elektrische Betriebsmittel verlangt werden.

25.4.3 Ergänzende Kennzeichnung der Betriebsmittel

25.4.3.1 Kategorie 2

- das Symbol Ex im Sechseck, um anzuzeigen, dass das elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in staubexplosionsgefährdeten Bereichen konstruiert und geprüft ist oder einem solchen Betriebsmittel ausdrücklich zugeordnet ist;
- den Namen oder das Zeichen der nationalen oder einer anderen zuständigen Prüf Stelle sowie den Hinweis auf die Bescheinigung, falls eine Prüfbescheinigung vorliegt. Diese Angaben sind vorzugsweise in folgender Form zu machen: Das Jahr der Erteilung, gefolgt von der laufenden Nummer in dem Jahr;
- die Zeichen
 - 2 für die Kategorie des Betriebsmittels, gefolgt von
 - D für "Staubexplosionsschutz", gefolgt von
- der maximale Oberflächentemperatur T als Temperaturwert.



25.4.3.2 Kategorie 3

- das Symbol Ex im Sechseck um anzuzeigen, dass das elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in staubexplosionsgefährdeten Bereichen konstruiert und geprüft ist oder einem solchen Betriebsmittel ausdrücklich zugeordnet ist;
- die Zeichen
 - 3 für die Kategorie des Betriebsmittels, gefolgt von
 - D für "Staubexplosionsschutz", gefolgt von
- der maximale Oberflächentemperatur T als Temperaturwert.



Hier ist die Kennzeichnung nach EN 50281 beschrieben, die bei CENELEC erarbeitet wurde und demgemäß auch die Richtlinien der EU (ATEX) berücksichtigt. Leider sind bei den im Parallelverfahren entstandenen Normen der Reihe IEC/EN 61241 die spezifischen europäischen Belange nicht berücksichtigt. Eventuelle (verspätete) Nachträge sind vom Anwender der Norm zu beachten.

25.5 Beispiele für die Kennzeichnung

Betriebsmittel der Kategorie 2

ABC-Werk Exstadt		
Typ : RST	Serien-Nr.:	123456 1998
 	N. A. 98 / 999	
II 2 D	T 170 °C	
IP65		

Betriebsmittel der Kategorie 3

ABC-Werk Exstadt		
Typ : RST	Serien-Nr.:	123456 1998
 		
II 3 D	T 170 °C	
IP54		

Die CE-Kennzeichnung ergibt sich aus der Richtlinie; sie ist nicht Gegenstand von DIN EN 50281-1-1.

N.A.: Name oder Zeichen der benannten Prüfstelle; zeigt Zertifizierung an

25.6 Betriebsanleitung

Zu jedem Gerät muss eine Betriebsanleitung vorhanden sein, die folgende Mindestangaben enthält:


- gleiche Angaben wie bei der Kennzeichnung für Geräte, mit Ausnahme der Seriennummer und gegebenenfalls wartungsrelevante Hinweise (z. B. Anschriften des Importeurs oder von Service-Werkstätten;
- Angaben zur oder zum sicheren
 - Inbetriebnahme,
 - Verwendung,
 - Montage und Demontage,
 - Instandhaltung (Wartung und Störungsbeseitigung)
 - Installation,
 - Rüsten;
- erforderlichenfalls die Markierung von gefährlichen Bereichen von Druckentlastungseinrichtungen;
- erforderlichenfalls Angaben zur Einarbeitung;
- Angaben, die zweifelsfrei die Entscheidung ermöglichen, ob die Verwendung eines Gerätes (entsprechend seiner ausgewiesenen Kategorie) in dem vorgesehenen Bereich unter den zu erwartenden Bedingungen gefahrlos möglich ist;
- elektrische Kenngrößen und Drücke, höchste Oberflächentemperaturen sowie andere Grenzwerte;
- erforderlichenfalls besondere Bedingungen für die Verwendung, einschließlich der Hinweise auf sachwidrige Verwendung, die erfahrungsgemäß vorkommen kann;
- erforderlichenfalls die wesentlichen Merkmale der Werkzeuge, die an dem Gerät angebracht werden können.

Die Betriebsanleitung beinhaltet die für die Inbetriebnahme, Wartung, Inspektion, Überprüfung der Funktionsfähigkeit und gegebenenfalls Reparatur des Gerätes notwendigen Pläne und Schemata sowie alle zweckdienlichen Angaben insbesondere im Hinblick auf die Sicherheit.

Bezüglich der Sicherheitsaspekte dürfen die Unterlagen, in denen das Gerät präsentiert wird, nicht in Widerspruch zur Betriebsanleitung stehen.

25.7 Konformitätserklärungen

Für den Motor:


Danfoss Bauer GmbH
Postfach 10 02 08
D-73726 Esslingen
Eberhard-Bauer-Str. 36-60
D-73734 Esslingen
Telefon: (0711) 35 18 0
Telefax: (0711) 35 18 381
e-mail: info@danfoss-bauer.de
Homepage: www.danfoss-bauer.de

EG-Konformitätserklärung
nach ATEX-Richtlinie 94/9/EG (ATEX 95)
für staubexplosionsgeschützte Drehstrommotoren D.XC
der Zündschutzart "D" für Zone 21

B 320.1100-13 Stand: 06/04 EE-grüf
File: KonfEM_ATEX_ID_Z21_B320_1100_13_DE.doc

Drehstrom-Käfigläufermotoren der Baureihen
D.XC04, D.XC05, D.XC06, D.XC07, D.XC08, D.XC09, D.XC11, D.XC13, D.XC16, D.XC18
in Zündschutzart II 2D Ex tD A21 IP6X T < 160 °C nach prEN 61241-0 und prEN 61241-1
oder Zündschutzart II 2D IP6X T < 160 °C nach EN 50281-1-1
wahlweise mit angebautem Geber oder Rücklaufsperr

entsprechen den Anforderungen der folgenden Europäischen Richtlinie(n) in ihrer aktualisierten Fassung
94/9/EG
Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der
Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in
explosionsgefährdeten Bereichen;

nachgewiesen durch die EG-Baumusterprüfbescheinigung der benannten Stelle EXAM BBG(0158)
BVS 04 ATEX E 128
und durch die Einhaltung folgender Normen und Bestimmungen für
"Elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in Bereichen mit brennbarem Staub"
EN 50281-1-1 Elektrische Betriebsmittel mit Schutz durch Gehäuse; Konstruktion und Prüfung
EN 61241-0 Allgemeine Anforderungen (z.Zt. Entwurf)
EN 61241-1 Schutz durch Gehäuse "D" (z.Zt. Entwurf)

Hinweise:
Die maximale Oberflächentemperatur (bezogen auf eine Umgebungstemperatur von 40 °C) liegt unter 160 °C.
Die Antriebe sind damit geeignet für Bereiche mit allen üblichen Stäuben der
Zündtemperatur > 240 °C
Glimmtemperatur > 235 °C, bezogen auf eine Schichtdicke von max. 5 mm.

Umrücker zur Aufstellung ausserhalb des explosionsgefährdeten Bereichs:
Frequenzumrichter der Danfoss VLT Serie 2800; 5000; 6000; FCD300; FC300

Beim Einsatz von Frequenzumrichter anderer Hersteller sind die Anforderungen nach der BAUER-Betriebsanleitung 170 04 zu beachten.



Vom Erichter und Betreiber sind die Errichtungsbestimmungen EN 50281-1-2 bzw. EN 61241-14 (z.Zt. Entwurf) zu beachten; z.B.:

- Bei Netzbetrieb und bei Umrichterbetrieb sind die im Motor eingebauten Thermistoren zusammen mit einem funktionsgeprüften Auslösegerät als ALeinschutz zu verwenden
- Einführungsteile müssen zum Schutz gegen Staubeintritt mindestens dem Schutzgrad IP6X nach EN 60529 entsprechen.


Die Sicherheitshinweise der mitgelieferten Produktdokumentation (z. B. Betriebsanleitung) sind zu beachten.

Esslingen, Datum der Erstausgabe 21.06.2004


Danfoss Bauer GmbH

 
I.V. Dipl.-Ing. Eiffler I.V. Dipl.-Ing. Fuchs
(Leiter EE) (Leiter QW)

Diese Erklärung beinhaltet keine Zusicherung von Eigenschaften im Sinne der Produkthaftung.



Für das Getriebe:



Danfoss Bauer GmbH
Postfach 10 02 08
D-73726 Esslingen
Eberhard-Bauer-Str. 36-60
D-73734 Esslingen
Telefon: (0711) 35 18 0
Telefax: (0711) 35 18 381
e-mail: info@danfoss-bauer.de
Homepage: www.danfoss-bauer.de

EG-Konformitätserklärung
nach ATEX-Richtlinie 94/9/EG (ATEX 95)
für Getriebe der Zündschutzarten "c" und "k"

B 000.1200-01 Stand: 11/03 EE-grüf
File: KonfEM_ATEX_c_k_B000_1200_01_DE.doc (ersetzt Exc_KonfEM_DE)

Die Getriebe der Baureihen BG, BF, BK, BS, BM
entsprechen den Anforderungen der folgenden Europäischen Richtlinie(n) in ihrer aktualisierten Fassung
94/9/EG
Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der
Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in
explosionsgefährdeten Bereichen;



nachgewiesen durch die Einhaltung folgender Normen und Bestimmungen:
Bewertung der Zündgefahr (hinterlegt bei der benannten Stelle PTB, Kenn-Nr. 0102) nach:
EN 1127 Explosionsschutz; Grundlagen und Methodik
EN 13463 Nichtelektrische Geräte zum Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen
EN 13463-1 Grundlagen
EN 13463-5 Konstruktive Sicherheit "c"
EN 13463-8 Flüssigkeitskapselung "k"


Hinweise:
Getriebe mit der Kennzeichnung  II 2G c k II T3 / II 2D c k T<160°C / EN 13463-1/-5 / -8
dürfen verwendet werden bei Gefahr durch:
 Gasexplosionen in Zonen 1 und 2 (Kategorien 2 und 3), Temperaturklasse T3
Abwärt von Leistung, Eintriebsdrehzahl und Aufstellung nach Festlegung des Danfoss Bauer Fachpersonals
 Staubexplosionen in Zonen 21 und 22 (Kategorien 2 und 3), Zünd- oder Glimmtemperatur > 240 °C
für alle listenmäßigen Aufstellungen und Eintriebsdrehzahlen bis 3000 r/min
 Explosionen in diesen Zonen durch hybride Gemische aus explosionsfähigem Gas und brennbarem Staub, sofern
die für eine Zündung maßgebenden Kennwerte des Gemisches (z. B. die Zündtemperatur) nicht ungünstiger sind als
die Kennwerte für die Komponenten des Gemisches.

Für den Motorfall von Getriebemotoren gilt eine getrennte Konformitätserklärung.
Die Sicherheitshinweise der mitgelieferten Produktdokumentation (z. B. Betriebsanleitung) sind zu beachten.

Esslingen, Datum der Erstausgabe 06.03.2003


Danfoss Bauer GmbH

 
I.V. Dipl.-Ing. Kübler I.V. Dipl.-Ing. Fuchs
(Leiter ME) (Leiter QW)

Für Bereiche mit Gasen der **Temperaturklasse T4** wurde die Eignung für folgende Parameter überprüft:
Getriebe mit der Kennzeichnung  II 2G c k II T4 / II 2D c k T<135°C / EN 13463-1/-5 / -8
Typ: Artikelnummer:
Bemessungsleistung: (kW)
max. Eintriebsdrehzahl: (r/min)
Aufstellung:
Sonstige Bedingungen:

Danfoss Bauer GmbH
Autorisierte interne Stelle

Diese Erklärung beinhaltet keine Zusicherung von Eigenschaften im Sinne der Produkthaftung.



Erklärungs- und Geräteort: 73734 Esslingen Sitz: Esslingen-Neckar Registergericht: Amtsgericht Esslingen HRB 3756
Ust-ID-Nr.: DE81272413 Geschäftsführer: Karsten Moe



(1) **EG-Baumusterprüfbescheinigung**

(2) **- Richtlinie 94/9/EG -**
Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung
in explosionsgefährdeten Bereichen

(3) **BVS 04 ATEX E 128**

(4) **Gerät:** Drehstrom-Motoren Typ.../ D ** XC ** *A** - TX-*

(5) **Hersteller:** Danfoss Bauer GmbH

(6) **Anschrift:** D - 73734 Esslingen

(7) Die Bauart dieses Gerätes sowie die verschiedenen zulässigen Ausführungen sind in der Anlage zu dieser Baumusterprüfbescheinigung festgelegt.

(8) Die Zertifizierungsstelle der EXAM BBG Prüf- und Zertifizier GmbH, benannte Stelle Nr. 0158 gemäß Artikel 9 der Richtlinie 94/9/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. März 1994, bescheinigt, dass das Gerät die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen für die Konzeption und den Bau von Geräten und Schutzsystemen zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen gemäß Anhang II der Richtlinie erfüllt.
Die Ergebnisse der Prüfung sind in dem Prüfprotokoll BVS PP 04.2088 EG niedergelegt.

(9) Die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen werden erfüllt durch Übereinstimmung mit

EN 50281-1-1:1998 +A1 Staubexplosionsschutz
prEN 61241-0:2002 Allgemeine Anforderungen
prEN 61241-1:2002 Schutz durch Gehäuse "tD

(10) Falls das Zeichen „X“ hinter der Bescheinigungsnummer steht, wird in der Anlage zu dieser Bescheinigung auf besondere Bedingungen für die sichere Anwendung des Gerätes hingewiesen.

(11) Diese EG-Baumusterprüfbescheinigung bezieht sich nur auf die Konzeption und die Baumusterprüfung des beschriebenen Gerätes in Übereinstimmung mit der Richtlinie 94/9/EG.
Für Herstellung und Inverkehrbringen des Gerätes sind weitere Anforderungen der Richtlinie zu erfüllen, die nicht durch diese Bescheinigung abgedeckt sind.

(12) Die Kennzeichnung des Gerätes muss die folgenden Angaben enthalten:

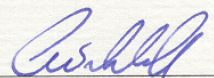
 **II 2D IP6x T ... °C * bzw.**
II 2D Ex tD A21 IP6x T ... °C*

* In der vollständigen Kennzeichnung werden die Punkte durch Angabe der höchsten Oberflächentemperatur (120 bis 160 °C) ersetzt.

EXAM BBG Prüf- und Zertifizier GmbH

Bochum, den 02. Juni 2004


Zertifizierungsstelle


Fachbereich

26 Auswahl, Errichten und Instandhaltung

Die Kriterien für die **Auswahl von Betriebsmitteln** und das Errichten von Anlagen in staubexplosionsgefährdeten Bereichen sind in DIN EN 50281-1-2 (VDE 0165-2) oder neu in IEC/EN 61241-14 festgelegt. Zum Thema Prüfung und Instandhaltung gibt es die Norm DIN EN 61241-17 vom Januar 2006.

26.1 Auswahl nach Konstruktionsmerkmalen und Prüfungen

Das Betriebsmittel sollte unter Beachtung der folgenden Bedingungen ausgewählt werden:

- Glimmtemperatur einer Staubschicht, ermittelt bei 5 mm Schichtdicke;
- Maximale Oberflächentemperatur, gemessen ohne Staubauflage;
- Maximale zulässige Oberflächentemperatur für Betriebsmittel bei Anwesenheit einer Staubwolke und mit einer Staubauflage bis zu 5 mm Dicke,
- Konstruktion des Gehäuses nach den Anforderungen in DIN EN 50281-1-1 oder neu in IEC/EN 61241-0 und -1.
- Staubdichtheit geprüft nach dem in EN 60529 für Gehäuse der Kategorie 1 festgelegten Verfahren mit künstlichem Unterdruck.

Zone 21 Zone 22 mit leitfähigem Staub	Zone 22
IP6X	IP5X

Tabelle 26.1
Staubschutz von Motoren in Abhängigkeit von Zone und Staubart

26.2 Elektrische Maschinen nicht für Zone 20 zulässig

Die besonderen Anforderungen für die Zone 20 lassen sich durch ein System der Leistungsbegrenzung – mit oder ohne Temperaturüberwachung – erreichen. Dieses System muss unter nachgebildeten Arbeitsbedingungen untersucht werden.

ANMERKUNG: Typische Anwendungen für Betriebsmittel unter übermäßiger Staubauflage sind Geräte der Mess- und Regelungstechnik (Anzeigeeinstrumente, Sensoren, Regler) mit begrenzter Energie.

Betriebsmittel der Energietechnik (wie zum Beispiel Motoren, Leuchten, Stecker und Steckvorrichtungen) müssen möglichst außerhalb der Zone 20 angeordnet werden oder – falls sie überhaupt zur Anwendung kommen – einer besonderen Untersuchung unterzogen werden.

In der Europäischen Norm EN 50281-1-2 erfolgte diese Eingrenzung nach langwierigen Diskussionen; sie wurde in die entsprechende internationale Norm IEC 61241-1-2 : 1999 zunächst nicht übernommen – entspricht aber dem praktischen Bedarf, wie Bild 26.2 zeigt. Dagegen ist die neue IEC/EN 61241-14 an die europäische Praxis angelehnt.

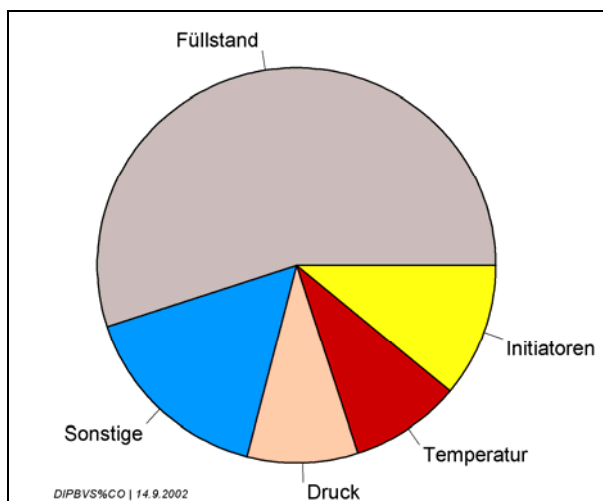


Bild 26.2
BVS-Baumusterprüfbescheinigungen

fast durchweg Betriebsmittel der MSR, z.B. Sensoren

Quelle: Dr. Wenzel in VDI-Bericht 975 (1992)

26.3 Elektrische Maschinen der Zündschutzart "d"

Häufig wird angenommen, dass druckfest gekapselte elektrische Maschinen mit Zulassung für die Explosionsgruppe II **ohne weitere Änderung** und ohne staubspezifische Zulassung durch eine benannte Stelle in staubexplosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden können.

Dies ist nicht der Fall.

Eine sachliche Begründung ergibt sich aus dem Vergleich der Spaltweiten mit den Korngrößen von explosionsfähigen Stäuben. Die formale Begründung ist in prAA:1999 mit einem letztlich nicht übernommenen Vorschlag für einen geänderten "Anwendungsbereich" zu EN 50014:1997 zu finden:

"Diese Europäische Norm enthält die allgemeinen Bestimmungen für die Konstruktion, die Prüfung und die Kennzeichnung von:

- elektrischen Betriebsmitteln,
- Ex-Kabel- und -Leitungseinführungen,
- Ex-Bauteilen,

die für die Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen von Gasen, Dämpfen und Nebeln bestimmt sind.

Wo sie für die Verwendung in staubexplosionsgefährdeten Bereichen bestimmt sind, gilt diese Norm wie folgt:

Für Gruppe I: vollständige Übereinstimmung mit dieser Norm.

Anmerkung: Betriebsmittel der Gruppe I, Einführungen oder Komponenten, die dieser Norm entsprechen, erfüllen das erforderliche Niveau des Explosionsschutzes ohne die Notwendigkeit, die Auslegung und die Konstruktion zu ändern oder Typprüfungen in explosionsfähiger Kohlenstaubatmosphäre zu erfüllen.

Für Gruppe II: Übereinstimmung mit EN 50281-1-1 und den darin festgelegten zutreffenden Teilen dieser Norm."

Eine ausführliche technische Begründung für die Verwendbarkeit von Betriebsmitteln der Zündschutzart EEx d I unter Tage in Bereichen, in denen Methan und Kohlestaub gleichzeitig auftritt, ist in [2.36] zu finden. Die Ausführungen in diesem Abschnitt schließen selbstverständlich nicht aus, einen Motor der Zündschutzart "d" mit den zusätzlichen Merkmalen des Staubexplosionsschutzes auszustatten und für Anwendungen der Kategorien 2G + 2D abnehmen zu lassen, wie dies von einigen Herstellern praktiziert wird.

26.4 Errichten

Gegenüber den allgemeinen **Errichtungsbestimmungen** nach DIN VDE 0100 und EN 60079-14 ergeben sich aus [1.15] und IEC/EN 61241-14 u. a. folgende **zusätzlichen Anforderungen**. Maßgebend ist der vollständige Text der Norm.

Beim Entwurf von Anlagen und beim Einbau von Betriebsmitteln ist eine leichte Zugänglichkeit für die Überwachung, Wartung und Reinigung zu berücksichtigen.

Elektrische Betriebsmittel, die von einer dicken Staubauflage bedeckt sind, bedürfen einer besonderen Betrachtung.

Leitungen sollten so geführt werden, dass sie nicht durch bewegten Staub einem Reibungseffekt ausgesetzt sind und sich dadurch elektrostatisch aufladen. Es sind Vorkehrungen zu treffen, um elektrostatische Aufladungen an der Oberfläche von Kabeln und Leitungen zu verhindern.

Kabel und Leitungen sind möglichst so zu führen, dass sich eine möglichst geringe Staubmenge ansammelt und dass sie für die Reinigung zugänglich sind. Falls zur Aufnahme von Kabeln und Leitungen Pritschen, Kanäle oder Gräben verwendet werden, sollten Vorkehrungen gegen das Eindringen und Ansammeln von brennbarem Staub getroffen werden.

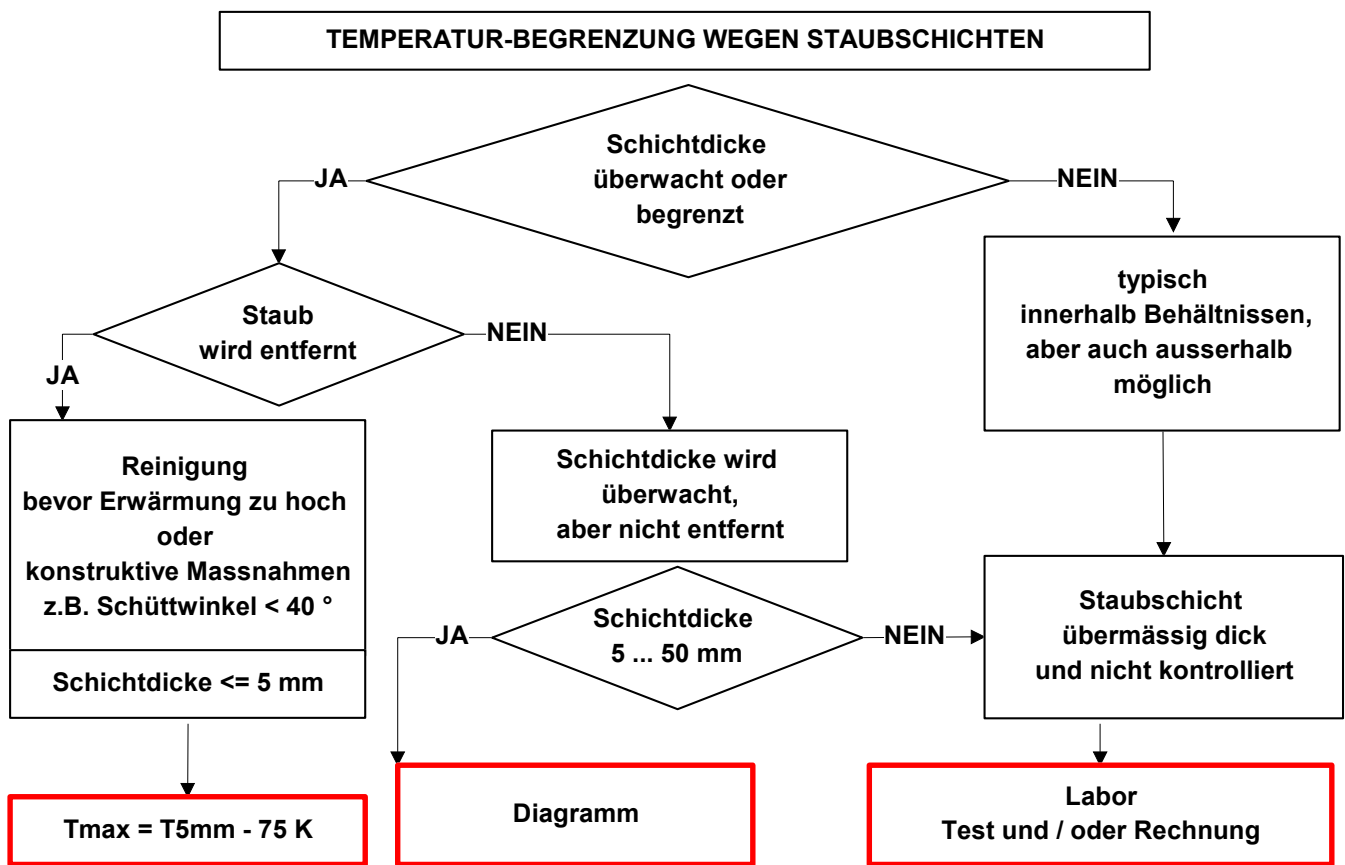
Die Leitungseinführung in ein Betriebsmittel muss die Dichtwirkung des Gehäuses sicherstellen.

Falls sich Staubablagerungen auf Kabeln und Leitungen bilden und die freie Luftumwälzung behindern können, muss eine Verminderung der Strombelastbarkeit in Betracht gezogen werden. Dies gilt besonders für Bereiche mit Stäuben niedriger Glimmtemperatur.

Gewindeverbindungen in Rohrsystemen müssen eine ausreichende Zahl von Gewindegängen haben, um die Staumdichtheit des Gehäuses zu gewährleisten. Dichtungsmittel dürfen verwendet werden, wenn für einen durchgängigen Potentialausgleich gesorgt wird.

26.5 **Behandlung der Gefahren durch Staubablagerungen**

Diese Frage wurde international kontrovers diskutiert: Einige Länder (z. B. Australien und Neuseeland) kannten **nur eine Zone**, weil sie in **abgelagertem** Staub ein permanentes Potential für eine **staubexplosionsgefährliche Atmosphäre** sehen. Großbritannien drängte bei CENELEC und bei IEC auf eine Bewertung von abgelagertem Staub (»layer risk«) durch feste Einteilung in Zonen. Vor allem sollte nach diesen Vorstellungen den unkontrollierten, übermäßigen Ablagerungen (»**excessive layers**«) automatisch die Zone 20 zugeordnet werden. Aus deutscher Sicht ist der Gefahr durch Staubablagerungen nicht durch eine Zoneneinteilung, **sondern durch die Begrenzung der Oberflächentemperatur** von Betriebsmitteln – abhängig von der Schichtdicke bis hin zur vollständigen Einschüttung – zu begegnen. Das nachfolgende Diagramm zeigt in Anlehnung an bei IEC und CENELEC eingebrachten deutsche Vorschläge (s.a. EN 50281-3), wie unter konsequenter Anwendung bereits bestehender Regeln die Gefahr durch Staubablagerungen ohne Änderung der Zoneneinteilung in den neuen Normen behandelt wird.



Praxisbeispiel für übermäßige Staubablagerung



Bild 26.5 "Übermäßige Staubauflage" bei einem Getriebemotor in einer Mälzerei

26.6 Überwachung und Instandhaltung

Eine wirksame Überwachung und Instandhaltung von elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen in staubexplosionsgefährdeten Bereichen ist sicherzustellen, um die Gefahr einer Zündung auf ein Mindestmaß zu beschränken. Dies schließt eine Überprüfung zur Sicherstellung der Ausgangsbedingungen (Staubart, maximale Schichtdicke usw.) ein.

ANMERKUNG: Ein störungsfreier Betrieb allein ist noch kein Hinweis auf die Einhaltung der Bestimmungen für eine sichere Anwendung der Betriebsmittel.

Nachstehend sind die Empfehlungen für die Überwachung und Instandhaltung von Betriebsmitteln mit Schutz durch Gehäuse gegen das Eindringen von brennbarem Staub aufgeführt. Die Überwachung und Instandhaltung von elektrischen Betriebsmitteln in staubexplosionsgefährdeten Bereichen ist nur von Fachpersonal vorzunehmen, das Kenntnisse über das Prinzip der Zündschutzart hat. Bevor ein elektrisches Betriebsmittel in einem staubexplosionsgefährdeten Bereich geöffnet wird, ist es von allen Speiseleitungen einschließlich des Neutralleiters zu trennen. Es sind wirksame Maßnahmen gegen ein unbeabsichtigtes Wiedereinschalten bei offenem Betriebsmittel zu treffen. Elektrische Betriebsmittel in staubexplosionsgefährdeten Bereichen sind nach einem Zeitplan regelmäßig zu überwachen und zu warten. Die Intervalle hängen ab von den allgemeinen Umgebungsbedingungen, der Gebrauchsdauer und den Empfehlungen des Herstellers. Ein elektrisches Betriebsmittel, das zur Instandhaltung geöffnet werden muss, ist möglichst in einen staubfreien Raum zu bringen. Falls dies nicht möglich ist, muss durch geeignete Maßnahmen verhindert werden, dass Staub in das Gehäuse eindringt. Bei der Demontage ist darauf zu achten, dass die für die Dichtheit des Gehäuses notwendigen Teile wie Dichtungen, Planflächen usw. nicht beschädigt werden, sofern nicht ihr Austausch beabsichtigt ist. Beim Wiederausammenbau ist die Herstelleranleitung für die Abdichtung zu befolgen.

Die Arbeiten an einer für Gas und Staub gültigen Norm IEC 60079-19 derzeit noch nicht abgeschlossen.

26.7 Gefahrlose Beseitigung von Staubablagerungen

Die dringend gebotene Reinhaltung der Anlage kann zur Gefahr werden, wenn der Staub bei der Beseitigung aufgewirbelt wird und mit einer Zündquelle in Berührung kommt. In diesem speziellen Zusammenhang wird auf die Veröffentlichungen [2.28], [2.29], [2.30] und [2.31] hingewiesen.

Nach [2.35] können Industriestaubsauger der Bauart 1, die den Anforderungen der Zone 11 entsprechen, in der Zone 22 weiterverwendet werden. Wenn der Betreiber durch organisatorische Maßnahmen sicherstellt, dass in der Zone 21 die für diese Klassifizierung maßgebenden Bedingungen abgestellt sind, ist eine zeitweilige Verwendung solcher Geräte auch in der Zone 21 vertretbar.



Bild 26.7
Industrie-
staubsauger der
Bauart 1
(zündquellenfrei)
nach BIA-
Prüfanforderung
für
frühere Zone 11
(jetzt Zone 22)



Bild 26.7
 Industriestaubsauger
 der Staubklasse M
 Bauart 1
 (zündquellenfrei)
 mit BIA-
 GS-Prüfbescheinigung
 für Zone 22

Bildquelle: Fa. RUWAC

Klassifizierung nach der Reinhaltung des Betriebs

Die Reinhaltung des Betriebs hat im Staubexplosionsschutz einen hohen Stellenwert, weil – im Gegensatz zu Gasen – eine Folge von für sich allein unter der Explosionsgrenze liegenden Freisetzungen zu einer gefährlich hohen Staubmenge akkumulieren kann. Allgemeine Festlegungen in §3 der ElexV (alt) und in den EX-RL (BGR 104) Abschnitt E 1.5 weisen auf die Reinigungspflicht hin.

Bei der neuen **"Einteilung von staubexplosionsgefährdeten Bereichen"** nach IEC 61241-10 und EN 50281-3 wird der Grad der Reinhaltung quantifiziert und in die Klassifizierung der Bereiche einbezogen:

Grad der Reinhaltung	Dicke der Staubschicht	Bestand der Staubschicht	Brand- oder Explosionsgefahr
gut	keine oder vernachlässigbar	kein	keine
befriedigend	nicht vernachlässigbar	kürzer als eine Betriebsschicht	keine
schlecht	nicht vernachlässigbar	länger als eine Betriebsschicht	Brandgefahr und bei Aufwirbelung Zone 22

27 Staub-Zündschutzarten

Die Tabelle 27 zeigt die derzeitigen Planungen. Die Ausführungen in dieser Abhandlung beziehen sich vorwiegend auf den »Staubexplosionsschutz durch Gehäuse tD«, für den die Normungsarbeit am weitesten fortgeschritten ist und der bei elektrischen Maschinen vorwiegend zur Anwendung kommt.

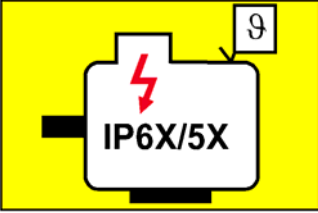
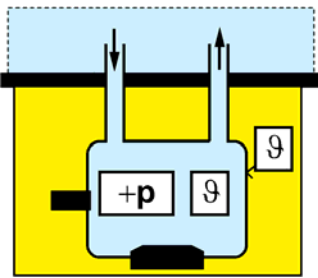
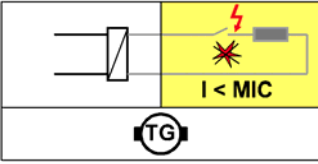
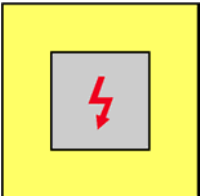
Symbol	Prinzip	Zündschutzart	Bisheriger Stand bei IEC	Künftiger Stand bei IEC und EN	Überholter Stand bei CLC
tD		IP-Gehäuse und Temperaturbegrenzung (t ightness and t emperature control)	IEC 61241-1-1 [1.17]	IEC/EN 61241-0 IEC/EN 61241-1	EN 50281-1-1 [1.14]
pD		Überdruckkapselung (p ressuration)	IEC 61241-4 (03.2001)	IEC/EN 61241-4	-
iD		Eigensicherheit (i ntrinsic safety)	-	IEC/EN 61241-11	-
mD		Vergusskapselung (m oulded compound)	Entwurf zu IEC 61241-18 VDE 0170/0171 Teil 15-18 (09.2002)	IEC/EN 61241-18	-

Tabelle 27
Staub-Zündschutzarten nach dem gegenwärtigen Stand der Normung

28 Struktur der Normen für den Staubexplosionsschutz

Das Bezeichnungssystem bei IEC ist derzeit im Umbruch. Mit einer Angleichung der Struktur an die **Bezeichnung** der Normen für den Gasexplosionsschutz soll die Voraussetzung für eine spätere **Zusammenführung der Normen** für Gas und Staub geschaffen werden. In der Spalte "IEC" stehen die künftigen Bezeichnungen an erster Stelle; bestehende Normen (soweit vorhanden) sind in Klammer gesetzt. Die hervorgehobenen **Europäischen Normen** sind derzeit im Rahmen von ATEX verbindlich. Eine baldige Angleichung an die neuen Normen der IEC-Reihe 61241- .. und IEC 60079-...(G+D) findet derzeit statt.

Thema	IEC	EN	DIN/VDE
Allgemeine Bestimmungen	61241-0	prEN 61241-0	0170/017 T. 15-0
Schutz durch Gehäuse Zündschutzart "tD"	61241-1 (61241-1-1)	50281-1-1 EN 61241-1	0170/0171 T. 15-1-1 0170/0171 T. 15-1
Auswahl und Errichten	61241-14 (61241-1-2)	50281-1-2 EN 61241-14	0165 Teil 2 0165 Teil 2/A2
Prüfmethoden			
Mindestzündtemperatur	61241-20-1 (61241-2-1)	50281-2-1	0170/0171 Teil 15-2-1
Widerstand von Staubschüttungen	61241-20-2 (61241-2-2)	61241-2-2 (50281-2-2)	0170/0171 Teil 15-2-2
Mindestzündenergie	61241-20-3 (61241-2-3)	50281-2-3	künftig bei
Untere Explosionsgrenze	61241-2-4	50281-2-4	CEN
Zoneneinteilung	61241-10 Entwurf 11.2002	50281-3 EN 61214-10	0165 Teil 102
Prüfung und Instandhaltung	IEC 61241-17 Entwurf 10.2002		VDE 0165 Teil 10-2 (Entwurf)
Reparatur und Überholung	IEC 61241-19 Entwurf 31H/164/NP		-
Zündschutzart "pD"	61241-4	EN 61241-4	0170/0171 Teil 15-4
Zündschutzart "iD"	61241-11 Entwurf 31H/160/NP		0170/0171 Teil 15-5
Zündschutzart „mD“	61241-18 Entwurf 09.2002		0170/0171 Teil 15-8

29 Vorschriften in Nordamerika

In der neuen Europäischen Norm EN 61241-1 wird als "Verfahren B" (im Original treffender "Practice B") eine Variante zur Wahl gestellt, die in Nordamerika seit sieben Jahrzehnten verwendet wird.

Dieser Abschnitt gibt einige Hintergrundinformationen zur Entstehungsgeschichte dieser Norm und beschreibt einige Einzelheiten der konstruktiven und prüftechnischen Anforderungen sowie der Abnahmebedingungen.

Das Verfahren B kann als Alternative zum Verfahren A interessant werden für

- Hersteller, die diese Art des Staubexplosionsschutzes nach Nordamerika liefern wollen oder müssen;
- Instandsetzer, die bei explosionsgeschützten Betriebsmitteln zur Wiederherstellung des Originalzustandes verpflichtet sind.

Daneben sollte es für Betreiber interessant sein, was sich unter den Buchstaben "A" und "B" – zum Beispiel im Rahmen eines Projektes – verbirgt.

29.1 Entstehung von IEC/EN 61241

Durch Getreidestaub verursachte Explosionen (Bild 29.1.1) waren in den USA relativ häufig, wie die Statistik für die Jahre 1980 ... 1990 (Bild 29.1.2) zeigt. Allein in der hier betrachteten Dekade gab es etwa 200 schwere Ereignisse, bei denen 54 Menschen getötet und 256 verletzt wurden und ein Sachschaden von etwa 165 Mio. Dollar entstand. Die Bemühungen um eine Prävention solcher Ereignisse führten schon 1929 zu der ersten Ausgabe der Norm UL 674(A) "Electric motors and generators for use in hazardous locations, Class II, Groups E, F, and G". Beim Beginn der IEC-Normenarbeit zum Staubexplosionsschutz (etwa 1980) konnten die nordamerikanischen Fachleute auf eine damals schon 50jährige Erfahrung mit der UL-Norm 674(A) verweisen; daher mussten in der Erstausgabe der IEC 1241-1-1 : 1993 noch zwei als sicherheitstechnisch gleichwertige eingestufte, jedoch grundsätzlich unterschiedliche "Verfahren" (Practice) genormt werden (Tabelle 29.1.3)



Bild 29.1.1
Getreidemühle ADM in Kansas City, USA nach der Explosion am 10.04.1979
Quelle: R.W. Schoeff, Kansas State University

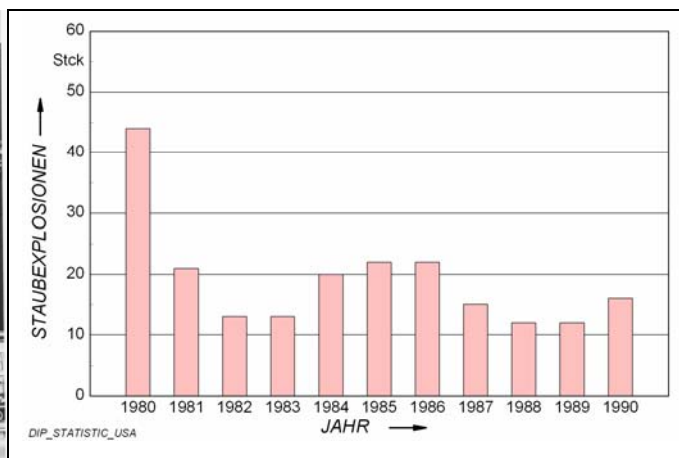


Bild 29.1.2
Statistik der Explosionen mit Nahrungs- und Futtermittelstäuben; erfasst durch "Federal Grain Inspection Service" des US Department of Agriculture

	Praxis A	Praxis B
Basis-Normen	EN 1127 und EN 60529	UL 674 und CSA C 222 No. 145
Staubauflage bei der Temperaturprüfung	ohne	mit
Glimmtemperatur bezogen auf Schichthöhe	5 mm	12.5 mm (½ Zoll)
Kriterien für die Dichtheit	IP6X / IP5X	Spaltweite am Dichtspalt
Korngröße des Prüfstaubes	< 75 µm	< 150 µm
Konstruktive Festlegungen	keine	spezielle

Tabelle 29.1.3 Vergleichswerte für die Verfahren A und B nach IEC/EN 61241-1

Bei der Übernahme der IEC 1241-1-1 als EN 50281-1-1:1998 konnte das Verfahren B eliminiert werden, da die Arbeiten ausschließlich auf europäischer CENELEC-Ebene abliefen

Die neuen Normen für die Zündschutzart "tD" (IEC/EN 61241-1) wurden jedoch im Parallelverfahren zwischen IEC und CENELC erstellt und enthalten daher zwangsläufig wieder den Konsens mit beiden Verfahren A und B. Die derzeitigen Arbeiten an einer Zusammenführung der beiden Verfahren sind zu beachten.

29.2 Anforderungen an die Spaltabmessungen

Die Spaltdichtungen beim Verfahren B sind mit dem Konstruktionsprinzip der druckfesten Kapselung vergleichbar, ohne dass sie allerdings auf eine Vermeidung des Zünddurchschlags (Explosionsunterdrückung) zielen oder geprüft werden.

Unter Verwendung der aus US-Quellen stammenden Originalbilder der Norm sind nachstehend auszugsweise einige Werte dargestellt und – soweit möglich – mit den Anforderungen bei druckfester Kapselung verglichen.

29.2.1 Wellenspalt

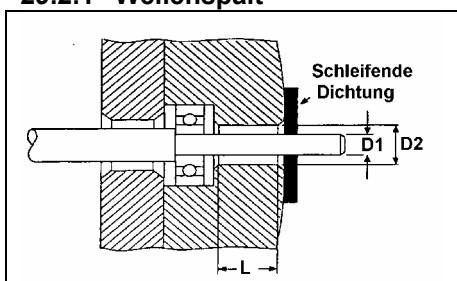


Bild 29.2.1
Wellenspalt beim Verfahren B nach IEC und EN 61241-1
Bild in Anlehnung an das Original in der Norm

Spaltlänge L	12,5 mm	38,5 mm
Spaltweite D2-D1	0,26 mm	0,57 mm

29.2.2 Ebener Spalt

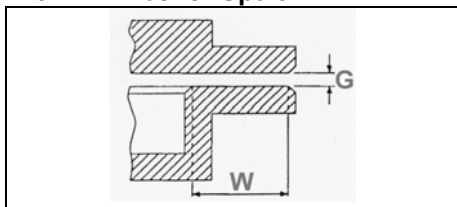


Bild 29.2.2
Ebener Spalt an einer Auflagefläche

Spaltlänge W	5 mm	22 mm
Spaltweite G	0,05 mm	0,22 mm

29.2.3 Spalt mit Dichtung

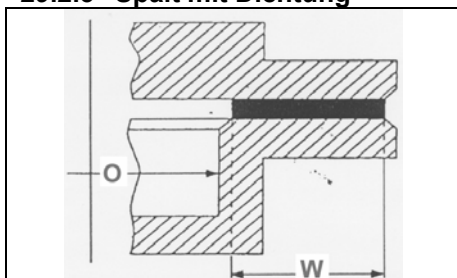


Bild 29.2.3
Ebener Spalt an einer Auflagefläche mit Dichtung

Maximale Öffnungsweite O	305 mm	915 mm	> 915 mm
Mindest- Dichtlänge W	3 mm	4,8 mm	9,5 mm

25.7.2.4 Spaltweite an Bolzen

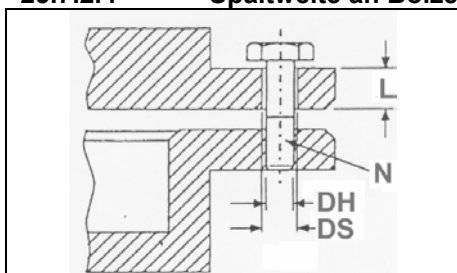


Bild 29.2.4
Maximal zulässiger Durchmesser-Unterschied zwischen dem gewindelosen Schaft des Bolzen N und der Bohrung im Gehäuse

Mindest-Spaltlänge L	12,5 mm
Max. zulässige Spaltweite DS-DH	0,26 mm

29.2.5 Vergleich der Wellenspalte bei Ex tD B21 und Ex d

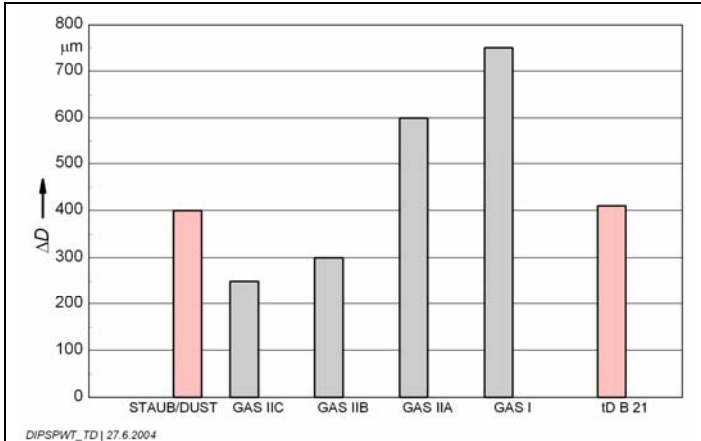


Bild 29.2.2.5

Vergleich der zulässigen Spaltweite bei Spaltlänge 25 mm für Explosionsgruppen I, IIA, IIB und IIC bei Zündschutzart EEx d (druckfeste Kapselung) mit den Korngrößen zündfähiger Stäube (STAUB/DUST) und mit der Spaltweite nach IEC und EN 61241-1 Verfahren B (tD B 21 bei Zone 21 und 22)

29.3 Prüfung der Staumdichtheit

Das "Atmen" eines Gehäuses infolge des Erwärmungsspiels wird bei der beim Verfahren A angewandten IP-Prüfung nach DIN EN 60529 simuliert, indem man im Gehäuse einen künstlichen Unterdruck erzeugt, der bis zum 2fachen des natürlichen Unterdrucks betragen kann.

Beim Verfahren B wird der Unterdruck durch Erwärmung bei Betrieb mit Bemessungsleistung und anschließende Abkühlung erzeugt.

29.3.1 Prüfung mit Wärmezyklus

a) Das Betriebsmittel muss in einer Prüfkammer ausreichender Größe aufgestellt werden, um während der Prüfdauer eine freie Zirkulation des Staub/Luft-Gemisches um den Prüfling zu ermöglichen (Bild 29.3.1). Für die gesamte Dauer der Prüfung muss eine Mischung aus geeignetem Staub und Luft mit einer Hilfseinrichtung ständig umgewälzt und in die Prüfkammer eingebracht werden. Die Korngröße des Staubes muss ein genormtes ASTM-Sieb Nr. 100 passieren (Maschenweite etwa 0,15 mm, wobei etwa 22 % der Menge durch ein ASTM-Sieb Nr. 200 (Maschenweite etwa 0,075 mm) hindurchpassen.

b) Bei der vorstehend festgelegten Prüfung muss das Betriebsmittel mit der Bemessungsleistung betrieben werden bis die Höchsttemperaturen erreicht sind; anschließend wird es von der Versorgung getrennt, bis es sich auf Raumtemperatur abgekühlt hat. Es müssen mindestens sechs Erwärmungs-/Abkühlungszyklen in mindestens 30 h durchgeführt werden." (Zitat aus IEC/EN 61241-1).



Bild 29.3.1

Prüfung der Staumdichtheit durch 6 Zyklen Erwärmung/Abkühlung nach Verfahren B in IEC/EN 60241-1

anlässlich einer früheren Abnahme für Danfoss Bauer durch UL

29.3.2 Abnahme

Nach der Prüfung wird der Staub sanft abgekehrt; er darf nicht abgeblasen oder abgesaugt werden.

Anschließend wird das Gehäuse geöffnet und sorgfältig auf möglicherweise eingedrungenen Staub untersucht. Es darf kein sichtbarer Staub in das Gehäuse eingedrungen sein. Staub in Spalten darf nicht als Fehler bewertet werden.

29.3.3 Begrenzte Dichtwirkung von Spalten

In einer grundsätzlichen Versuchsreihe wurde die praktische Erfahrung bestätigt, dass Dichtspalte ohne zusätzliche Dichtmittel nur eine begrenzte Dichtwirkung haben können (Bilder 3.3.1 und 3.3.2). Die vollständige Versuchsreihe ist in [2.8] zu finden. Durch Bild 2.1 und die Abnahmebedingungen nach 3.1 wird bestätigt, dass auch die Norm nicht voll auf die Dichtwirkung von Spalten vertraut.

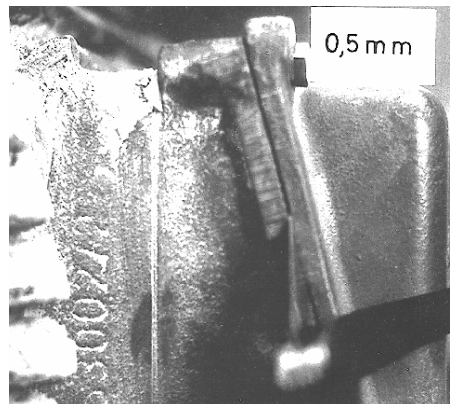


Bild 29.3.3.1
Einstellung einer Spaltweite (z. B. 0,5 mm) zwischen den metallisch blanken Flächen von Klemmenkasten und Deckel

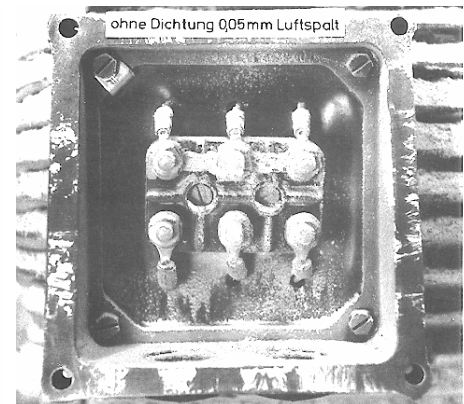


Bild 29.3.3.2
Versuchsergebnis bei der auf 0,05 mm reduzierten Spaltweite Prüfdauer etwa 200 Minuten

29.4 Thermische Prüfungen

Die Grundbedingungen für die Erwärmungsprüfung sind für die beiden Verfahren A und B in IEC/EN 61241-0 festgelegt: Sie sind aus IEC/EN 60079-0 für gasexplosionsgeschützte Betriebsmittel übernommen.

Beim Verfahren B besteht jedoch die **zusätzliche Anforderung**, dass das Betriebsmittel mit der maximal auf ihm verbleibenden Staubmenge bedeckt sein muss. Alternativ darf eine 12,5 mm dicke Staubpaste oben auf das Betriebsmittel aufgebracht werden, um die Staubauflage nachzubilden.

Diese Paste sollte aus den Gewichtsanteilen von 45 % Staub (z. B. Weizenmehl) und 55 % Wasser bestehen. Der Wert der Temperatur sollte nach dem Trocknen der Paste gemessen werden (Bild 29.4).

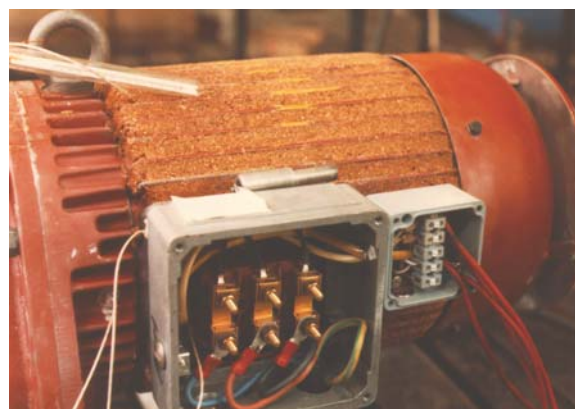


Bild 29.4
Prüfung der Erwärmung mit Staubbedeckung auf der Oberseite bei Verfahren B (dust blanket test) nach IEC/ EN 61241-1

anlässlich einer früheren Abnahme durch UL

29.5 Kennzeichnung für Verfahren A und B

Die beiden nachfolgenden Beispiele für die Kennzeichnung bei den Verfahren A und B sind an Abschnitt 30 von IEC/EN 61241-1 angelehnt.

Die Unterscheidung der Verfahren ergibt sich aus den der Zone – hier 21 – **vorangestellten** Buchstaben.

Leider sind bei den im Parallelverfahren entstandenen Normen die spezifisch europäischen Festlegungen nicht berücksichtigt – diese ergeben sich aus der EU-Richtlinie (ATEX 95).

Das für die grundsätzlichen Regeln der Kennzeichnung zuständige CENELEC TC 31 hat sich erst sehr spät mit einheitlichen Festlegungen befasst.

ABC Firma Typ RST Serien-Nr. 987654 N.A. 01/99999 Ex tD A 21 T120 °C			ABC Firma Typ KLM Serien-Nr. 123456 N.A. 01/99999 Ex tD B 21 T170 °C		
V	A	Hz	V	A	Hz
kW	r/min		kW	r/min	

Literaturverzeichnis zum Teil III "Staub-Explosionsschutz"

1 Gesetze, Normen, Bestimmungen, Vorschriften

- 1.1 DIN VDE 0165 : 1991
Errichten elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen
- 1.2 VDE 0165 : 1969 (außer Kraft)
Bestimmungen für die Errichtung elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen
- 1.3 DIN EN 50014 (VDE 0170-1) : 2000
Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche – Allgemeine Bestimmungen
- 1.4 ElexV
Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen
Bundesgesetzblatt Jahrgang 1996, Teil I, Nr. 65
- 1.5 EX-RL
Regeln BGR 104 (bisher ZH1/10) "Explosionsschutz-Regeln", Ausgabe 7.2000
Regeln für das Vermeiden der Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre
Fachausschuss "Chemie" der BGZ
- 1.6 IEC 60529 :1989
Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)
- 1.7 BGR 132 (bisher ZH1/2000)
Richtlinien für die Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen
Berufsgenossenschaftliche Regeln des HVBG (2002)
- 1.8 EN 60529 : 2000
Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)
- 1.9 DIN VDE 0166/08.92 (Entwurf)
Errichten elektrischer Anlagen in durch explosionsgefährliche Stoffe gefährdeten Bereichen
- 1.10 VDI-Richtlinie 2263
Verhütung von Staubbränden und Staubexplosionen
- 1.11 *Nabert, K.; Schön, G.:*
Sicherheitstechnische Kennzahlen brennbarer Gase und Dämpfe; mit Nachträgen
Deutscher Eichverlag, Braunschweig 1963; mit 5. Nachtrag 1980
- 1.12 DIN VDE 0170/0171 Teil 13 : 1986
Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche;
Anforderungen für Betriebsmittel der Zone 10
- 1.13 EN 50281-2-1 (VDE 0170-15-2-1) : 1999
Verfahren zur Bestimmung der Mindestzündtemperatur von Staub
- 1.14 DIN EN 50281-1-1 (VDE 0170-15-1-1) : 1999
Elektrische Betriebsmittel zu Verwendung in Bereichen mit brennbarem Staub
Teil 1-1: Konstruktion und Prüfung
- 1.15 DIN EN 50281-1-2 (VDE 0165 Teil 2) : 1999
Elektrische Betriebsmittel zu Verwendung in Bereichen mit brennbarem Staub
Teil 1-2: Auswahl, Errichten und Instandhaltung
- 1.16 IEC 61241-3 : 1997
Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust
Part 3: Classification of areas where combustible dusts are or may be present
- 1.17 IEC 61241-1-1 : 1999
Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust
Part 1-1: Electrical apparatus protected by enclosures and surface temperature limitation
Specification for apparatus
- 1.18 IEC 61241-1-2 : 1999
Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust
Part 1-2: Electrical apparatus protected by enclosures
Selection, installation, and maintenance
- 1.19 Normenreihe IEC/EN 64241 : 2004
Electrical apparatus for use in the presence of combustible dust

2 Bücher, Broschüren, Fachaufsätze

- 2.1 *Bartknecht, W.:*
Explosionen – Ablauf und Schutzmaßnahmen
Springer Verlag, Berlin (1980)
- 2.2 Staubexplosionen (Nahrungsmittelstäube, Futtermittelstäube, Getreidestäube ;
BG Nahrungsmittel und Gaststätten
- 2.3 Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben
BIA-Report 12/97
BIA (Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit)
Herausgeber: HVBG (Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften) St. Augustin
- 2.4 VDI-Bericht 304
Sichere Handhabung brennbarer Stäube,
VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf
- 2.5 VDI-Berichte Nr. 19, (1957) Kennzahlen brennbarer Industriestäube
VDI-Verlag, Düsseldorf
- 2.6 Dokumentation Staubexplosionen
BIA-Report Nr. 4/82, von H. Beck und A. Jeske;
Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit
- 2.7 *Greiner, H.:*
Explosionsschutz bei Getriebemotoren
Sonderdruck SD 302 der Firma Danfoss Bauer GmbH
- 2.8 *Greiner, H.:*
IP-Schutzarten
Sonderdruck SD 197 der Firma Danfoss Bauer GmbH
- 2.9 *Kaiser, J.:*
Staubexplosionsschutz von elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen;
Druckschrift der Fa. Endress & Hauser GmbH & Co.
- 2.10 *Nowak, K.:*
Elektroinstallation in durch Aluminiumstaub explosionsgefährdeten Betriebsstätten;
de (1981) H.5
- 2.11 Explosionsschutz beim Umschlagen und Lagern von Getreide und Futtermitteln;
Schriftenreihe Arbeitsschutz Nr. 24;
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung (BAU)
- 2.12 *Lüttgens, G.; Boschung, P.:*
Elektrostatische Aufladungen
Band 44; Kontakt und Studium, Expert-Verlag, Ehningen (1988)
- 2.13 *Berthold, W.; Löffler, U.:*
Lexikon sicherheitstechnischer Begriffe in der Chemie
Verlag Chemie, Weinheim (1981)
- 2.14 Kurzfassung der Vorträge beim Internationalen Kolloquium "Sichere Handhabung brennbarer
Stäube";
VDI-Kommission RdL
- 2.15 *Nowak, K.:*
Normen und Schutzarten für die Elektro-Installation
R. Pflaum Verlag, München, (1985)
- 2.16 *Strube, F.:*
Maßnahmen zum Staubbrand- und Staubexplosionsschutz im Bereich "Getreide und
Futtermittel";
Ex-Zeitschrift (1985) H.17
- 2.17 *Kühnen, G.:*
Staubexplosionsschutz bei technischen Arbeitsmitteln, speziell bei Industrie-Staubsaugern;
"Die Berufsgenossenschaft", (1978) H.4

- 2.18 *Berthold; Guthke; Löffler:*
Prüfen bringt Sicherheit - Merkblätter für Arbeitssicherheit Nr. 10
BASF AG
- 2.19 *Nowak, K.:*
Explosionsschutz für Zone 11
STAHL-Ex-Zeitschrift (1986)
- 2.20 Annual Report 1989 des USDA (United States Department of Agriculture)
- 2.21 Statistik des Cooperative Extension Service an der KSU (Kansas State University)
- 2.22 *Hensel, W.; John, W.:*
Die Schichtdickenabhängigkeit der Glimmtemperatur
VDI-Fortschrittbericht Nr. 244, VDI-Verlag, Düsseldorf (1991)
- 2.23 *Freytag, H. H.:*
Handbuch der Raumexplosionen
Verlag Chemie, Weinheim, (1949)
- 2.24 *Nowak, K.:*
Elektrische Anlagen in staubexplosionsgefährdeten Betriebsstätten
de (1993) H.22 u. H.23
- 2.25 *Dill, W. G.:*
Staubexplosionsschutz elektrischer Betriebsmittel
Referat bei der VdS-Fachtagung "Staubexplosionsschutz", (1995)
- 2.26 *Wenzel, H.:*
Staubexplosionsschutz elektrischer Betriebsmittel
VDI-Bericht 975 VDI-Verlag, Düsseldorf, (1992)
- 2.27 *Beck, H.; Ott, R.J.; Siwek, R.; Zockoll, C.; u.a.:*
Staubexplosionsschutz an Maschinen und Apparaten
Internationale Sektion IVSS, BGN Mannheim (1998)
- 2.28 Prüfanforderungen für den Staubexplosionsschutz bei Industriestaubsaugern (IS) und Entstaubern (EOR) zum Einsatz in Zone 11; Bauart1 (zündquellenfreie Bauart)
BIA Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit; 02.96
- 2.29 *Beck, H.:*
Zündquellenfreie Bauart von Staubsaugern und Kleinentstaubern als Maßnahme des vorbeugenden Explosionsschutzes; Bauart 1
Staub, Reinhaltung der Luft; (1992) H.52, Springer Verlag
- 2.30 *Isselhard, K.:*
Staubexplosionsschutzgeschützte Industriestaubsauger
Die BG; (1982) H.1; Erich Schmidt Verlag, Bielefeld
- 2.31 Herstellerverzeichnis geprüfter Industriestaubsauger; BIA
- 2.32 *Glor, M., u. a.:*
Statische Elektrizität; Zündgefahren und Schutzmaßnahmen
Herausgeber: IVSS, Heidelberg (1995)
- 2.33 *Lüttgens, G.; Glor, M.:*
Elektrostatische Aufladungen begreifen und sicher beherrschen
Expert Verlag, Ehningen, (1988)
- 2.34 *Nowak, K.:*
Elektroinstallation in staubexplosionsgefährdeten Bereichen
de (1999) H.15 u. H.16
- 2.35 *Beck, H.:*
Industriestaubsauger in explosionsgefährdeten Bereichen – Neue Rechtslage
Arbeit und Gesundheit, 10/2000
- 2.36 *Lunn, G.A.; Rowland, D.B.; Tolson, P.:*
Electrical ignitions and use of flameproof enclosures in coal dust and methane atmospheres
Trans. Instn. Min. Metall 108, Jan.-April 1999
- 2.37 *Eckhoff, R. K.:*
Dust Explosions in the Process Industries
Gulf Professional Publishing; Amsterdam, Boston (2003)

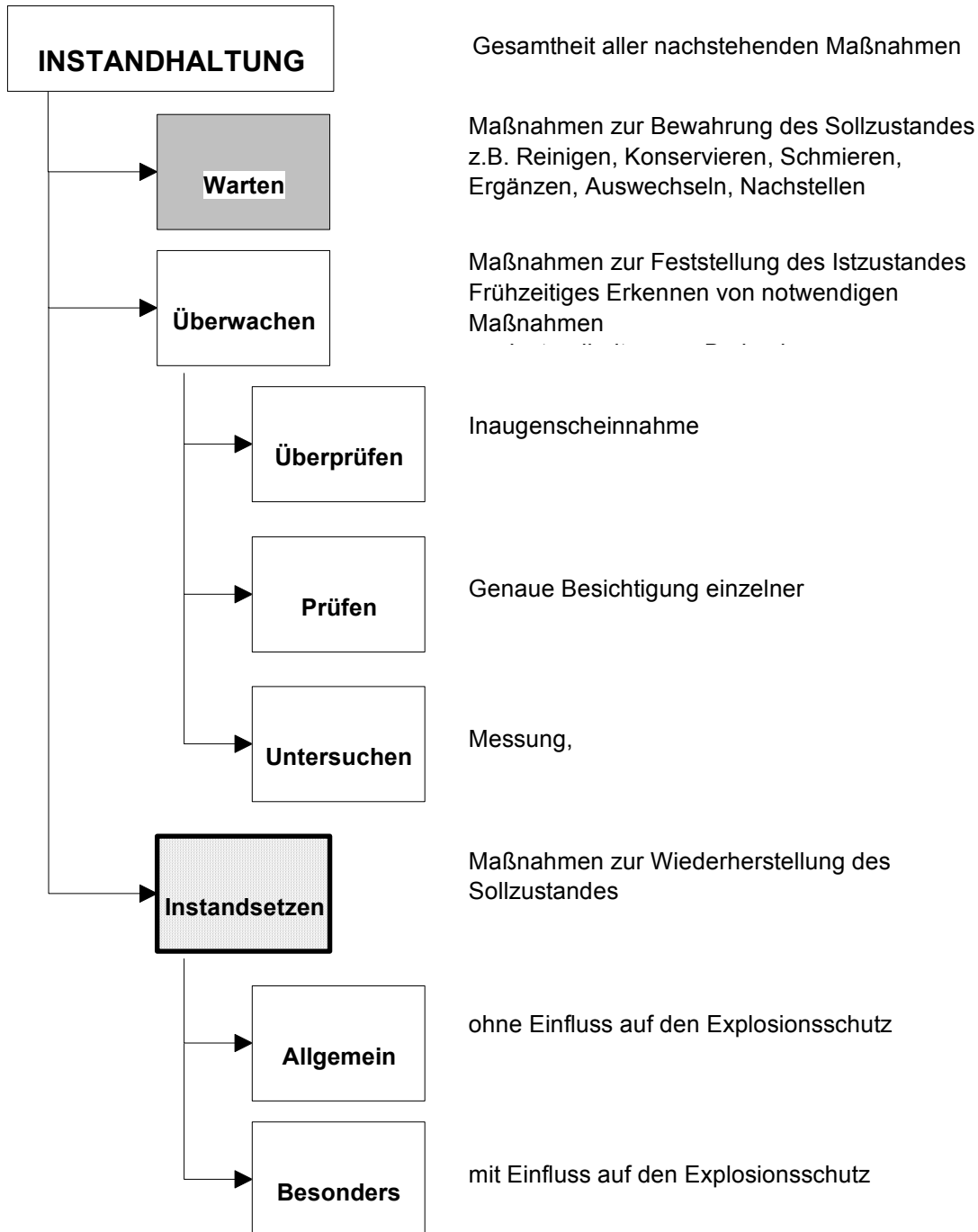
Leerseite für Notizen

IV INSTANDHALTUNG

30 Allgemeines

Unter "Instandhaltung" sind alle Maßnahmen zu verstehen, die der **Bewahrung und Wiederherstellung des Sollzustandes einer Anlage dienen**. Dazu gehören auch die Feststellung und die Beurteilung des Istzustandes (DIN 31051 Teil 1).

Die nachfolgenden Ausführungen konzentrieren sich auf die "Instandsetzung" elektrischer Maschinen in den Zündschutzarten "erhöhte Sicherheit e" und "druckfeste Kapselung d".



31 Vorschriften

Die **Sicherheit von Anlagen** in explosionsgefährdeten Bereichen hängt nach der vorgeschriebenen Auswahl auch von der richtigen **Inbetriebnahme**, der ordnungsgemäßen **Verwendung** und fachgerechten **Instandsetzung** ab.

Die Regeln waren nach altem Recht in der ElexV [1] festgelegt; jetzt gilt hierzu die an den Arbeitgeber (Betreiber) gerichtete Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) [27].

Nachstehend die in diesem Zusammenhang relevanten Zitate aus den beiden Verordnungen:

31.1 Instandhaltung nach der ElexV

§ 9 Instandsetzung von Betriebsmitteln

(1) *Ist ein elektrisches Betriebsmittel hinsichtlich eines Teiles, von dem der Explosionsschutz abhängt, instand gesetzt worden, so darf es erst wieder in Betrieb genommen werden, nachdem der Sachverständige festgestellt hat, dass es in den für den Explosionsschutz wesentlichen Merkmalen den Anforderungen dieser Verordnung entspricht, und nachdem er hierüber eine Bescheinigung erteilt oder das Betriebsmittel mit einem Prüfzeichen versehen hat.*

(2) *Absatz 1 gilt nicht, wenn ein Betriebsmittel nach seiner Instandsetzung durch den Hersteller einer erneuten Stückprüfung unterzogen worden ist und der Hersteller bestätigt, dass das Betriebsmittel in den für den Explosionsschutz wesentlichen Merkmalen den Anforderungen dieser Verordnung entspricht.*

(3) *Hat der Sachverständige im Falle des Absatzes 1 festgestellt, dass das elektrische Betriebsmittel den dort bezeichneten Anforderungen nicht entspricht, so entscheidet die zuständige Behörde auf Antrag dessen, der das elektrische Betriebsmittel wieder in Betrieb nehmen will.*

§ 11 Nichtanwendung des § 9

Der §9 gilt nicht für

- 1. elektrische Betriebsmittel, die in Zone 2 verwendet werden,*
- 2. elektrische Betriebsmittel, die in Zone 22 verwendet werden,*
- 3. elektrische Betriebsmittel in einem eigensicheren Stromkreis, die dessen Sicherheit nicht beeinträchtigen können,*
- 4. Kabel und Leitungen, ausgenommen Heizkabel und Heizleitungen,*
- 5. Einrichtungen, bei denen keiner der Werte 1,2 Volt, 0,1 Ampere, 20 Mikrojoule oder 25 Milliwatt überschritten werden kann.*

§ 12 Prüfungen

(1) *Der Betreiber hat zu veranlassen, dass die elektrischen Anlagen auf ihren ordnungsgemäßen Zustand hinsichtlich der Montage, der Installation und des Betriebes durch eine Elektrofachkraft oder unter Leitung und Aufsicht einer Elektrofachkraft geprüft werden*

- 1. vor der ersten Inbetriebnahme und*
- 2. in bestimmten Zeitabständen.*

Der Betreiber hat die Fristen so zu bemessen, dass entstehende Mängel, mit denen gerechnet werden muss, rechtzeitig festgestellt werden. Die Prüfungen nach Satz 1 Nr. 2 sind jedoch alle drei Jahre durchzuführen; sie entfallen, soweit die elektrischen Anlagen unter Leitung eines verantwortlichen Ingenieurs ständig überwacht werden.

(2) *Bei der Prüfung sind die sich hierauf beziehenden dem Stand der Technik entsprechenden Regeln zu beachten.*

(3) *Auf Verlangen der zuständigen Behörde ist ein Prüfbuch mit bestimmten Eintragungen zu führen.*

(4) *Die Aufsichtsbehörde kann bei Schadensfällen oder aus sonstigem besonderen Anlass im Einzelfall außerordentliche Prüfungen durch einen Sachverständigen anordnen. Der Betreiber hat zu veranlassen, dass eine nach Satz 1 vollziehbar angeordnete Prüfung vorgenommen wird.*

§ 13 Betrieb

(1) *Wer eine elektrische Anlage in explosionsgefährdeten Räumen betreibt, hat diese in ordnungsgemäßem Zustand zu erhalten, ordnungsgemäß zu betreiben, ständig zu überwachen, notwendige Instandhaltungs- und Instandsetzungsarbeiten unverzüglich vorzunehmen und die den Umständen nach erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen zu treffen.*

(2) *Die Aufsichtsbehörde kann im Einzelfall erforderliche Überwachungsmaßnahmen anordnen.*

(3) *Eine elektrische Anlage in einem explosionsgefährdeten Bereich darf nicht betrieben werden, wenn sie Mängel aufweist, durch die Beschäftigte oder Dritte gefährdet werden.*

Einzelheiten zur Organisation und praktischen Durchführung der Prüfungen oder ständigen Überwachung nach ElexV sind [3], [4] und [15] zu entnehmen. Die Übertragbarkeit dieser Regeln auf die nachfolgend beschriebenen Regeln der Betriebssicherheitsverordnung ist von Fall zu Fall zu überprüfen.

31.2 Instandhaltung nach der BetrSichV

§ 10 Prüfung der Arbeitsmittel

(1) Der Arbeitgeber hat sicherzustellen, dass die Arbeitsmittel, deren Sicherheit von den Montagebedingungen abhängt, nach der Montage und vor der ersten Inbetriebnahme sowie nach jeder Montage auf einer neuen Baustelle oder an einem neuen Standort geprüft werden. Die Prüfung hat den Zweck, sich von der ordnungsgemäßen Montage und der sicheren Funktion dieser Arbeitsmittel zu überzeugen. Die Prüfung darf nur von hierzu befähigten Personen durchgeführt werden.

(2) Unterliegen Arbeitsmittel Schäden verursachenden Einflüssen, die zu gefährlichen Situationen führen können, hat der Arbeitgeber die Arbeitsmittel entsprechend den nach § 3 Abs. 3 ermittelten Fristen durch hierzu befähigte Personen überprüfen und erforderlichenfalls erproben zu lassen. Der Arbeitgeber hat Arbeitsmittel einer außerordentlichen Überprüfung durch hierzu befähigte Personen unverzüglich zu unterziehen, wenn außergewöhnliche Ereignisse stattgefunden haben, die schädigende Auswirkungen auf die Sicherheit des Arbeitsmittels haben können. Außergewöhnliche Ereignisse im Sinne des Satzes 2 können insbesondere Unfälle, Veränderungen an den Arbeitsmitteln, längere Zeiträume der Nichtbenutzung der Arbeitsmittel oder Naturereignisse sein. Die Maßnahmen nach den Sätzen 1 und 2 sind mit dem Ziel durchzuführen, Schäden rechtzeitig zu entdecken und zu beheben, sowie die Einhaltung des sicheren Betriebs zu gewährleisten.

(3) Der Arbeitgeber hat sicherzustellen, dass Arbeitsmittel nach Instandsetzungsarbeiten, welche die Sicherheit der Arbeitsmittel beeinträchtigen können, durch befähigte Personen auf ihren sicheren Betrieb geprüft werden.

(4) Der Arbeitgeber hat sicherzustellen, dass die Prüfungen auch den Ergebnissen der Gefährdungsbeurteilung nach § 3 genügen.

§ 12 Betrieb (Auszug)

(1) Überwachungsbedürftige Anlagen müssen nach dem Stand der Technik montiert, installiert und betrieben werden. Bei der Einhaltung des Standes der Technik sind die vom Ausschuss für Betriebssicherheit ermittelten und vom Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung im Bundesarbeitsblatt veröffentlichten Regeln und Erkenntnisse zu berücksichtigen.

(2) Überwachungsbedürftige Anlagen dürfen erstmalig und nach wesentlichen Veränderungen nur in Betrieb genommen werden,

1. wenn sie den Anforderungen der Verordnungen nach § 4 Abs. 1 des Gerätesicherheitsgesetzes entsprechen, durch die die in § 1 Abs. 2 Satz 1 genannten Richtlinien in deutsches Recht umgesetzt werden, oder

2. wenn solche Rechtsvorschriften keine Anwendung finden, sie den sonstigen Rechtsvorschriften, mindestens dem Stand der Technik entsprechen.

Überwachungsbedürftige Anlagen dürfen nach einer Änderung nur wieder in Betrieb genommen werden, wenn sie hinsichtlich der von der Änderung betroffenen Anlagenteile dem Stand der Technik entsprechen.

(3) Wer eine überwachungsbedürftige Anlage betreibt, hat diese in ordnungsgemäßem Zustand zu erhalten, zu überwachen, notwendige Instandsetzungs- oder Wartungsarbeiten unverzüglich vorzunehmen und die den Umständen nach erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen zu treffen.

(5) Eine überwachungsbedürftige Anlage darf nicht betrieben werden, wenn sie Mängel aufweist, durch die Beschäftigte oder Dritte gefährdet werden können.

§ 14 Prüfung vor Inbetriebnahme (Auszug)

(1) Eine überwachungsbedürftige Anlage darf erstmalig und nach einer wesentlichen Veränderung nur in Betrieb genommen werden, wenn die Anlage unter Berücksichtigung der vorgesehenen Betriebsweise durch eine zugelassene Überwachungsstelle auf ihren ordnungsgemäßen Zustand hinsichtlich der Montage, der Installation, den Aufstellungsbedingungen und der sicheren Funktion geprüft worden ist.

(6) Ist eine überwachungsbedürftige Anlage ... hinsichtlich eines Teils, von dem der Explosionsschutz abhängt, instandgesetzt worden, so darf sie abweichend von Absatz 2 erst wieder in Betrieb genommen werden, nachdem die zugelassene Überwachungsstelle festgestellt hat, dass sie in den für den Explosionsschutz wesentlichen Merkmalen den Anforderungen dieser Verordnung entspricht, und nachdem sie hierüber eine Bescheinigung nach § 19 erteilt oder die überwachungsbedürftige Anlage mit einem Prüfzeichen versehen hat. Die Prüfungen nach Satz 1 dürfen auch von befähigten Personen eines Unternehmens durchgeführt werden, soweit diese Personen von der zuständigen Behörde für die Prüfung der durch dieses Unternehmen instandgesetzten überwachungsbedürftigen Anlagen anerkannt sind. Die Sätze 1 und 2 gelten nicht, wenn eine überwachungsbedürftige Anlage nach ihrer Instandsetzung durch den Hersteller einer Prüfung unterzogen worden ist und der Hersteller bestätigt, dass die überwachungsbedürftige Anlage in den für den Explosionsschutz wesentlichen Merkmalen den Anforderungen dieser Verordnung entspricht.

§15 **Wiederkehrende Prüfungen (Auszug)**

(1) Eine überwachungsbedürftige Anlage und ihre Anlagenteile sind in bestimmten Fristen wiederkehrend auf ihren ordnungsgemäßen Zustand hinsichtlich des Betriebs durch eine zugelassene Überwachungsstelle zu prüfen. Der Betreiber hat die Prüffristen der Gesamtanlage und der Anlagenteile auf der Grundlage einer sicherheitstechnischen Bewertung zu ermitteln. Eine sicherheitstechnische Bewertung ist nicht erforderlich, soweit sie im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung im Sinne von § 3 dieser Verordnung oder § 3 der Allgemeinen Bundesbergverordnung bereits erfolgt ist. § 14 Abs. 3 Satz 1 und 2 finden entsprechende Anwendung.

(3) Bei der Festlegung der Prüffristen nach Absatz 1 dürfen die in den Absätzen 5 bis 9 und 12 bis 16 für die Anlagenteile genannten Höchstfristen nicht überschritten werden. Der Betreiber hat die Prüffristen der Anlagenteile und der Gesamtanlage der zuständigen Behörde innerhalb von sechs Monaten nach Inbetriebnahme der Anlage unter Beifügung anlagenspezifischer Daten mitzuteilen.

(15) Bei Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen ... müssen Prüfungen im Betrieb spätestens alle drei Jahre durchgeführt werden

31.3 **Ablösung des "Sachkundigen" durch die "befähigte Person"**

In der Betriebssicherheitsverordnung ist in §2 (7) definiert:

Befähigte Person im Sinne dieser Verordnung ist eine Person, die durch ihre Berufsausbildung, ihre Berufserfahrung und ihre zeitnahe berufliche Tätigkeit über die erforderlichen Fachkenntnisse zur Prüfung der Arbeitsmittel verfügt.

Als eine der ersten "Technischen Regeln für Betriebssicherheit" hat der "Ausschuss Betriebssicherheit ABS" die TRBS 1203 und TRBS 1203 Teil 1 mit ausführlichen Anforderungen und die "BP" erstellt. [32], [33].

Die Zulassungsvoraussetzungen für die amtliche Anerkennung einer befähigten Person stimmen weitgehend mit dem bei der Anerkennung von Sachkundigen nach ElexV bewährten Verfahren überein.

Die Überführung von nach ElexV anerkannten Sachkundigen in den Status einer befähigten Person ist ein formaler Akt, der von der zuständigen Länderbehörde auf Antrag erledigt wird und teilweise auch schon automatisch durchgeführt wurde.

Vorbildliche Hilfestellung für den Antragsteller im Zuständigkeitsbereich des Regierungspräsidiums Darmstadt (Hessen) bietet die "Antragsmappe" nach Bild 31.3.

Diese allgemein interessante Information ist mit GOOGLE zu finden: **AFAS Hessen Antragsmappe.**

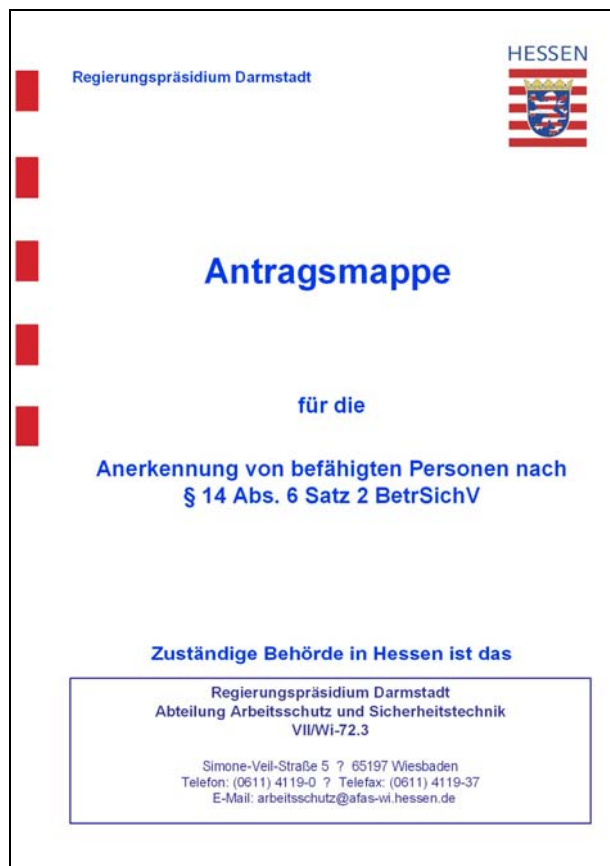


Bild 31.3
Unterstützung des Antrags auf Anerkennung als befähigte Person bei der Behörde in Hessen

32 Lohnende Instandsetzung

Für eine Instandsetzung explosionsgeschützter elektrischer Maschinen sprechen unter anderen folgende Gründe:

32.1 Lebensdauer

Elektromotoren sind relativ **langlebig** und daher **instandsetzungswürdig**. Ausfälle sind meist durch Lagerschäden oder andere mechanische Bauteile bedingt – die Abgrenzung der "allgemeinen" von den "besonderen" Instandsetzungsarbeiten ist daher wichtig.

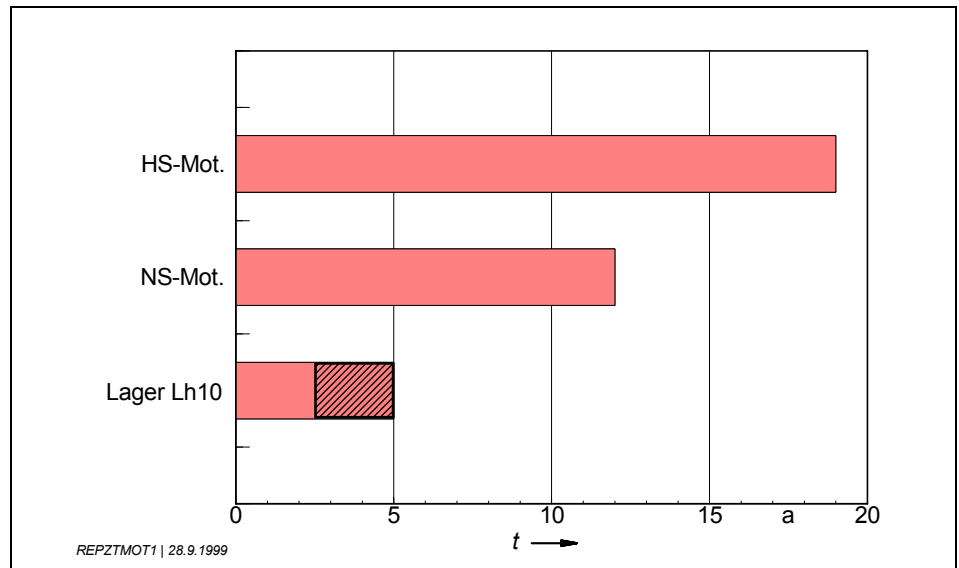


Bild 32.1
Mittlere Einsatzdauer von Elektromotoren bis zu Reparatur
(nach DI Wagner, HÜLS AG)

32.2 Ausfallursachen

Lagerschäden bei Elektromotoren und Getriebeschäden bei Getriebemotoren machen einen erheblichen Anteil des Reparaturaufkommens bei der Instandsetzung elektrischer Maschinen aus.

R.L. Nailen nennt in "Electrical Apparatus" (März 1995) folgende Prozentzahlen für die mechanischen Ausfallursachen bei Elektromotoren nach US-amerikanischen Erhebungen in verschiedenen Branchen, meist bezogen auf größere Antriebe:

<input type="checkbox"/> National Plant Engineering and Maintenance Conference	50 %
<input type="checkbox"/> IEEE Large Motor Reliability Survey	75 %
<input type="checkbox"/> Southwestern Electrical Repair Center	75 %
<input type="checkbox"/> EEI Edison Electrical Institute	66 %
<input type="checkbox"/> Petrochemical Industry	75 %
<input type="checkbox"/> EPRI Electric Power Research Institute	66 %
<input type="checkbox"/> IEEE Technical Conference	84 %

Die in den Bildern 32.2.1 und 32.2.2 gezeigten Anteile sind also im Einzelfall je nach Industriezweig, Betriebsweise und Fabrikat erheblich zu korrigieren: Es bleibt aber die für den Praktiker nicht ganz neue Erkenntnis, dass mechanische Bauteile, wie Lager, Zahnräder, Wellen und Passfedern, relativ häufiger versagen als die vermeintlich so "empfindliche" Wicklungsisolierung.

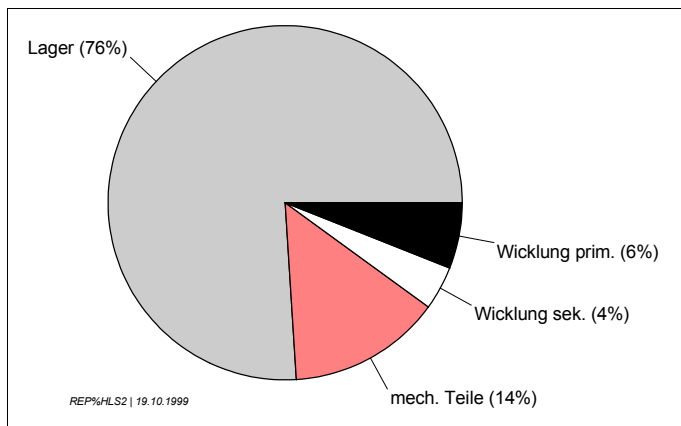


Bild 32.2.1
 Relativer Anteil von Schadensursachen bei der Instandsetzung von Elektromotoren der Fa. HÜLS AG
 Quelle : DI Wagner beim ABB-Seminar der Ex-Sachverständigen 1990

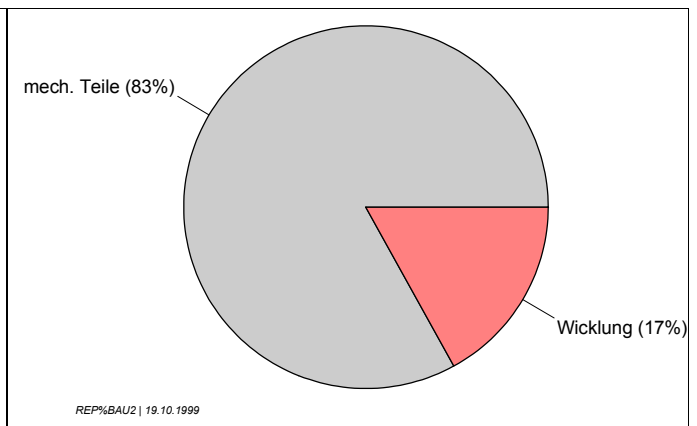


Bild 32.2.2
 Relativer Anteil der Hauptkomponenten an den Gesamtreparaturen von Danfoss-Bauer-Getriebemotoren

Die aus dieser Schadensstatistik und der allgemeinen Betriebserfahrung resultierende Frage nach einer sicherheitstechnischen Behandlung von mechanisch bedingten Zündanlässen (zum Beispiel durch Warmlaufen von Lagern) sind nicht Gegenstand dieses Abschnitts. Dieser Aspekt ist im Abschnitt 14 behandelt.

Die **wichtigsten Gründe** für den relativ hohen Anteil von mechanisch bedingten Ausfällen: Während für den thermischen Überlastungsschutz der Wicklung ausgereifte und relativ kostengünstige Möglichkeiten zur Verfügung stehen, sind die mechanischen Komponenten den unkontrollierten Stoßbelastungen schutzlos ausgeliefert (Bild 32.2.3).

Falsche oder vernachlässigte Schmierung ist ein anderer wichtiger Grund.

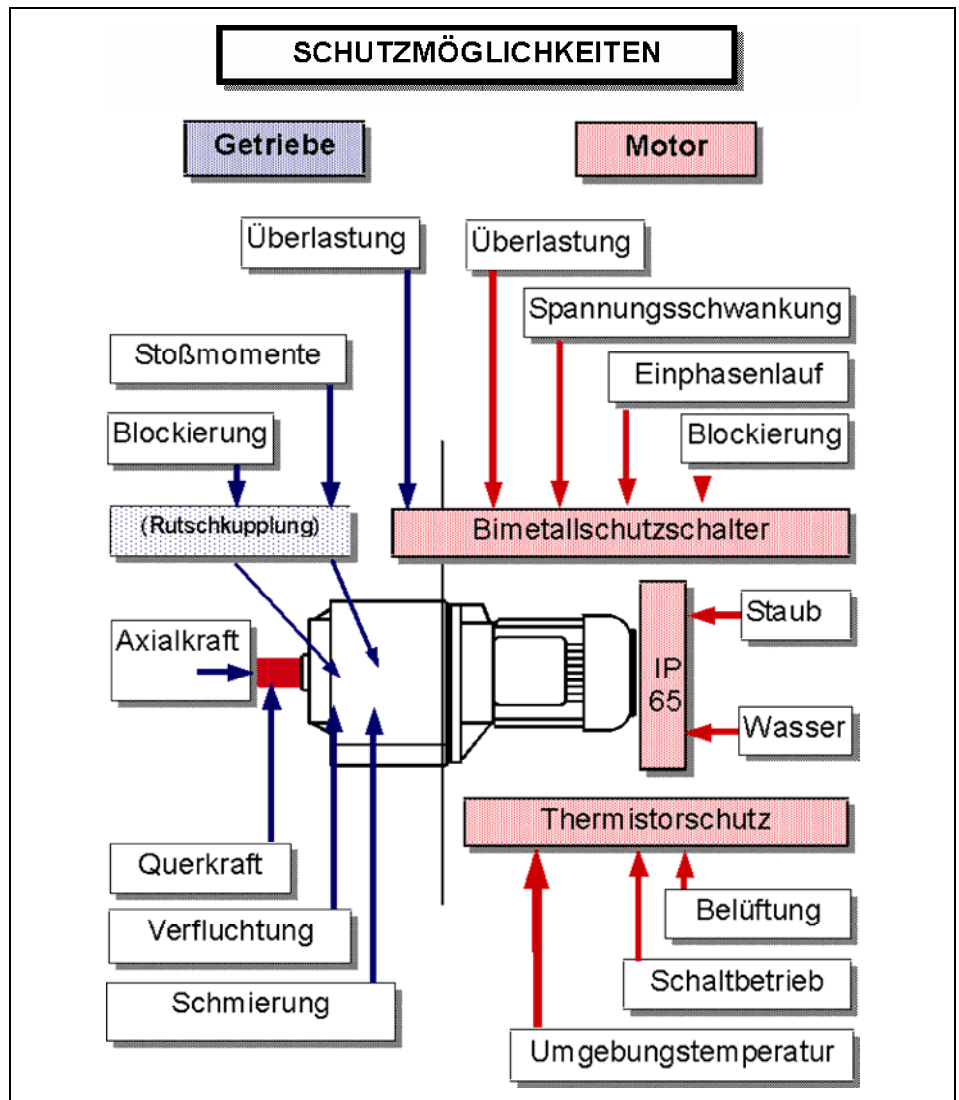


Bild 32.2.3
 Schema der Schutzmöglichkeiten für Getriebe und Motoren
 Begründung für den relativ hohen Anteil mechanischer Schäden an der
 Gesamtzahl der Instandsetzungsarbeiten

33 Warten und Überwachen

Sowohl aus den gesetzlichen Bestimmungen wie aus den Erfordernissen eines unfallfreien, ungestörten Produktionsablaufes ergibt sich die Notwendigkeit, eine **elektrische Anlage in ordnungsgemäßem Zustand** zu halten und wiederkehrend zu prüfen. Bei den notwendigen Arbeiten darf keine zusätzliche Explosionsgefahr auftreten – je nach Art des Eingriffes in die Anlage muss durch eine so genannte "Feuer-Erlaubnis" sichergestellt sein, dass keine explosionsfähige Atmosphäre auftreten kann. In Großbetrieben ist durch entsprechende Organisation und Dokumentation für eine technisch umfassende und in den Akten nachprüfbar "ständige Überwachung" mit klarer Zuordnung der Verantwortung gesorgt. Diese Alternative ist in der BetrSichV formal entfallen. Installations- oder Reparaturbetriebe, die mit der Wartung und Überwachung von explosionsgefährdeten Anlagen betraut werden, sollten sich an den Erfahrungen und Formalien der Großbetriebe orientieren – ausführliche Hinweise siehe [3], [15].

Im Rahmen dieser Ausführungen wird nur auf einige spezielle Belange bei der Wartung und Überwachung elektrischer Maschinen eingegangen. Die **Betriebsanleitung des Herstellers** und eventuelle erschwerende Betriebs- und Umgebungsbedingungen sind besonders zu beachten.

33.1 Isolationswiderstand

Einen guten Anhaltspunkt für den Zustand einer Wicklung bietet der Isolationswiderstand, der – auch am Einsatzort bei abgetrennten Anschlussleitungen – zum Beispiel mit einem Kurbelinduktor gemessen werden kann. Die Messspannung soll nach VDE 0100 Teil 610 folgende Werte haben:

Bei Motoren mit Bemessungsspannung ≤ 500 V: 500 V DC
 > 500 V: 1000 V DC.

Der Isolationswiderstand beträgt bei neuwertigen Wicklungen mehr als 50 M Ω . In IEC 60079-19, Abschnitt 6.2.6.3.1, ist für erneuerte Wicklungen ein Wert von mindestens 20 M Ω empfohlen. Der Isolationswiderstand kann unter dem Einfluss von Feuchtigkeit oder Verschmutzung auf etwa 5 M Ω absinken. Bei niedrigeren Werten empfiehlt es sich, die Wicklung mit einem neutralen Mittel (z. B. heißes Wasser oder »Wicklungsreiniger«) zu reinigen und anschließend zu trocknen. Die untere zulässige Grenze beträgt etwa 0,5 bis 1 M Ω . Wenn der Motor nicht ausgebaut werden kann, lässt sich die Wicklung auch durch Anlegen einer Einphasen-Heizspannung (unter etwa 100 V) am Einsatzort trocknen.

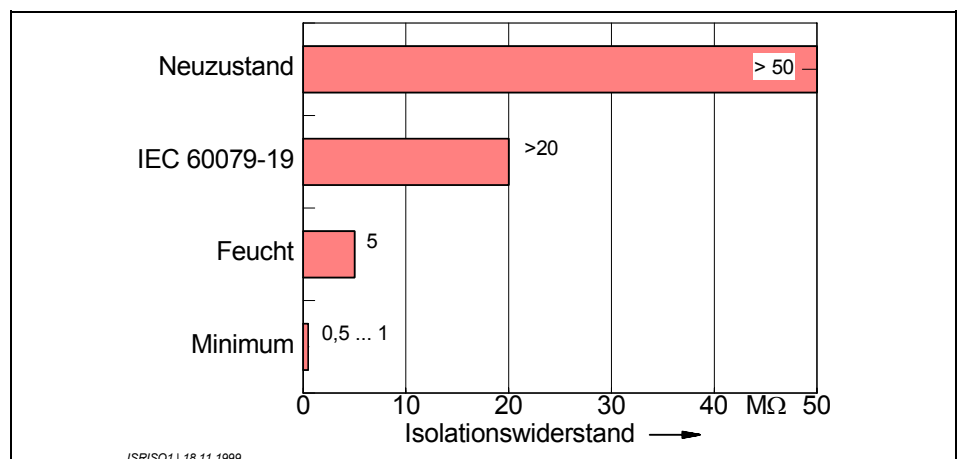


Bild 33.1

Richtwerte für den Isolationswiderstand von Drehstrom-Ständerwicklungen

IEC 60079-19 – Empfehlung in IEC 60079-19

Feucht – Trocknung ratsam

Minimum – Untere zulässige Grenze (s.a. IEC 60079-17, 4.12.9)

Für die Überwachung des Isolationszustandes einer Wicklung im Rahmen einer vorbeugenden Instandhaltung ist allerdings die Stoßspannungsprüfung besser geeignet.

**33.2
Funktion der
Überstromschutzeinrichtung
für Motoren
der Zündschutzart "e"**

Bei Motoren der Zündschutzart "e" hängt der Explosionsschutz in hohem Maße von der Funktion des **thermischen Überstromrelais (Bimetallrelais)** ab. Aus Langzeiterfahrungen von Anwendern ist bekannt, dass sich die Auslösecharakteristik solcher Relais mit der Zeit verändern kann – vor allem, wenn die direkte oder indirekte Beheizung des Bimetalls sich bei stark wechselnder Belastung häufig ändert. Abhängig von den jeweiligen Betriebserfahrungen ist daher zu empfehlen, die Kontrolle der Funktion solcher Auslöser in die laufende Überwachung einzubeziehen (IEC 60079-17, 5.2.1). In der Praxis haben sich folgende Prüfmethode bewährt, wobei jeweils die zugeordnete Auslösekennlinie des Herstellers für die Beurteilung maßgebend ist. Bild 33.2 stellt lediglich einen Richtwert dar; verbindlich ist die Auslösekennlinie des Herstellers.

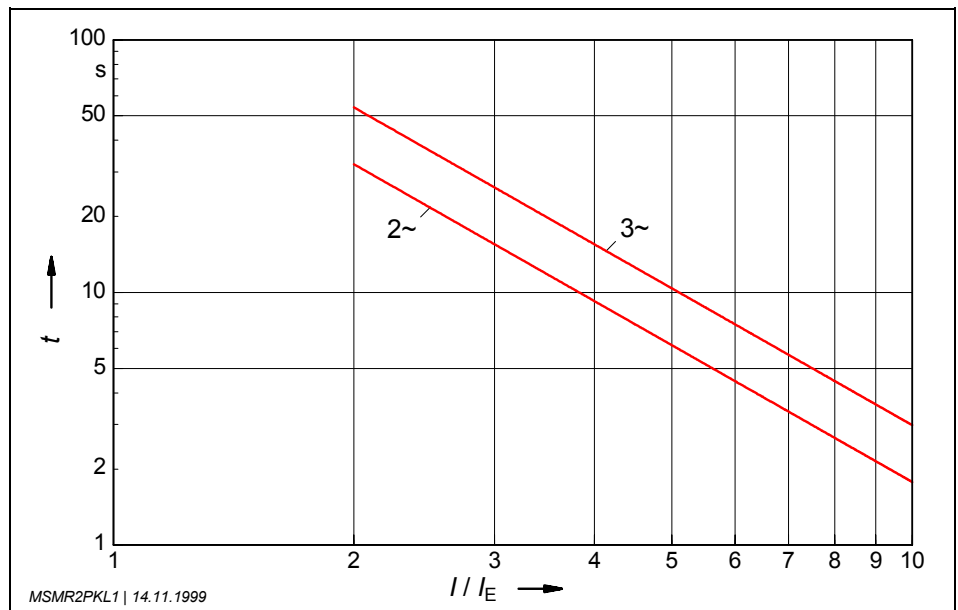


Bild 33.2
Vereinfachte Auslöse-Kennlinie von thermisch verzögerten Überstromrelais (Bimetallauslösern)
Zeit t als Funktion des relativen Stromes I/I_E
3~ - 3polige Belastung mit oder ohne Phasenausfallempfindlichkeit
2~ - 2polige Belastung mit Phasenausfallempfindlichkeit

33.2.1 Kontrolle im Labor

Die Auslöse-Kennlinie des jeweiligen Relais wird unter labormäßigen Bedingungen (z. B. mit Stelltrafo oder Stellwiderständen) überprüft. Die Abweichung darf bis zu + 20 % betragen (IEC 60079-17, 5.2.1).

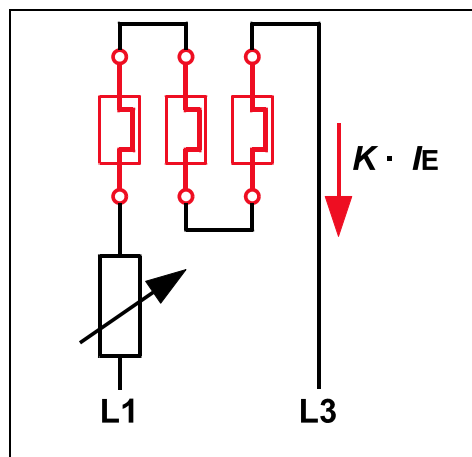


Bild 33.2.1
Strombelastung eines Bi-Relais zur Überprüfung der Auslösecharakteristik im Labor
K – Faktor als Mehrfaches des Einstellwertes

33.2.2 Kontrolle vor Ort

Diese Methode ist selbstverständlich nur mit „Feuer-Erlaubnis“ – also unter Ausschluss der Explosionsgefahr – anwendbar.

Kleinere Antriebe, die sicher blockiert werden können, werden unter üblichen Netz- und Einstellbedingungen mit festgebremstem Läufer überprüft. Bei Einstellung auf den Bemessungsstrom I_N muss das Relais spätestens nach der auf dem Leistungsschild des Motors angegebenen Zeit t_E mit einer Toleranz von + 20 % auslösen.

Der Versuch ist spätestens nach $1,5 t_E$ abubrechen, um eine schädliche Erwärmung der Wicklung zu vermeiden.

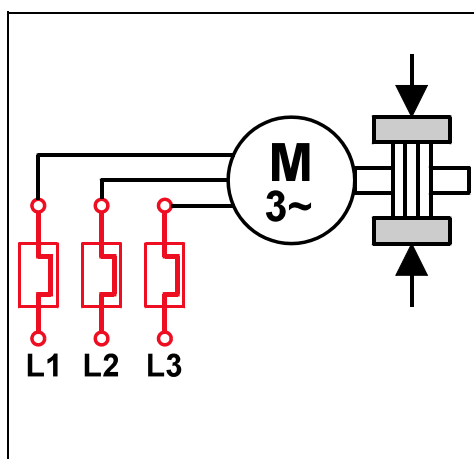


Bild 33.2.2.1
Strombelastung eines Bi-Relais zur Überprüfung der Auslösecharakteristik vor Ort
Kleinere Motoren ohne Getriebe

Mittlere und größere Motoren sind zu blockieren, falls ein Anlauf in die falsche Drehrichtung schädlich ist. Der Versuch ist im "Zweileiterbetrieb", also an zwei Netzleitern, durchzuführen.

Relais mit "Phasenausfallempfindlichkeit" sprechen bei dieser Betriebsweise etwas früher an als bei normalem 3-Leiteranschluss (vgl. Bild 33.2). Relais ohne die Phasenausfallempfindlichkeit lösen in Sternschaltung nach etwa $(1,3 \dots 1,5) t_E$ aus. Der Versuch ist spätestens nach $2 t_E$ abubrechen. Bei Auslösezeiten $> 1,5 t_E$ besteht der Verdacht, dass sich die Auslöse-Kennlinie unzulässig verändert hat.

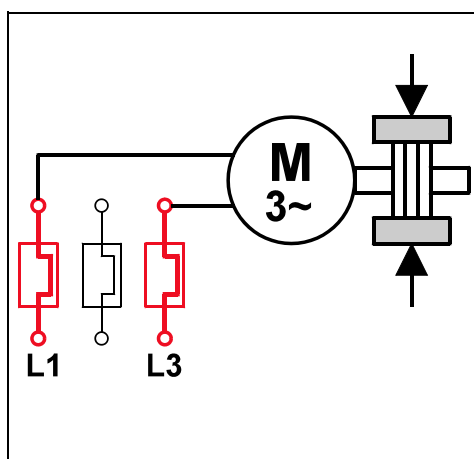


Bild 33.2.2.2
Strombelastung eines Bi-Relais zur Überprüfung der Auslösecharakteristik vor Ort
Mittlere Motoren ohne oder mit Getriebe

33.3 Anschlusssteile der Zündschutzart "e"

Bei der Überprüfung und Wartung von Anschlusssteilen der Zündschutzart "e" gilt unter anderem:

- Auf Farbänderung oder ungewöhnlich hohe Temperaturen achten
- Klemmen bestimmungsgemäß anziehen
- Flansche, Deckel auf Dichtheit und festen Sitz prüfen (Einhaltung der IP-Schutzart)
- Einführungsteile auf Dichtheit und Wirkung der Zugentlastung prüfen.

33.4 Weitere Überprüfungen an elektrischen Maschinen

- Sichtkontrolle des Gehäuses
- Schutzleiteranschlüsse
- Ungehindertes Kühlluftstrom am Eintritt in die Lüfterhaube und über die Kühlrippen
- Fuß- oder Flanschbefestigung
- Schwingungsarmer Lauf
- Lagergeräusche.

33.5 Prüfpläne nach Norm

In den Normen DIN EN 60079-17 [29] und DIN EN 61241-17 [30] ist das Thema "Prüfung und Instandhaltung" ausführlich behandelt – derzeit noch getrennt für Bereiche mit Gas oder Stab. Eine zusammengefasste Norm für Gas und Staub ist unter der Nummer IEC 60079-17 in Arbeit.

Eine ausführliche Darstellung sowohl der Normen wie auch deren praktische Umsetzung sowie der Festlegungen für den Prüfumfang und die Prüffristen findet sich in [31].

Es ist u. A. definiert:

Sichtprüfung

Prüfung, bei der ohne Anwendung von Zugangseinrichtungen oder Werkzeugen sichtbare Fehler festgestellt werden, z. B. fehlende Schrauben.

Nahprüfung

Prüfung, bei der zusätzlich zu den Aspekten der Sichtprüfung solche Fehler festgestellt werden, wie z. B. lockere Schrauben, die nur durch Verwendung von Zugangseinrichtungen, z. B. Stufen (falls erforderlich), und Werkzeugen zu erkennen sind

ANMERKUNG Für Nahprüfungen braucht ein Gehäuse üblicherweise nicht geöffnet oder das Betriebsmittel spannungsfrei geschaltet zu werden.

Detailprüfung

Prüfung, bei der zusätzlich zu den Aspekten der Nahprüfung solche Fehler festgestellt werden, wie z. B. lockere Anschlüsse, die nur durch das Öffnen von Gehäusen und/oder, falls erforderlich, Verwendung von Werkzeugen und Prüfeinrichtungen zu erkennen sind

Erstprüfung

Prüfung aller elektrischer Betriebsmittel, Systeme und Anlagen vor der ersten Inbetriebnahme

wiederkehrende Prüfung

Prüfung aller elektrischer Betriebsmittel, Systeme und Anlagen, die regelmäßig durchgeführt wird

34 Amtlich anerkannte befähigte Person

Im Zusammenhang mit der Stückprüfung von instand gesetzten elektrischen Betriebsmitteln sind die Voraussetzungen für die Tätigkeit der **amtlich anerkannten befähigten Person** nach BetrSichV nach §2 (7) von Interesse. Diese löst im hier behandelten Sachbereich die Sachverständigen oder Sachkundigen nach ElexV ab.

Sachverständige nach altem Recht waren die amtlich bestellten Sachverständigen der Technischen Überwachungs-Vereine oder der Technischen Überwachungsämter sowie Fachleute der PTB, die jedoch im Rahmen der BetrSichV nur noch über einen begrenzten Zeitraum und mit begrenzten Arbeitsbereichen tätig werden sollen. Ihre Funktion wird teilweise von den neu eingerichteten **"Zugelassenen Überwachungsstellen ZÜS"** oder durch **"Prüfstellen von Unternehmen PSU"** nach BetrSichV § 21 übernommen.

Den Sachverständigen standen **Sachkundige** eines Unternehmens gleich, soweit sie von der zuständigen Behörde für die Prüfung der durch dieses Unternehmen geänderten oder instand gesetzten Betriebsmittel anerkannt wurden. Ein Sachkundiger kann seine Tätigkeit nach einem entsprechenden Bescheid der zuständigen Behörde als **amtlich anerkannte befähigte Person** weiterführen. Neue Interessenten bewerben sich für die Anerkennung nach BetrSichV §14 (6).

Es ist somit möglich, dass ein Unternehmen elektrische Anlagen instand setzt, gegebenenfalls auch ändert und zugleich von einem eigenen Sachkundigen prüfen lässt. Die Zulassung der hierzu befähigten Person ist jedoch nur möglich, nachdem durch eine eingehende amtliche Prüfung festgestellt worden ist, dass bestimmte Voraussetzungen erfüllt sind.

Zu diesen Voraussetzungen gehören zur Zeit unter anderem:

- abgeschlossene fachliche Ausbildung (z. B. als Meister der Fachrichtung Elektromaschinenbau) und/oder langjährige Erfahrung bei der Instandsetzung explosionsgeschützter elektrischer Maschinen.
- Kenntnis der für den Explosionsschutz maßgebenden rechtlichen Grundlagen
- Kenntnis der einschlägigen Normen und Bestimmungen
- zeitnahe berufliche Tätigkeit auf diesem Sachgebiet
- Erfahrung auf dem Gebiet des Explosionsschutzes und bei der Instandsetzung solcher Betriebsmittel
- Erhaltung der Sachkunde durch Fortbildung
- geordnete wirtschaftliche Verhältnisse
- sachliche Unabhängigkeit von der Geschäftsleitung
- Vorhandensein der erforderlichen Werkstatt-Einrichtungen
- laufender Anfall von Reparaturen an Ex-Betriebsmitteln
- Freistellungserklärung und Haftpflichtversicherung durch das Unternehmen.

Als **Elektrofachkraft** gilt, wer aufgrund seiner

- fachlichen Ausbildung
- Kenntnisse und Erfahrungen
- Kenntnisse der einschlägigen Normen die ihm übertragenen Arbeiten beurteilen und mögliche Gefahren erkennen kann.

Weitergehende Einzelheiten zu den fachlichen, rechtlichen und persönlichen Voraussetzungen für eine Anerkennung als befähigte Person sowie zum formalen Ablauf werden in Seminaren des ZVEH (Zentralverband der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke) vermittelt. Siehe auch "Antragsmappe" sowie "TRBS 1203" im Abschnitt 31.3.

35 Reparatur und Überholung nach IEC 60079-19

Die bei IEC SC31J eingeleiteten Arbeiten an einer umfangreichen und in Einzelheiten gehenden Norm für die Reparatur und Überholung von elektrischen Betriebsmitteln für explosionsgefährdete Bereiche haben 1993 zur Norm IEC 60079-19 geführt [7]. Der Inhalt orientiert sich weitgehend an dem britischen "Code of Practice No. 300" der BEAMA/AEMT [21].

Die Norm wird voraussichtlich in einer 2. Fassung als DIN EN 60079-19 (VDE 0165 - 20-1) auch in das deutsche Normenwerk übernommen; sie gilt dann für Bereiche mit Gas oder Staub.

Obwohl dieses Normenvorhaben in deutschen Fachgremien auf erhebliche Vorbehalte gestoßen ist, wird es nachstehend zur Abrundung des Themas in **gekürzter, freier Übersetzung** einer früheren Fassung wiedergegeben. In der hier nicht wiederholten "Einführung" ist es dem Hersteller freigestellt, auf einer Reparatur in seinem Werk zu bestehen.

Die *kursiv* gedruckten Abschnittsnummern beziehen sich auf den Originaltext.

2.2 Begriffe

- Reparatur: Ein fehlerhaftes Betriebsmittel in betriebsfähigen Zustand und in Übereinstimmung mit den Normen bringen.
- Neuwicklung: Eine Wicklung ganz oder teilweise ersetzen, so dass Eigenschaften und Qualität mindestens gleich gut sind wie bei der Originalwicklung.

2.3 Grundsätzliche Anforderungen

2.3.2 an den Hersteller:

Soll Informationen für das Betriebsmittel zur Verfügung stellen über

- Konstruktion und Prüfung,
- Bedingungen für eine sichere Inbetriebnahme.

2.3.3 an den Betreiber:

Soll sicherstellen, dass der Instandsetzer die Anforderungen bezüglich Qualität, Einrichtung und Kenntnisse erfüllt.

2.3.4 an den Instandsetzer:

Soll entsprechende Einrichtungen für die Reparatur und Prüfung haben und die einschlägigen Sicherheitsbestimmungen kennen.

2.4 Anweisungen an den Hersteller

Folgende Unterlagen sind bereitzustellen:

- Prüfungsschein (Zertifikat)
- Zeichnungen
- Technische Beschreibungen
- Leistungsdaten und Einsatzbedingungen
- Demontage- und Montage-Anweisung
- Einschränkungen der Zulassung (falls zutreffend)
- Kennzeichnung
- Reparatur- und Wartungsanleitung
- Ersatzteil-Liste

2.5 Anweisungen an den Betreiber

- Prüfungsschein und zugehörige Dokumente sollten Teil der Original-Kaufvereinbarung sein.
- Aufzeichnungen über eventuelle frühere Reparaturen, Überholungen oder Änderungen sowie besondere Benutzungshinweise sollten dem Instandsetzer zugänglich gemacht werden.

2.6 Anweisungen an den Instandsetzer

- Soll sich über die betreffenden Explosionsschutz-Normen und Anforderungen für die Zertifizierung informieren.
 - Muss die Ausbildung des Personals sicherstellen:
 - Prinzip der Zündschutzarten und Kennzeichnung
 - Konstruktionsmerkmale, die das Schutzkonzept beeinflussen
 - Zertifizierung und Normung
 - Kennzeichnung von Original-Ersatzteilen
 - Reparaturverfahren
 - Schulung in angemessenen Zeitabständen (zum Beispiel nicht länger als drei Jahre)
 - ● Sollte sich beim Hersteller oder Betreiber über die Folgen von nicht ausführbaren Prüfungen informieren.
 - Soll sich vom Hersteller oder Betreiber alle für die Reparatur erforderlichen technischen Informationen beschaffen – auch zu eventuellen vorhergegangenen Reparaturen oder Änderungen.
 - Vorzugsweise sollen Ersatzteile – bei bestimmten Betriebsmitteln mit entsprechender Kennzeichnung – des Herstellers verwendet werden.
 - Sollte Aufzeichnungen über Einzelheiten der Instandsetzung anfertigen.
 - Die Nachbesserung von Bauteilen – soweit möglich und zulässig – sollte von ausgebildeten Fachkräften nach bewährten technischen Methoden und unter Beachtung der Herstelleranweisungen vorgenommen werden.
- Anwendbare Verfahren (je nach Zündschutzart)
- Metallspritzen
 - Galvanisieren (Elektroplattieren)
 - Ausbuchen
 - Hartlöten und Schweißen
 - Punktschweißen
 - Bearbeitung von Statoren und Rotoren nur unter Beachtung des maximalen Luftspaltes nach Herstellerangabe
 - Erweitern, Ausbuchen, Ersatzschneiden von Gewinden.
- Änderungen nur im Rahmen des Prüfungsscheines oder nach schriftlicher Genehmigung des Herstellers.

Besondere Vorsicht ist bei der nachträglichen Kombination einer elektrischen Maschine mit einem Umrichter geboten.

2.6.5 Entfernen beschädigter Wicklungen

Eine Erweichung des Tränklackes mit Lösungsmitteln ist zulässig.

Eine Erwärmung der Wicklung ist zulässig, wenn dabei die Isolation zwischen den Blechen nicht beeinträchtigt wird.

Besondere Vorsicht und im Zweifelsfall der Rat des Herstellers ist angebracht bei Betriebsmitteln der Zündschutzart "e" mit Temperaturklassen T6, T5 oder T4. Dies ergibt sich aus der Tatsache, dass eine Zunahme der Eisenverluste die Parameter der Zündschutzart "e" (z. B. Erwärmungszeit t_E oder Temperaturklasse) beeinflussen könnte.

3 Zusätzliche Anforderungen bei Zündschutzart "d"

3.1 Dieser Abschnitt soll im Zusammenhang mit *Abschnitt 2* gelesen werden.

3.2 Reparatur und Überholung

3.2.1 Gehäuse

- Vorzugsweise neue Teile vom Hersteller. Auf richtigen Zusammenbau achten.
- Schutz zünddurchschlagsicherer Spalte ohne Dichtung: Fett, nicht härtendes Harz oder äußeres Band, letzteres nur bei Explosionsgruppe IIA und IIB.

- Ersatzdichtungen nur mit gleichen Werkstoffen und Abmessungen wie das Original; Änderungen nur nach Bestätigung durch Hersteller oder Prüfstelle.
 - Das Bohren von Löchern ist eine Änderung, die nicht ohne Einsicht in die Genehmigungszeichnungen oder – in Ausnahmefällen – nach Rückfrage bei der Prüfstelle vorgenommen werden darf.
 - Eine Änderung der Oberflächenbehandlung (zum Beispiel Anstrich) kann die Temperatur beeinflussen.
 - Lufteintrittsöffnungen dürfen nicht blockiert oder beschädigt sein.
- Ersatz-Lüfter und Ersatz-Lüfterhauben vom Hersteller oder – falls nicht erhältlich – mit gleichen Abmessungen und mindestens gleichwertigem Werkstoff; Streifen und elektrostatische Aufladung sind zu vermeiden und die chemischen Umgebungseinflüsse sind zu beachten.

3.2.2 Kabel- oder Rohreinführungen

müssen nach der Reparatur der Norm und / oder den Genehmigungsunterlagen entsprechen.

3.2.3 Anschlusssteile

Auf Einhaltung von Luft- und Kriechstrecken achten. Ersatzteile vom Hersteller oder in Übereinstimmung mit den Normen und / oder Genehmigungsunterlagen.

3.2.4 Isolierung

Gleiche oder höhere Isolierstoffklasse wie die Originalwicklung.

3.2.5 Innere Verbindungen

Keine besonderen Anforderungen, jedoch mindestens gleichwertig mit der Originalausführung.

3.2.6 Wicklungen

- Original-Wickeldaten möglichst vom Hersteller; falls nicht erhältlich, Originaldaten am Motor aufnehmen.
Gleichwertiges Isoliersystem.
Höherwertige Isolierstoffe dürfen ohne Genehmigung des Herstellers nicht höher ausgenutzt werden.
- Fehlerhafte Aluminium-Druckgussrotoren durch Ersatzrotoren vom Hersteller ersetzen.
Stabwicklungen dürfen mit gleichwertigen Werkstoffen ersetzt werden.
Auf festen Sitz der Stäbe in der Nut unter Anwendung der Verfahren des Herstellers achten.
- Prüfungen nach Instandsetzung
 - Widerstandsmessung bei Raumtemperatur; auf übliche Symmetrie achten.
 - Isolationswiderstand bei 500 V DC nicht unter 20 Megohm bei Bemessungsspannungen bis zu 660 V.
 - Hochspannungsprüfung nach Norm.
 - Leerlaufstrom bei Nennspannung soll mit Herstellerangaben verglichen werden und soll in üblichen Grenzen symmetrisch sein.
 - Betriebsmittel für Hochspannung (ab 1000 V AC / 1500 V DC) und für besondere Anwendungen können zusätzliche Prüfungen erfordern.

Umlaufende Maschinen sollten möglichst folgenden zusätzlichen Prüfungen unterzogen werden:

- Lauf bei voller Drehzahl und Beseitigung von unzulässigen Geräuschen oder Schwingungen.
- Speisung der Ständerwicklung bei festgebremstem Läufer mit reduzierter Spannung, so dass der Vollaststrom fließt.
Prüfung auf Symmetrie der Stränge.
(Diese Prüfung, die in gewisser Beziehung eine Vollastprüfung ersetzt, wird verwendet, um die Unversehrtheit der Ständerwicklung und ihrer Verbindungen nachzuweisen und Rotorschäden anzuzeigen.)
- Hilfseinrichtungen
 - Temperaturfühler sind vor dem Tränken in die Wicklung einzubetten.
 - Druckfest gekapselte Bremsen sind zusammen mit der Maschine durch den Hersteller zu reparieren, da strenge konstruktive Anforderungen bestehen.

3.3 Nachbesserung

Die im *Abschnitt 2.6* beschriebenen Verfahren sind bei der Zündschutzart "d" mit folgenden Einschränkungen anwendbar:

- Nachgebesserte Teile der druckfesten Kapselung nur verwenden, wenn sie die Druckprüfung bestehen. Schäden an Teilen, die nicht zur druckfesten Kapsel gehören (z.B. Tragösen), können durch Schweißen oder Punktschweißen beseitigt werden, wobei jedoch die Unversehrtheit und Stabilität des Betriebsmittels nicht beeinträchtigt werden darf. Es ist besonders zu beachten, dass die zu reparierenden Risse nicht bis ins Innere des druckfesten Gehäuses gehen.

Der Erfolg einer Reparatur durch Schweißen kann auch vom Ausgangsmaterial (Aluminium, Grauguss, Stahl) abhängen.

- Beschädigte oder korrodierte zünddurchschlagsichere Spalte sollten – möglichst nach Befragung des Herstellers – nur dann bearbeitet werden, wenn der resultierende Spalt nicht im Widerspruch zur Norm oder den Genehmigungsunterlagen steht.

Die Oberflächenbeschaffenheit darf nicht verschlechtert werden.

- Flanschen und Schweißen, Elektroplattieren und Nachbearbeiten ist zulässig; Metallspritzen wird nicht empfohlen.
- Wenn das Außengewinde von Einführungsteilen beschädigt ist, sind neue Teile zu verwenden.
Einführungsgewinde dürfen nach Rücksprache mit dem Hersteller repariert werden.
- Die Nachbesserung von Gewinden an Deckeln wird nicht empfohlen.

- Befestigungsgewinde dürfen unter Beachtung von *Abschnitt 2.6* und nach Anweisung des Herstellers nachgearbeitet werden, wenn nicht gegen die Normen verstoßen wird.

- Wellen und Lagergehäuse dürfen durch Metallspritzen oder Ausbuchs nachbearbeitet werden, wenn die anschließende Bearbeitung die Abmessungen der Zündspalte nach den Normen und / oder den Genehmigungsunterlagen wiederherstellt.

Schweißen ist unter Beachtung der Grenzen dieser Technik (*siehe 2.6*) zulässig.

- Die Oberflächen von Gleitlagern dürfen durch Elektroplattieren oder Metallspritzen nachgebessert werden.

- Wenn Rotoren und Statoren egalisiert werden müssen, um Exzentrizitäten und Oberflächenschäden zu beseitigen, darf der erhöhte Luftspalt keinen Druckanstieg oder höhere Oberflächentemperaturen verursachen.

Im Zweifelsfall muss der Hersteller um Rat gefragt werden.

Entgratete oder beschädigte Statorpakete sollten einer "Flussprüfung" unterzogen werden, um sicherzustellen, dass keine lokalen Erwärmungen die Temperaturklasse beeinträchtigen oder Folgeschäden an der Statorwicklung verursachen.

3.4 Änderungen

3.4.1 Gehäuse

Änderungen an der druckfesten Kapselung dürfen nur nach Vereinbarung mit dem Hersteller oder – unter besonderen Umständen – mit der Prüfstelle durchgeführt werden.

3.4.2 Kabel- oder Rohreinführungen

Zusätzliche Einführungen dürfen nur nach Vereinbarung mit dem Hersteller angebracht werden. Eine indirekte Einführung mit Steckverbindung oder Anschlusskasten darf nicht in eine direkte Einführung geändert werden.

3.4.3 Anschlusssteile

Anschlusseinrichtungen mit zünddurchschlagsicheren Spalten dürfen nicht geändert werden, wie zum Beispiel die Durchführungen vom Anschlusskasten zum Hauptgehäuse.

Anschlusssteile ohne zünddurchschlagsichere Spalte dürfen durch Alternativen in gleichwertiger Ausführung und Konstruktion (Anzahl, Strombelastbarkeit, Luft- und Kriechstrecken, Qualität) ersetzt werden.

3.4.4 Wicklungen

Wenn ein Betriebsmittel auf andere Spannung umgewickelt werden muss, ist mit dem Hersteller Verbindung aufzunehmen.

In diesen Fällen ist sicherzustellen, dass – zum Beispiel – die magnetische Beanspruchung, die Stromdichten und die Verluste nicht erhöht werden. Die entsprechenden neuen Luft- und Kriechstrecken sind zu beachten. Die neue Spannung muss im Bereich der Genehmigungsunterlagen liegen. Das Leistungsschild soll die neuen Daten zeigen.

Eine Umwicklung auf andere Geschwindigkeit sollte nicht ohne Vereinbarung mit dem Hersteller durchgeführt werden, da sich die elektrischen und thermischen Eigenschaften der Maschine entscheidend ändern können, so dass sie die Grenzwerte ihrer Temperaturklasse überschreitet.

3.4.5 Hilfseinrichtungen

Wenn zusätzliche Hilfseinrichtungen wie z. B. Stillstandsheizung (gegen Kondensatbildung) oder Temperaturfühler benötigt werden, soll der Hersteller befragt werden, ob und auf welche Weise die vorgesehene Ergänzung zulässig ist.

6 Zusätzliche Anforderungen bei Zündschutzart "e"

7

6.1 Dieser Abschnitt soll im Zusammenhang mit *Abschnitt 2* gelesen werden.

6.2 Reparatur und Überholung

6.2.1 Gehäuse

- Vorzugsweise neue Teile vom Hersteller, doch dürfen beschädigte Teile auch repariert oder durch andere Teile ersetzt werden, wenn die IP-Schutzart und die Temperaturklasse eingehalten werden.

- Falls die tatsächliche IP-Schutzart mit Rücksicht auf die Umgebungsbedingungen höher ist als von der Norm gefordert, darf die Reparatur diesen höheren Schutzgrad nicht beeinträchtigen.

- Die in der Norm geforderte Stoßfestigkeit für Gehäuseteile und für die Lufteintritts- und Luftaustrittsöffnungen ist einzuhalten.

- Rotierende Teile sollen ausreichenden Abstand von feststehenden Teilen haben.

- Die Auswirkungen der Oberflächenbeschaffenheit wie Anstrich usw. auf die Temperaturklasse ist zu beachten.

- Lufteintrittsöffnungen dürfen nicht blockiert oder beschädigt sein.

Ersatz-Lüfterhauben und Ersatz-Lüfter vom Hersteller oder – falls nicht erhältlich – mit gleichen Abmessungen und mindestens gleichwertigem Werkstoff; Streifen und elektrostatische Aufladung sind zu vermeiden und die chemischen Umgebungseinflüsse sind zu beachten.

6.2.2 Kabel - oder Rohreinführungen

müssen mindestens IP54 entsprechen.

6.2.3 Anschlusssteile

Werkstoff, Luft- und Kriechstrecken, Kriechstromfestigkeit sind üblicherweise in den Genehmigungsunterlagen angegeben.

Ersatzteile sind vorzugsweise beim Hersteller zu beziehen. Für zulässige Alternativen ist sein Rat einzuholen.

Wenn lose Wicklungsenden verwendet werden, sind Anschluss und Isolierung nach den Genehmigungsunterlagen durchzuführen.

6.2.4 Isolierung

Umfassende Einzelheiten des Isoliersystems einschließlich der Art des Imprägnierharzes sind üblicherweise in den Genehmigungsunterlagen enthalten – andernfalls sind diese Informationen beim Hersteller zu beschaffen.

6.2.5 Innere Verbindungen

Falls innere Verbindungen erneuert werden müssen, darf ihre Isolierung elektrisch, thermisch und mechanisch nicht schlechter sein als die Originalausführung.

Der Querschnitt der Ersatzverbindung darf nicht kleiner sein als bei der Originalausführung.

Zulässige Verfahren für die Leiterverbindung nach der betreffenden Norm.

6.2.6 Wicklungen

Falls der Instandsetzer nicht alle Anforderungen der Norm erfüllen kann, ist die Neuwicklung durch den Hersteller vorzunehmen.

● Vor der Reparatur sind die Original-Wickeldaten anzufragen; zum Beispiel

- Wicklungsart (Ein- oder Zweischichtwicklung)
- Wickelschema
- Zahl der Leiter pro Nut, Parallelschaltung pro Strang
- Strangschaltung
- Leiterdurchmesser
- Isoliersystem einschließlich Tränklack
- Widerstand pro Strang oder zwischen Anschlussklemmen

Die Wickeldaten sollten im allgemeinen beim Hersteller erhältlich sein. Die gesamte Wicklung sollte in den Ursprungszustand versetzt werden, es sei denn, dass bei großen Betriebsmitteln ein Teilersatz möglich ist – dann allerdings nur nach Vereinbarung mit dem Hersteller oder der Prüfstelle.

● Fehlerhafte Druckgussrotoren durch Ersatzrotoren vom Hersteller ersetzen.

Stabwicklungen dürfen mit gleichwertigen Werkstoffen ersetzt werden.

Auf festen Sitz der Stäbe in der Nut unter Anwendung der Verfahren des Herstellers achten.

● Prüfungen nach Instandsetzung

- Widerstandsmessung bei Raumtemperatur; übliche Symmetrie beachten.
- Isolationswiderstand bei 500 V DC nicht unter 20 Megohm bei Bemessungsspannung bis zu 660 V
- Hochspannungsprüfung nach Norm.
- Leerlaufstrom bei Nennspannung soll mit Herstellerangaben verglichen werden und soll in üblichen Grenzen symmetrisch sein.
- Betriebsmittel für Hochspannung (ab 1000 V AC / 1500 V DC) und für besondere Anwendungen können zusätzliche Prüfungen erfordern.

Umlaufende Maschinen sollten möglichst folgenden zusätzlichen Prüfungen unterzogen werden:

- Lauf bei voller Drehzahl und Beseitigung von unzulässigen Geräuschen oder Schwingungen.
- Speisung der Ständerwicklung bei festgebremstem Läufer mit reduzierter Spannung, so dass der Vollaststrom fließt. Prüfung auf Symmetrie der Stränge.
(Diese Prüfung, die in gewisser Beziehung eine Vollastprüfung ersetzt, wird verwendet, um die Unversehrtheit der Ständerwicklung und ihrer Verbindungen nachzuweisen und Rotorschäden anzuzeigen. ● Hilfseinrichtungen

Temperaturfühler sind vor dem Tränken in die Wicklung einzubetten.

6.3 Nachbesserung

Die im *Abschnitt 2.6* beschriebenen Verfahren sind bei der Zündschutzart "e" mit folgenden Einschränkungen anwendbar:

- Wenn kleine Schäden an Gehäusen, Anschlusskästen oder Deckeln durch Schweißen oder Punktschweißen behoben werden, ist darauf zu achten, dass die Unversehrtheit des Betriebsmittels nicht wesentlich beeinträchtigt wird. So darf die Zündschutzart nicht vermindert werden; insbesondere muss die Stoßfestigkeit und die IP-Schutzart erhalten bleiben.
- Wenn beschädigte oder korrodierte Einpässe zu bearbeiten sind, dürfen die mechanische Festigkeit, die Funktion des Bauteils und die IP-Schutzart nicht beeinträchtigt werden.
- Wellen und Lagergehäuse dürfen durch Metallspritzen oder Ausbuchen nachbearbeitet werden. Schweißen ist unter Beachtung der Grenzen dieser Technik (*siehe 2.6*) zulässig.
- Wenn Rotoren und Statoren egalisiert werden müssen, um Exzentrizitäten und Oberflächenschäden zu beseitigen, darf – nach Absprache mit dem Hersteller – der höhere Luftspalt nicht verursachen:
 - Höhere innere oder äußere Oberflächentemperaturen, welche die Temperaturklasse der Maschine beeinträchtigen;
 - Änderungen der elektrischen / mechanischen Leistung, welche ein Ansprechen der Überlastschutzeinrichtung verhindern.

Entgratete oder beschädigte Statorpakete sollten einer "Flussprüfung" unterzogen werden, um sicherzustellen, dass keine lokalen Erwärmungen die Temperaturklasse beeinträchtigen oder Folgeschäden an der Statorwicklung verursachen.

6.4 Änderungen

6.4.1 Gehäuse

Gehäuse dürfen geändert werden, falls die Temperaturklasse, die IP-Schutzart und die Anforderungen der Stoßprüfung eingehalten werden.

6.4.2 Kabel- oder Rohreinführungen

Es ist besonders zu beachten, dass bei Änderung der Einführungen die Zündschutzart und die IP-Schutzart eingehalten werden.

6.4.3 Anschlusssteile

An den Anschlusssteilen dürfen ohne Vereinbarung mit dem Hersteller keine Änderungen vorgenommen werden.

6.4.4 Wicklungen

Wenn ein Betriebsmittel auf andere Spannung umgewickelt werden muss, ist mit dem Hersteller Verbindung aufzunehmen.

In diesen Fällen ist sicherzustellen, dass – zum Beispiel – die magnetische Beanspruchung, die Stromdichten und die Verluste nicht erhöht werden. Die entsprechenden neuen Luft- und Kriechstrecken sind zu beachten. Die neue Spannung, die Zeit t_E und das Verhältnis I_A/I_N müssen im Bereich der Genehmigungsunterlagen liegen. Das Leistungsschild soll die neuen Daten zeigen.

Eine Umwicklung auf andere Geschwindigkeit sollte nicht ohne Vereinbarung mit dem Hersteller durchgeführt werden, da sich die elektrischen und thermischen Eigenschaften der Maschine entscheidend ändern können, so dass sie die Grenzwerte ihrer Temperaturklasse überschreitet.

6.4.5 Hilfseinrichtungen

Wenn zusätzliche Hilfseinrichtungen, wie z. B. Stillstandsheizung oder Temperaturfühler, benötigt werden, soll der Hersteller befragt werden, ob und auf welche Weise die vorgesehene Ergänzung zulässig ist.

Normativer Anhang A

Kennzeichnung von instandgesetzten Betriebsmitteln

A.1 Informationen zur Kennzeichnung

Reparaturen, welche die Unversehrtheit der Explosionsschutzmaßnahmen nicht beeinträchtigen, brauchen nicht gekennzeichnet werden. Alle anderen instandgesetzten oder überholten Betriebsmittel sind an sichtbarer Stelle auf dem Hauptteil zu kennzeichnen. Diese Kennzeichnung sollte lesbar und dauerhaft sein und eine mögliche chemische Korrosion berücksichtigen.

Die Kennzeichnung sollte umfassen:

- Das betreffende Symbol *nach A.2*
- Die Nummer der Norm "IEC 60079-X" oder die entsprechende nationale Norm
- Den Namen des Instandsetzers oder sein registriertes Firmenzeichen
- Die der Reparatur zugeordnete Nummer des Instandsetzers
- Das Datum der Überholung / Reparatur.

Diese Kennzeichnung kann auf einem Schild erfolgen, das an dem reparierten Betriebsmittel dauerhaft angebracht ist.

Im Fall von wiederholten Reparaturen dürfen das vorherige Schild entfernt und alle seine Kennzeichnungen in einem Bericht festgehalten werden.

A.2 Symbole

A.2.1 Wenn das Betriebsmittel mit der Norm und dem Prüfungsschein voll übereinstimmt, ist dieses Zeichen zu verwenden:



A.2.2 Wenn das Betriebsmittel zwar mit der Norm, jedoch nicht mit dem Prüfungsschein übereinstimmt, ist dieses Zeichen zu verwenden:



36 Abgrenzung von Instandsetzungsarbeiten

Für die Vergabe oder Ausführung von Instandsetzungsarbeiten an explosionsgeschützten elektrischen Betriebsmitteln ist folgende Abgrenzung notwendig:

36.1 Allgemeine Instandsetzungsarbeiten

Instandsetzungsarbeiten, **die den Explosionsschutz nicht beeinflussen**, können ohne Rücksicht auf die BetrSichV vorgenommen werden. Hierzu gehören insbesondere die üblichen Wartungs- und Reparaturarbeiten an Betriebsmitteln der Zündschutzarten Druckfeste Kapselung "d", Fremdbelüftung "p" sowie zum Teil auch bei den Zündschutzarten Eigensicherheit "i" und Erhöhte Sicherheit "e", wie z. B. Auswechseln von Kohlebürsten und Bürstenhaltern, Überdrehen von Schleifringen und Kommutatoren, Austausch von Anschlussklemmen, Auswechseln von Lagern, Instandsetzen von Lüftern und Lüfterhauben unter Verwendung von Originalersatzteilen und Anschweißen abgebrochener Motorfüße, Erneuern von Dichtungen.

Alle derartigen Arbeiten beeinflussen, sofern sie sorgfältig und fachgerecht ausgeführt werden, die Explosionssicherheit der Geräte im Allgemeinen nicht. Trotzdem ist auch hierbei eine Reihe von Sicherheitsmaßnahmen zu beachten. Das gilt vor allem in den Fällen, in denen druckfest gekapselte Gehäuse geöffnet werden müssen. Genaue Kenntnisse über die Eigenart der jeweiligen Zündschutzart sind stets erforderlich, damit beim Wiederausammenbau keine den Explosionsschutz beeinträchtigenden Veränderungen eintreten. So ist bei den Geräten der Zündschutzart "d" stets sorgfältig zu prüfen, ob die Spalte an Gehäusen und Wellendichtungen sich noch in einwandfreiem Zustand befinden. Grundsätzlich dürfen beim Austausch wichtiger Einzelteile **nur die jeweiligen Original-Ersatzteile** verwendet werden.

36.2 Besondere Instandsetzungsarbeiten

Ein Betriebsmittel, das an Teilen, von denen **der Explosionsschutz abhängt**, geändert oder instand gesetzt wurde, darf erst dann wieder in Betrieb genommen werden, nachdem eine **befähigte Person** festgestellt hat, dass es den Anforderungen der BetrSichV und den jeweiligen technischen Vorschriften entspricht und nachdem er hierüber eine Prüfbescheinigung erteilt hat (vgl. §§ 14 und 19 BetrSichV). Diese ist am Betriebsort aufzubewahren und der zuständigen Behörde auf Verlangen vorzuzeigen.

Geeignete Betriebsangehörige können nach **§ 14 (6) BetrSichV** durch die zuständigen Behörden als "befähigte Person" **anerkannt** werden; hierdurch lässt sich das Prüf- und Bescheinigungsverfahren zum Teil erheblich vereinfachen. Werkstatt und befähigte Person müssen über die notwendigen Einrichtungen bzw. Fachkenntnisse verfügen, damit gewährleistet ist, dass die Zündschutzart des instand gesetzten Betriebsmittels aufrechterhalten wurde (vgl. 34). Gewisse Arbeiten können Instandsetzungswerkstätten i. A. nicht selbst vornehmen, sie **müssen den jeweiligen Herstellern überlassen bleiben**. Das gilt z. B. für Reparaturen an Käfigläufern sowie an Überwachungsgeräten, die durch Kontrolle von Überstrom, Temperatur, Luftstrom, Kühlmitteln usw. die Explosionssicherheit gewährleisten sollen. Auch **Beschädigungen an druckfesten Teilen** von Geräten der Zündschutzart "d" bedingen i. A. ein Auswechseln des betreffenden Gehäuses oder Gehäuseteiles. Die Einhaltung der zulässigen Einbautoleranzen kann hierbei in der Regel nur der Hersteller gewährleisten. Druckfeste Leitungsdurchführungen dürfen nur dann außerhalb des Herstellerwerkes ausgewechselt werden, wenn die jeweiligen Originalteile zur Verfügung stehen und die Einschraubgewinde nicht beschädigt sind. Wicklungen von elektrischen Maschinen (Motoren, Generatoren, Transformatoren) in der Zündschutzart Erhöhte Sicherheit "e" bedürfen einer sehr sorgfältigen Instandsetzung. Hierbei ist eine Reihe von besonderen Punkten zu beachten, die wegen ihrer wirtschaftlichen und technischen Bedeutung in den genannten Richtlinien ausführlich zusammengestellt sind. Sinngemäß sind diese Richtlinien auch für Maschinen und Geräte anderer Zündschutzarten anwendbar, jedoch wird für Maschinen der Zündschutzart "e" eine zweimalige Wicklungsträngung gefordert, falls das Tränkmittel Lösungsmittel enthält.

37 Bewertung von Instandsetzungsarbeiten

Unter Beachtung der grundsätzlichen Festlegungen gemäß dem Abschnitt 36 und in Fortführung der verdienstvollen Arbeiten von Dreier / Krovzoza [5] wird nachstehend eine tabellarische **"Anleitung für die Praxis"** gegeben:

Diese pauschale Tabelle kann nicht jedem Einzelfall gerecht werden. Verbindlich ist der jeweilige Stand der Normen, Bestimmungen und Gesetze. Ausführliche Erläuterungen im Kommentar zur ExVO und BetrSichV [2].

Trotz erheblicher deutscher Vorbehalte wurde 1993 die IEC 60079-19 [7 und 8] mit detaillierten Anweisungen zur Reparatur und Überholung von explosionsgeschützten elektrischen Betriebsmitteln veröffentlicht. Auch in dieser Empfehlung liegt der Schwerpunkt bei den elektrischen Maschinen. Diese Norm nimmt z. Z. als Entwurf DIN IEC 60079 Teil 19/VDE 0165-20-1):2004-10 in unser Vorschriftenwerk Einzug. Sie kann auch dem Praktiker in manchen Zweifelsfällen eine Entscheidungshilfe geben. Eine Kurzfassung findet sich im Abschnitt 35.

In einem Arbeitskreis "Prüfung nach Instandsetzung AK2" im "Unterausschuss Brand- und Explosionsschutz UA5" des "Ausschusses für Betriebssicherheit ABS" wird z. Zt. an einer "Technischen Regel für Betriebssicherheit TRBS" gearbeitet, in der die Abgrenzung zwischen "normalen" und "besonderen" Instandsetzungsarbeiten definiert und durch Beispiele erläutert werden soll. Hier wird vor allem bei nicht-elektrischen Geräten (z. B. Pumpen, Lüfter, Getriebe) ein erheblicher und aufwändiger Klärungsbedarf gesehen. Das Ergebnis dieser Arbeiten ist von den betroffenen Instandsetzern zu beachten.

37.1 Grundsätzliche Anforderungen

Arbeiten in der Anlage nur mit "Erlaubnisschein" des Betreibers

Einschlägig geschulte Fachkraft oder Sachverständiger zur Beurteilung, ob der Explosionsschutz betroffen ist.

Zündschutzart (z. B. Temperaturklasse, Explosionsgruppe, IP-Schutzart) darf nicht beeinträchtigt werden.

Keine behelfsmäßige Instandsetzung.

Information und Dokumentation müssen vorliegen.

Falls Explosionsschutz betroffen:

- möglichst Original-Ersatzteile vom Hersteller
- entsprechende Einrichtung für Reparatur und Prüfung
- Prüfung durch anerkannte befähigte Person
- Kennzeichnung auf Reparatur-Zusatzschild oder Prüfbescheinigung der anerkannten befähigten Person.

37.2 Zusätzliche Anforderungen bei Zündschutzart "d" mit Anschlusskasten "e"

Auszuführende Arbeit	bei Verwendung von		durch und in Verantwortung von			mit
	Normteil	Original-Ersatzteil	befähigte Person (Ex-geschulte Fachkraft)	amtlich anerkannte befähigte Person	nur Hersteller	Prüfbescheinigung der anerkannten befähigten Person
Austausch von						
- Lager	X	X	X	-	-	-
- Motorfüßen	-	X	X	-	-	-
- Klemmenkasten(teilen)	-	X	X	-	-	-
- Klemmenplatte "e" 1)	X	X	X	-	-	-
- Einführungsteil "d" / "e"1)	X	X	X	-	-	-
- Kohlebürsten/-halter	X	X	X	-	-	-
- Lüfterrad/Lüfterhaube	-	X	X	-	-	-
Abdrehen von						
- Schleifring/Kommutator	-	-	X	-	-	-
- Wellenende	-	-	X	-	-	-
Reinigen (abtragfrei) von						
- Spaltflächen	-	-	X	X	-	-
- Dichtungen	-	-	X	X	-	-
Nacharbeit / Wiederherstellen von						
- Spaltflächen	-	-	X	X	-	X
- Zahl und/oder Größe der Einführungsöffnungen	-	-	X	X	-	X
Austausch von						
- Durchführungsbolzen	X	X	X	X	-	X
- Lagerschild	-	X	X	X	-	X
- Läufer	-	X	X	X	-	X
Einbau anderer/zusätzlicher						
- Hauptklemmen "e"	0	0	0	0	X 1)	-
- Hilfsklemmen "e"	0	0	0	0	X 1)	-
Ersatzwicklung						
- Stator	-	-	X	X	-	X
- Stabläufer	-	-	X	X	-	X
- TMS als Zusatzschutz	-	-	X	X	-	X
- bewickeltes Paket umpressen	-	X	X	X	-	X
- Stator samt bewickeltem Paket	-	X	X	-	-	-
Umwicklung im zulässigen Spannungsbereich						
	-	-	X	X	-	X
Umwicklung für						
- andere Polzahl/Frequenz	-	-	0	0	X	-
- TMS als Alleinschutz	-	-	0	0	X	-

0 : nach Herstellerangaben

1) : mit Teil- oder Konformitätsbescheinigung oder Sonderanfertigung mit Sachverständigenprüfung

- : nicht zutreffend / nicht erforderlich 0 : nicht zulässig X : zulässig / erforderlich

37.3 Zusätzliche Anforderungen bei Zündschutzart "e"

Auszuführende Arbeit	bei Verwendung von		durch und in Verantwortung von			mit
	Normteil	Original-Ersatzteil	befähigte Person (Ex-geschulte Fachkraft)	amtlich anerkannte befähigte Person	nur Hersteller	Prüfbescheinig. der anerkannten befähigten Person
Austausch von						
- Lager	X	X	X	-	-	-
- Motorfüßen	-	X	X	-	-	-
- Klemmenkasten(teilen)	-	X	X	-	-	-
- Klemmenplatte 1)	X	X	X	-	-	-
- Einführungsteil 1)	X	X	X	-	-	-
- Lüfterrad/Lüfterhaube	-	X	X	-	-	-
Reinigen von						
- Dichtflächen	-	-	X	-	-	-
- Dichtungen	-	-	X	-	-	-
Nacharbeit von						
- Luftspalt	-	-	0	0	X	-
- Zahl und/oder Größe der Einführungsöffnungen	-	-	X	X	-	X
Austausch von						
- Lagerschild	-	X	X	X	-	-
- Läufer	-	X	X	X	-	X
Einbau anderer/zusätzlicher						
- Hauptklemmen	0	0	0	0	X 1)	-
- Hilfsklemmen	0	0	0	0	X 1)	-
Ersatzwicklung						
- Stator	-	-	X	X	-	X
- Stabläufer	-	-	X	X	-	X
- TMS als Zusatzschutz	-	-	X	X	-	X
- bewickeltes Paket umpressen	-	X	X	X	-	X
- Stator samt bewickeltem Paket	-	X	X	-	-	-
Umwicklung im zulässigen Spannungsbereich						
	-	-	X	X	-	X
Umwicklung für						
- andere Polzahl/Frequenz	-	-	0	0	X	-
- TMS als Alleinschutz	-	-	0	0	X 2)	-

- : nach Herstellerangaben
 1) : mit Teil- oder Konformitätsbescheinigung nach ElexV
 2) : falls Prüfungsschein vorhanden
 - : nicht zutreffend / nicht erforderlich
 0 : nicht zulässig
 X : zulässig / erforderlich

38 Zusatzschild, Prüfbescheinigung, Normengeneration

Dieser Abschnitt befasst sich mit einigen Aspekten der **Reparaturpraxis**, die nicht in Normen oder anderen allgemein zugänglichen Veröffentlichungen behandelt sind.

38.1 Zusatzschild und Prüfbescheinigung

Ein Zusatzschild ist in den Europäischen Normen EN 50014 nicht ausdrücklich verlangt. Es ist jedoch bewährte Praxis, durch ein solches Schild deutlich zu machen, wer in welchem Umfang an dem Elektromotor nach Auslieferung durch den Hersteller tätig war. Die befähigte Person stellt bei positivem Ergebnis der Prüfung eine Prüfbescheinigung aus (BetrSichV § 19 (1)). Diese muss am Betriebsort verfügbar sein (BetrSichV §19 (2)). Die Form der Prüfbescheinigung ist nicht vorgeschrieben; ein bewährtes Formular mit praxisgerechter Auflistung aller relevanten Arbeiten und Prüfungen ist beim ZVEH erhältlich (siehe Bild 38.1).

Das Zusatzschild (Prüfzeichen) war gemäß § 54 der früher gültigen Bestimmungen VDE 0170/0171/1.69 mit folgenden Angaben zu versehen:

- Bezeichnung der ausgeführten Arbeiten (evtl. mit Abkürzungen s. u.)
- Datum der Instandsetzung (Monat und Jahr)
- Name der Reparaturwerkstatt
- Prüfzeichen der befähigten Person.

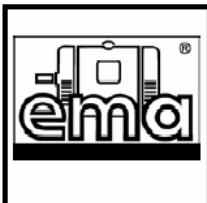

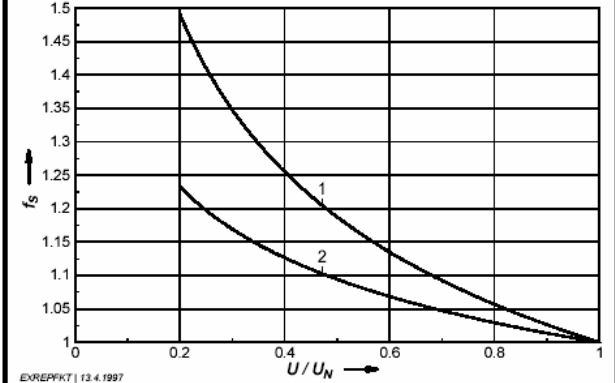
Kurzbezeichnung für Instandsetzungsarbeiten :

- Nwi - Neuwicklung
- Uwi - Umwicklung
- St - Ständer
- Lf - Läufer
- Twi - Teilweise instandgesetzte Wicklung
- Um - Umschaltung
- Osp - Oberspannungswicklung
- Usp - Unterspannungswicklung

In der Norm IEC 60079-19 wird je nach Art der Instandsetzungsarbeiten das Symbol R im Quadrat oder R im Dreieck empfohlen (siehe Schluss des Abschnitts 35).

Bild 38.1 (nachfolgend)

Prüfbescheinigung nach der Instandsetzung eines explosionsgeschützten Elektromotors in der beim ZVEH erhältlichen, an die BetrSichV angelegenen Fassung
Bitte © beachten !

	PRÜFBESCHEINIGUNG der amtlich anerkannten befähigten Person nach §14 (6) und §19 (1) der Betriebssicherheitsverordnung für explosionsgeschützte Elektromotoren Zündschutzart Druckfeste Kapselung "d" nach DIN EN 50014/50018 Zündschutzart Erhöhte Sicherheit "e" nach DIN EN 50014/50019	
Kunde/Eigentümer	Rep. Komm. Nr.	
Leistungsschild		
Fabrikat/Hersteller Fertigungsnummer Art/Typ Schutzart IP Bauform IM Wärmeklasse vor nach Reparatur	Bemessungswerte P kW n /min U V Schaltung I A f Hz $\cos \varphi$	
Prüfschild oder Zertifikat (Prüfungsschein / Konformitätsbescheinigung / Baumusterprüfbescheinigung)		
z.B. PTB / EXAM / Nr. Zeit t_E s I_A/I_N	Zündschutzart EEx d II EEx e II	
Prüfung nach Instandsetzung (bei Raumtemperatur)		
Prüfung		Ergebnis
Wicklungsprüfung nach DIN EN 60034-1/VDE 0530, T.1, 17.1 Spannungsprüfung am zusammengebauten Motor Alle Wicklungen gegen Masse (Maschinenkörper) <input type="checkbox"/> Wicklung gegen Wicklung <input type="checkbox"/> Wicklung gegen Hilfseinrichtungen <input type="checkbox"/>		Prüfdauer 1 Minute <input type="checkbox"/> 5 Sekunden <input type="checkbox"/> mit 120 % Norm-Prüfspannung 1 Sekunde <input type="checkbox"/> Wicklung erneuert <input type="checkbox"/> teilweise erneuert <input type="checkbox"/> gebraucht <input type="checkbox"/> Prüfspannung kV
Wicklungswiderstand Schaltverbindungen offen <input type="checkbox"/> geschlossen <input type="checkbox"/> Sollwert (z.B. lt. Hersteller) Ohm		Strang 1 Ohm Strang 2 Ohm Strang 3 Ohm
Leerlaufstrom I_0 Zulässige Abweichung $\pm 15\%$ gegenüber Herstellerangaben oder Erfahrungswerten an gleichartigen Maschinen sowie für die Symmetrie Sollwert (z.B. lt. Hersteller) A		U V bei 50 Hz Leiter 1 A Leiter 2 A Leiter 3 A
Anzugsstrom I_A (nur bei Zündschutzart "e") Kurzschlußmessung mit festgebremstem Läufer Sättigungsfaktor f_S für Umrechnungen bei verminderter Prüfspannung (1) Läufer mit ganz oder fast geschlossenen Nuten (2) Läufer mit offenen Nuten 		Sollwert für den Anzugsstrom $I_A = I_N \cdot I_A/I_N = \dots A$ a) Prüfspannung = Bemessungsspannung U_N Zulässige Abweichung des Prüfstromes : $\pm 20\%$ von I_A b) Prüfspannung U_x V Prüfstrom I_x A Reduktionsverhältnis $R = U_x / U_N$ Sättigungsfaktor f_S Auf Bemessungsspannung umgerechneter Prüfstrom $I_{KN} = I_x \cdot f_S / R = \dots A$ Zulässige Abweichung für den umgerechneten Prüfstrom I_{KN} : $\pm 20\%$ von I_A Abweichend von DIN EN 60034-1/VDE 0530 eine Minus-Toleranz angegeben, weil das Prüfergebnis auch zur Kontrolle der Auslegung von Ständer und Käfig dient

Befund der Teile für die druckfeste Kapselung

Spaltflächen (z.B. Wellendurchführung, Lagerdeckel, Lagerflansch und andere Bestandteile der druckfesten Kapselung) bei Sichtprüfung unbeschädigt
 durch Original-Ersatzteile des Herstellers ersetzt
 Bemerkungen

Protokoll der vorgefundenen Spaltmaße ohne Änderung AS BS
 Durchmesser der Nabe D (mm)
 Durchmesser der Welle d (mm)
 Spaltweite $D - d$ (mm)

Falls erforderlich :
 Wellenspalt nach Herstellerangaben oder nach Genehmigungsunterlagen und unter Beachtung der einschlägigen Festlegungen fachgerecht aufgearbeitet
 Bemerkungen

		Sollwert nach Herstellerangaben	Istwert nach Reparatur
Durchmesser der Nabe	D (mm)	AS.....BS.....	AS.....BS.....
Durchmesser der Welle	d (mm)	AS.....BS.....	AS.....BS.....
Spaltweite	$D - d$ (mm) ≤	AS.....BS.....	= AS.....BS.....

Thermistor als Alleinschutz

Typ und Nennansprechtemperatur (NAT)	Herstellerangaben oder Zusatzschild PTC DIN 44081/82-.....	Istwert bei der Prüfung nach Reparatur PTC DIN 44081/82-.....
Relativer Anzugsstrom I_A/I_N	.....	.....
Ansprechzeit t_A bei U_N und RT ca. 20 °C	.....s	.....s

Zul. Toleranz + 20%; Umrechnung bei abweichender Prüfspannung nach PTB-Prüfregeln, Abschnitt 10.2

Anbauten

Schutzhaube Bemerkungen:
 Fremdlüfter
 Federdruckbremse

Durchgeführte Arbeiten

.....

Bemerkungen

.....

Bescheinigung

Den oben näher bezeichneten instandgesetzten Elektromotor (elektrisches Betriebsmittel) habe ich geprüft. Er entspricht nach Bauart und Ausführung den Anforderungen der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) vom 27. 9. 2002 (BGBl I S. 3777) und – falls zutreffend – den entsprechenden Änderungen. Die Instandsetzung wurde unter Beachtung der "Prüfregeln für explosionsgeschützte Maschinen der Schutzart Erhöhte Sicherheit" der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB-Prüfregeln; Band 3, 1969) vorgenommen.

Das elektrische Betriebsmittel darf wieder in Betrieb genommen werden.
 nicht wieder in Betrieb genommen werden.

Ort	Die amtlich anerkannte befähigte Person
Datum	nach BetrSichV § 14 (6) Satz 2
Instandsetzungsfirma .....	.....
	Unterschrift
	anerkannt durch (Behörde)
	Anerkennungsbescheid vom
Stempel, Unterschrift	Aktenzeichen

© 2005

Zentralverband der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke (ZVEH) •
 Bundesfachbereich Elektromaschinenbau

38.2 Zweck und Ersatz von Dreikantschrauben



Für druckfest gekapselte Elektromotoren nach den überholten deutschen Normen gibt es neben der Kennzeichnung auf dem Leistungsschild ein äußeres Merkmal: Die **Dreikantschraube am Klemmenkastendeckel**. Fragen und Diskussionsbeiträge bei Seminaren des ZVEH und der BfE geben Veranlassung zu der nachfolgenden Information.



Bild 38.2
Dreikantschrauben im Schutzkragen als ein "Erkennungszeichen" für die Zündschutzart "d" nach überholter nationaler Norm

Betriebsmittel nach den alten deutschen Normen durften formal bis 1988 gebaut und in den Verkehr gebracht werden; diese lange Übergangsfrist nach der Einführung der Europanorm 1978 wurde aber von den Herstellern kaum ausgenützt, da sich der Markt sehr rasch nach den Europanormen orientiert hat.

Der **Weiterbetrieb** von bereits eingesetzten Betriebsmitteln und deren **Instandsetzung** nach den alten Normen ist jedoch zunächst unbegrenzt zulässig. Die entspricht einem in der Normung allgemein üblichen Grundsatz der »Besitzstandwahrung«, wonach ein nach gültigen Normen gebautes, ausgewähltes und eingesetztes Betriebsmittel auch nach einer Änderung der Norm weiterbetrieben werden darf, sofern nicht in ganz seltenen Ausnahmefällen eine Nach- oder Umrüstung ausdrücklich verlangt wird. Weitere Einzelheiten für den speziellen Fall der druckfest gekapselten Elektromotoren sind dem Kasten zu entnehmen.

Kennzeichnung und Merkmale von Normen-Generationen für Ex-d-Motoren		
Norm	VDE 0171-1.69	EN 50014 / EN 50018
Ursprung	national	regional
Gültigkeit	bis 1988	seit 1978
Bau	nein	ja
Weiterverwendung	ja	ja
Instandsetzung	ja	ja
Änderung	nein	ja (Generation \geq C)
Kennzeichen		
Temperatur-Gruppe / Klasse	G1 ... G5	T1 ... T6
Sonderverschluss	Dreikant mit Schutzkragen	Sechskant oder Innensechskant

Die **Dreikantschraube** nach DIN 22416 und DIN 22417 ist ein »Sonderverschluss«, der nur mit besonderen Hilfsmitteln gelöst werden kann. In den formal bis 1988 gültigen deutschen »Vorschriften für schlagwetter- oder explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel« VDE 0170/0171/2.61 war im § 9 gefordert:

a) Nicht isolierte, unter Spannung stehende Teile elektrischer Betriebsmittel und die zur Aufrechterhaltung des Explosionsschutzes erforderlichen Teile dürfen nur nach Lösen oder Betätigen von Sonderverschlüssen zugänglich oder abnehmbar sein, wenn diese Teile zur Wartung oder regelmäßigen betriebsmäßigen Kontrolle freigelegt werden müssen.

Sonderverschlüsse müssen in jedem Fall erhalten:

- elektrische Betriebsmittel in Schutzart druckfeste Kapselung d,
- Geräte in Schutzart Ölkapselung o
- sowie Akkumulatoren, Leuchten und Gehäuse von Auslösern in Schutzart erhöhte Sicherheit e.

b) In allen anderen Fällen dürfen die unter a) genannten Teile nur mittels Werkzeug zugänglich oder abnehmbar sein.

Sonderverschlüsse sind beispielsweise nicht erforderlich für die Abdeckung der Außenanschlußräume von Geräten in Schutzart Ölkapselung o, wenn keine betriebsmäßig funkengebenden Teile dadurch freigelegt werden können, und für die Abdeckung der Außenanschlüsse von Geräten in Schutzart erhöhte Sicherheit e sowie für Transformatorendeckel, Sammelschienenkästen, Kabelstutzen, Zugentlastungsschellen und Abzweigdosen.

In der ersten deutschen Ausgabe der Europeanorm DIN EN 50014 / VDE 0170/0171 Teil 1/5.78 war festgelegt, dass ein Sonderverschluss bestehen muss aus

- einer Sechskantschraube ohne Schlitz, einer Sechskantmutter oder einer Zylinderkopfschraube mit Innensechskant und
- Schutzkragen oder Einsenkungen, die den Kopf der Schrauben oder die Muttern auf der ganzen Höhe und auf mindestens 2/3 des Umfangs umgeben. Wenn Schutzkragen verwendet werden, müssen diese entweder Bestandteil des Gehäuses sein; oder aufgesetzt, jedoch mit dem Gehäuse fest verbunden sein; oder miteinander so verbunden sein, daß sie sich nicht verdrehen können und unverlierbar sind.

Diese Forderung galt zunächst für Betriebsmittel der **Gruppen I und II**, also zur Verwendung in schlagwettergefährdeten Grubenbauen und in gasexplosionsgefährdeten Bereichen. In der derzeit gültigen Fassungen von DIN EN 50014/VDE 0170-1 : 2000 und DIN EN 50018/VDE 0170-5 : 2001 wird ein Schutzkragen um den Schraubenkopf nur noch bei Verwendung in Bereichen der **Gruppe I** (schlagwettergefährdete Grubenbaue) verlangt. Da für Neulieferungen ein deutlich reduzierter Bedarf an speziellen Dreikantschrauben nach DIN 22416 besteht, ist die **Liefermöglichkeit** bei Motorherstellern und im Fachhandel offenbar nicht mehr allgemein gewährleistet.

Die Entwicklung der Normen für den Begriff »Sonderverschluss« lässt vermuten, dass eine Umrüstung auf eine in der Festigkeit gleichwertige Aussen- oder Innensechskantschraube sachlich und sicherheitstechnisch nicht bedenklich wäre. Eine solche Umrüstung wäre jedoch eine **Änderung gegenüber den Genehmigungsunterlagen**, die im Rahmen einer Instandsetzung auch mit nachfolgender Prüfung durch die amtlich anerkannte befähigte Person **nicht zulässig** ist. Die Möglichkeit einer **Sonderanfertigung** mit Prüfung durch einen amtlich anerkannten Sachverständigen nach § 10 der ElexV (alt) ist entfallen. Ersatzweise könnte eine solche Tätigkeit in die Zuständigkeit einer **"Zugelassene Überwachungsstelle" ZÜS** nach BetrSichV § 21 fallen.

Die mit der Instandsetzung von druckfest gekapselten Elektromotoren befassten

Betriebe und ihre befähigten Personen werden deshalb folgende Information begrüssen:

Dreikantschrauben nach DIN 22416 sind für absehbare Zeit u.a. noch lieferbar durch

Fa. Albert Pasvahl GmbH & Co.

Oehleckerring 23

22419 HAMBURG

Tel. 040-532 852-0 - 93 64 0

Fax 040-531 20 64

39 Fallbeispiele bei Zündschutzart "e"

Die Abgrenzung der **"allgemeinen" und "besonderen" Instandsetzungsarbeiten** wird nachfolgend an einigen Beispielen deutlich gemacht. Ausführliche Auflistung siehe Abschnitte 36 und 37.

39.1 Einbau einer genormten Klemmenplatte anderer Größe

Wird eine genormte, als Komponente zugelassene Klemmenplatte (z. B. nach DIN 46295) mit größeren Abmessungen der blanken Teile eingebaut, so werden Luft- und Kriechstrecken unzulässig verändert. Bei kleineren Klemmenplatten kann die Strombelastung (Erwärmung) der Stromübertragungsteile unzulässig hoch werden.

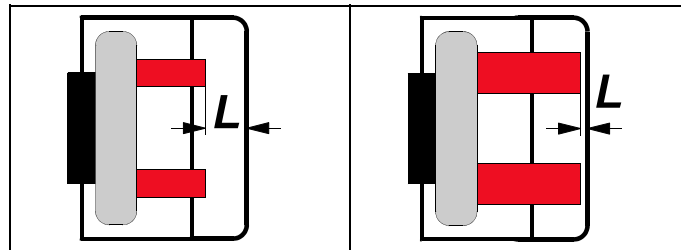


Bild 39.1
Unzulässige Verminderung der Luftstrecke "L" durch den Einbau einer größeren Klemmenplatte

Regel : *Es dürfen nur baugleiche, zugelassene Austauschteile verwendet werden. Falls das Teil nicht genormt ist, muss es vom Hersteller bezogen werden. Werden Teile verwendet, die zwar die Anforderungen erfüllen, aber von der Baumusterprüfbescheinigung abweichen, so ist dies eine unzulässige Änderung.*

39.2 Erhöhung des Luftspaltes

Bei einem polumschaltbaren 4/2poligen Motor in Dahlanderschaltung Δ/YY soll zur Verbesserung des Hochlaufverhaltens der Luftspalt von 0,35 auf 0,45 mm erhöht werden. Das Sattelmoment wird durch diese Änderung deutlich angehoben – die Kupfer-Übertemperatur ist gemäß Nachmessung deutlich erhöht.

Daher ist diese Änderung nicht zulässig!

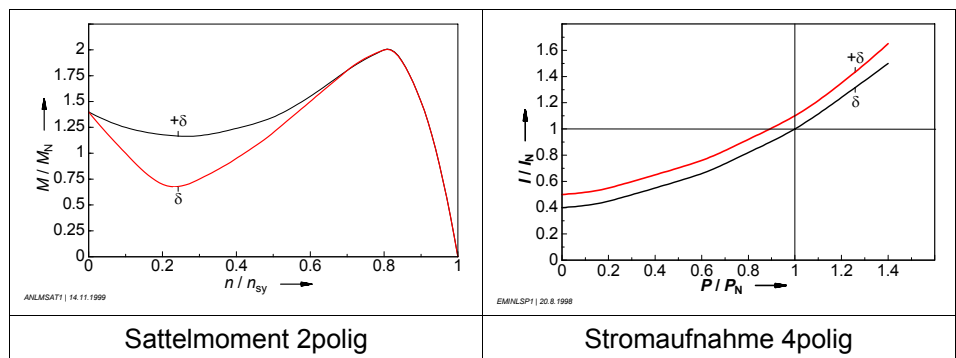


Bild 39.2

Tendenz der Auswirkung einer Luftspalt-Erhöhung + δ bei einem 4/2poligen Drehstrommotor in Dahlanderschaltung Δ/YY

Regel: *Jede Abweichung der elektrischen, magnetischen und thermischen Auslegung gegenüber der Typprüfung, die in den Genehmigungsunterlagen in allen Einzelheiten festgehalten ist, stellt eine Änderung dar, die nur vom Hersteller im Rahmen einer Neuabnahme beantragt und durchgeführt werden darf.*

39.3 Isolierung von runden Lackdrähten

Die Isolierung von runden Lackdrähten muss nach EN 50019:1994, Abschnitt 4.6.1.2, entweder dem "Grad 2" (Doppellackdraht) nach den einschlägigen Normen entsprechen, oder sie muss den Mindestwerten der für den Grad 2 genannten Durchschlagspannung genügen. In der Erstfassung dieser Norm (1978) waren die Prüfwechselfspannungen noch in Tabelle 4 genannt (siehe Tabelle 39.3.1). Qualitativ hochstehende Einfachlackdrähte von zuverlässigen Lackdrahtherstellern entsprechen im Allgemeinen diesen Anforderungen. Bei Lackdrähten zweifelhafter Herkunft kann diese Voraussetzung nicht gemacht werden. Sowohl bei Herstellern wie bei Instandsetzern geht der Trend zur allgemeinen Verwendung von Doppellackdrähten.

Draht-Nenn Durchmesser d		Prüfwechselfspannung
mm	mm	V (eff)
0,250	≤ d < 0,315	2 200
0,315	≤ d < 0,400	2 400
0,400	≤ d < 0,50	2 800
0,50	≤ d < 0,71	3 100
0,71	≤ d < 0,85	3 500
0,85	≤ d < 0,95	3 700
0,95	≤ d < 1,12	3 800
1,12	≤ d < 1,32	3 900
1,32	≤ d < 1,60	4 000
1,6	≤ d < 1,9	4 300
1,9	≤ d < 2,5	4 400

Tabelle 39.3.1
Prüfwechselfspannung von runden Lackdrähten nach EN 50019,
1. Ausgabe 1978

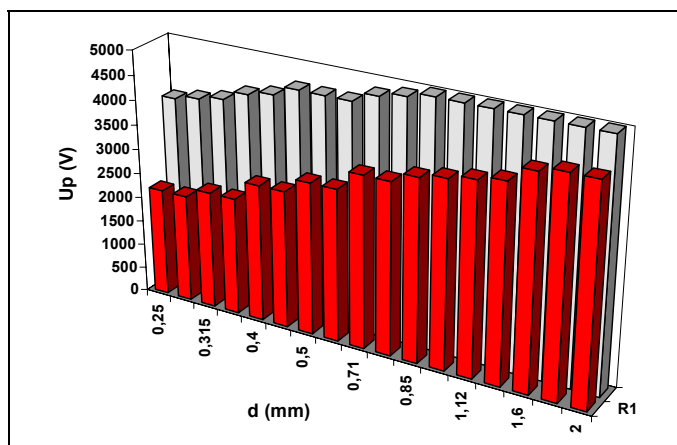


Bild 39.3.2
Mindest-Durchschlagspannung U_p von Lackdrähten verschiedenen Durchmessers d
Vordere Reihe:
EN 50019 : 1978
Hintere Reihe:
EN 50019 : 1994

Regel: Sofern nicht generell Doppellackdrähte für die Ersatzwicklung verwendet werden, empfiehlt es sich, vom Lackdrahthersteller eine Bestätigung über die Einhaltung der oben genannten Durchschlagspannungen anzufordern.

39.4 Lüfterrad aus Kunststoff statt Aluminium

Bei einem 2poligen Käfigläufermotor der Achshöhe 200 ist das Alu-Lüfterrad stark korrodiert. Es soll durch ein zufällig am Lager befindliches, abmessungsgleiches Kunststoff-Lüfterrad des gleichen Herstellers ersetzt werden. Aus dem Diagramm 39.4 (siehe auch Abschnitt 4) ergibt sich, dass die Umfangsgeschwindigkeit des Lüfterrades über 50 m/s liegt. Die Nachrechnung für den Lüfterrad-Außendurchmesser 380 mm bestätigt dies:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,38 \cdot 3000}{60} = 59,7 \text{ m/s}$$

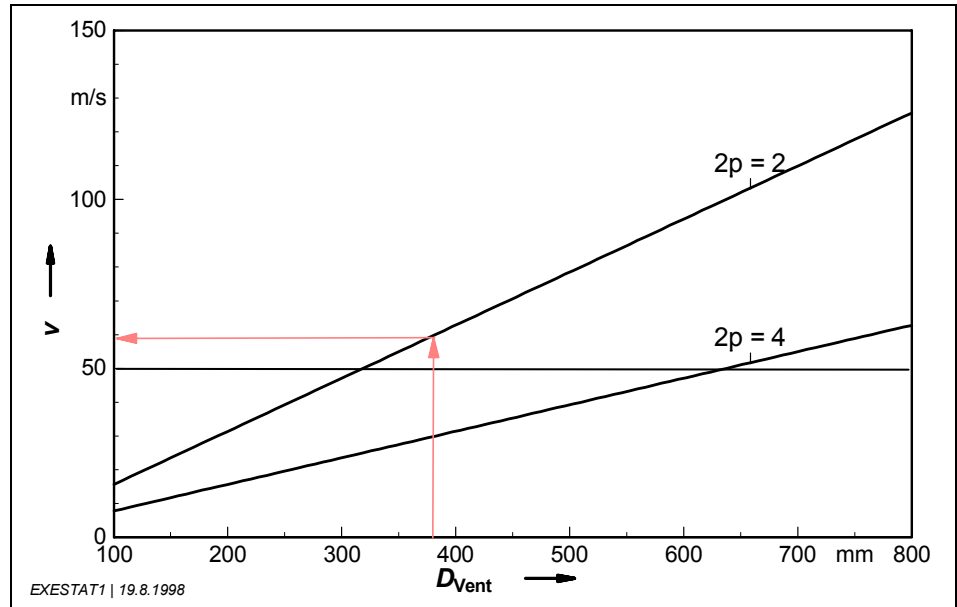


Bild 39.4
Vorentscheidung über die Zulässigkeit eines Kunststoff-Lüfterrades wegen der Gefahr der elektrostatischen Aufladung

Regel: *Etwa ab Baugröße 160 (2polig) oder Baugröße 315 (4polig), jeweils bei 50 Hz, sind Lüfterräder aus Kunststoff nur zulässig, wenn sie "elektrostatisch leitfähig" sind, d.h. wenn ihr Ableitwiderstand $\leq 1 \text{ G}\Omega$ ist. Entscheidend ist die Umfangsgeschwindigkeit (siehe Bild 4.1.2).*

39.5 Umstellung des Lackdraht-Durchmessers

Ein etwa 30 Jahre alter Motor soll neu gewickelt werden. Bei der Erstwicklung galt für die Abstufung der Blank-Durchmesser noch DIN 46435 Blatt 1 mit dem Nenn-Durchmesser 1,20 mm. Mit der heute nach DIN 46436 genormten Durchmesserstufe 1,25 mm wäre die Nutfüllung zu hoch. Der nächstkleinere Nenn-Durchmesser von 1,18 mm ist 1,7 % niedriger; die Stromdichte wird um etwa 3,4 % höher liegen.

Diese Abweichung liegt im Rahmen der Toleranz, die von der PTB unter sinngemäßer Anwendung der PTB-Prüfregeln für die Durchmesserabweichung akzeptiert wird – siehe Tabelle 39.5.

Regel: *Der Drahtdurchmesser sollte möglichst gleich oder größer gewählt werden. Eine Verminderung um bis zu 2 % ist akzeptabel.*

Draht alt	Draht neu	Relativer Unterschied		
Durchmesser	Durchmesser	Durchmesser	Stromdichte	Füllung
mm	mm	%	%	%
0,11	0,112	1,82	3,67	3,67
0,12	0,118	-1,67	3,42	-3,31
0,13	0,132	1,54	-3,01	3,10
0,21	0,212	0,95	-1,88	1,91
0,22	0,224	1,82	-3,54	3,67
0,23	0,236	2,61	-5,02	5,29
0,24	0,236	-1,67	3,42	-3,31
0,26	0,265	1,92	-3,74	3,88
0,27	0,265	-1,85	3,81	-3,67
0,31	0,315	1,61	-3,15	3,25
0,32	0,315	-1,56	3,20	-3,10
0,33	0,335	1,52	-2,96	3,05
0,34	0,335	-1,47	3,01	-2,92
0,35	0,355	1,43	-2,80	2,88
0,36	0,355	-1,39	2,84	-2,76
0,37	0,375	1,35	-2,65	2,72
0,38	0,375	-1,32	2,68	-2,61
0,39	0,400	2,56	-4,94	5,19
0,42	0,425	1,19	-2,34	2,40
0,43	0,425	-1,16	2,37	-2,31
0,47	0,475	1,06	-2,09	2,14
0,48	0,475	-1,04	2,12	-2,07
0,55	0,56	1,82	-3,54	3,67
0,65	0,67	3,08	-5,88	6,25
0,70	0,71	1,43	-2,80	2,88
1,05	1,06	0,95	-1,88	1,91
1,10	1,12	1,82	-3,54	3,67
1,15	1,18	2,61	-5,02	5,29
1,20	1,18	-1,67	3,42	-3,31
1,30	1,32	1,54	-3,01	3,10
1,35	1,40	3,70	-7,02	7,54
1,45	1,50	3,45	-6,56	7,02
1,55	1,60	3,23	-6,15	6,56
1,65	1,70	3,03	-5,80	6,15
1,75	1,80	2,86	-5,48	5,80
2,10	2,12	0,95	-1,88	1,91
2,20	2,24	1,82	-3,54	3,67
2,30	2,36	2,61	-5,02	5,29
2,40	2,36	-1,67	3,42	-3,31
2,60	2,65	1,92	-3,74	3,88
2,70	2,65	-1,85	3,81	-3,67
2,90	3,00	3,45	-6,56	7,02
	max. plus :	3,70	3,81	7,54
	max. minus :	-1,85	-7,02	-3,67

Tabelle 39.5

Ersatz von Lackdraht-Durchmessern "alt" = DIN 46235 Bl. 1
"neu" = DIN 46236 Bl. 2

Durchmesser < 0,25 mm nicht zulässig bei EEx e

39.6 Änderung der Nutform in einem Käfigläufer

Das Wellenende eines Käfigläufermotors ist beschädigt; der Rotor soll durch einen zufällig am Lager befindlichen, baugleichen Rotor des gleichen Herstellers ersetzt werden. Die Herkunft des Rotors und vor allem seine Nutform sind nicht bekannt.

Zur Anpassung an die Hochlaufbedingungen wird oft die Nutform im Läufer modifiziert. Bild 39.6.1 zeigt einige grundsätzliche Varianten. Nutformen mit ausgeprägter Stromverdrängung führen bei festgebremstem Läufer zu einem starken Anstieg der Erwärmung im Oberstab (Bild 39.6.3) und damit zu sehr kurzen Erwärmungszeiten t_E (vgl. Abschnitt 5.3.2).

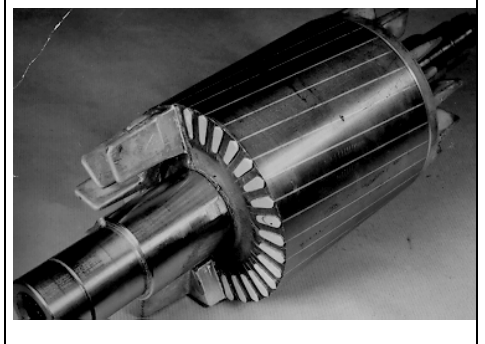
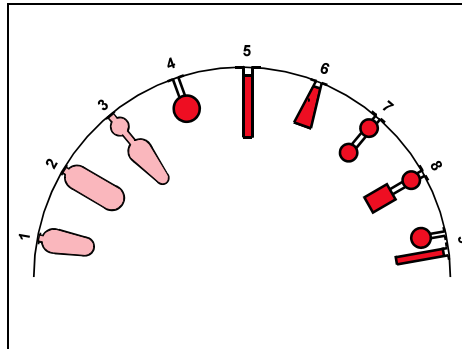


Bild 39.6.1
Beispiele für Käfigläufer-Nutformen
Pressgussrotoren

Bild 39.6.2
Schnitt durch einen Pressguss-
Käfigläufer mit Tropfennut

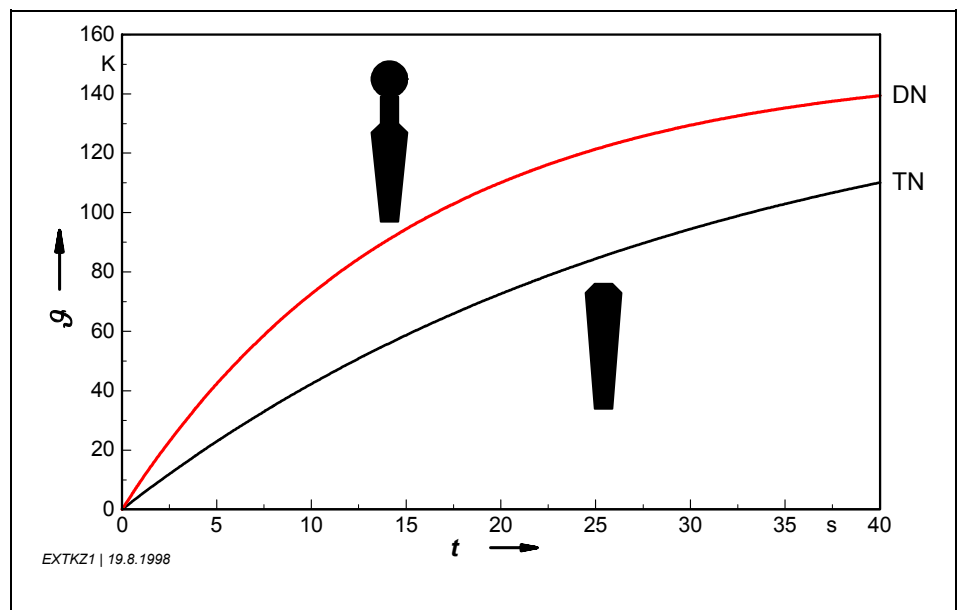


Bild 39.6.3
Beispiel für die Erwärmung der Rotornut bei festgebremstem Läufer
DN - Doppelnut
TN - Tiefnut

Regel: Die Rotordaten (Käfigform sowie Zahl und Form der Rotorstäbe) müssen den in der Baumusterprüfbescheinigung festgelegten Einzelheiten entsprechen. Ersatzrotoren sind unter Angabe der Seriennummer beim Hersteller zu beziehen.

39.7 Einbau von Hilfsklemmen

Zum Anschluss eines Thermistors sollen Hilfsklemmen in den Anschlusskasten eingebaut werden.

Selbst bei Einhaltung der Luft- und Kriechstrecken (X und Y in Bild 39.7) ist dies eine unzulässige Änderung gegenüber der Baumusterprüfbescheinigung. Die Änderung darf vom Hersteller oder nach seinen Zeichnungen sowie unter Verwendung der bescheinigten Klemmen vorgenommen werden, wenn dafür eine Ergänzung der Baumusterprüfbescheinigung vorliegt.

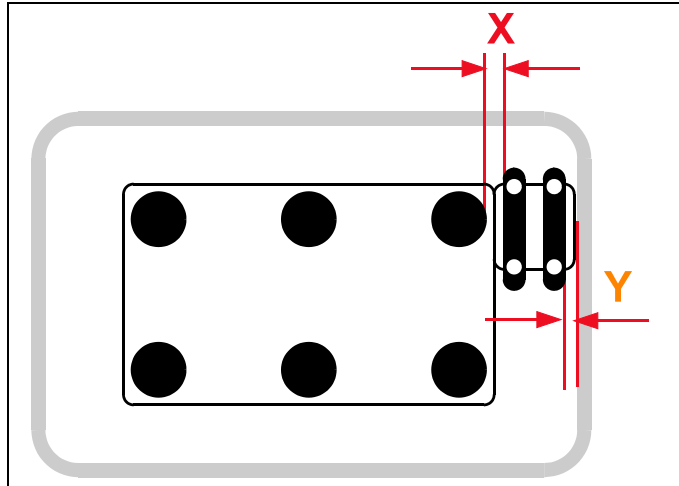


Bild 39.7

Einbau von Hilfsklemmen in den Anschlusskasten –

unzulässig wegen einer möglichen Beeinträchtigung von Luft- und Kriechstrecken "X" und "Y"

Regel: *Der nachträgliche Einbau einer Hilfsklemme in den Anschlusskasten ist auch unter Einhaltung der genormten Luft- und Kriechstrecken nicht zulässig – es sei denn, die Baumusterprüfbescheinigung erlaubt diese Option, und der Einbau wird vom Hersteller oder nach dessen Zeichnungen unter Verwendung der genehmigten Bauteile vorgenommen.*

39.8 Thermistor als Alleinschutz

Weil das Bimetallrelais im Schaltbetrieb auslöst, soll die Wicklung eines Käfigläufermotors nachträglich mit Thermistoren ausgerüstet werden, die dann den "Alleinschutz" des Motors übernehmen.

Der Thermistor kann nur die Temperatur der Ständerwicklung überwachen – bei "läuferkritischen" Maschinen kann jedoch auch der Käfigläufer unzulässig hohe Temperaturen annehmen.

Thermistoren als Alleinschutz sind nur zulässig, wenn dafür eine Typprüfung vorliegt, die bei der Zündschutzart "e" von einer benannten Stelle und bei "d" vom Hersteller durchzuführen ist.

Regel: *Wegen der besonderen Bedingungen für Einbau, Prüfung und Beschilderung bleibt die Änderung auf "TMS als Alleinschutz" dem Hersteller vorbehalten.*

Die Verwendung eines Thermistors als Zusatzschutz (zusätzlich zum richtig eingestellten Bimetallrelais) ist als "besondere Instandsetzung" mit Prüfung durch die befähigte Person zulässig.

39.9 Zahl und Qualität der Tränkung

Von Aufsichtsbehörden wurde teilweise noch in den vergangenen Jahren ein amtlicher Nachweis der Eignung von Tränkmitteln für die Wicklung explosionsgeschützter Betriebsmittel verlangt.

39.9.1 Ursprung der Vorschrift

In der nationalen Bestimmung VDE 0170/0171/2.61 aus dem Jahr 1961 waren im § 53 "Behandlung der eingebauten Wicklung" schon ausführliche Angaben zur Behandlung durch Tränken oder Tauchen enthalten; z. B. dass **Streichen oder Spritzen** nicht als Imprägnierung gilt. Erst in der ab 1969 gültigen Änderung "f" wurden die Forderungen dann in den neuen §§ 50 ... 52 u.a in zwei wichtigen Punkten erweitert:

- Es dürfen nur Tränkmittel verwendet werden, über die eine **Prüfbescheinigung der PTB** (Physikalisch-Technische Bundesanstalt) vorliegt.
- Die Wicklung ist nach der Festlegung oder Bandagierung vorzutrocknen und im Tränk-, Tauch- oder Träufelverfahren mit einem **bescheinigten** Tränklack oder Tränkharz zu behandeln. Die Tränkung, Tauchung oder Träufelung ist nach den Verarbeitungsbedingungen, die für die jeweilige Lack- oder Harzsorte vom Hersteller gegeben sind, so durchzuführen, daß eine möglichst gute Ausfüllung der Zwischenräume zwischen den Leitern und ein Verbund der Leiter untereinander sichergestellt ist. Für das Tränk- und Tauchverfahren mit **Tränklacken, die Lösungsmittelanteile** enthalten, ist eine **zweimalige Behandlung der Wicklung** erforderlich.

39.9.2 Zweck

Explosionssgeschützte elektrische Maschinen werden vorwiegend in chemischen oder petrochemischen Anlagen eingesetzt; dabei können Lösungsmitteldämpfe auf die Imprägnierung einwirken und diese erweichen oder auflösen.

Bei der Prüfung nach VDE 0360 Teil 1 wird die Wicklung 6 Tage lang Lösungsmitteldämpfen von Aceton, Benzol, Hexan, Methanol und Schwefelkohlenstoff ausgesetzt. Nach den Befunden wird beurteilt, ob der Tränklack bei sachgemäßer Verarbeitung gegen die Einwirkung von Dämpfen brennbarer organischer Lösungsmittel der zur Prüfung verwendeten Art, einschließlich des Schwefelkohlenstoffes, als beständig anzusehen ist. Der Nachweis wurde als PTB-Prüfungsschein mit einer auf fünf Jahre befristeten Gültigkeit erteilt.

39.9.3 Änderung durch die Europäische Norm

In der Erstausgabe der DIN EN 50019 "Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche; Erhöhte Sicherheit" von 1978 wurde im Abschnitt 3.6.3 zwar noch in allgemeiner Form gefordert, dass Wicklungen "mit einem **geeigneten** Tränkmittel im Tauch-, Träufel- oder Vakuum-Verfahren zu tränken sind" – ein **amtlicher Nachweis** der Eignung von Tränkmitteln wird aber **nicht mehr verlangt**. Es kann offenbar davon ausgegangen werden, dass die am Markt angebotenen Qualitätsprodukte den Ansprüchen des Explosionsschutzes gerecht werden.

Die derzeit aktuelle DIN EN 50019 (VDE 0170-6): 1996 hat im jetzt gültigen Abschnitt 4.6.2 den gleichen Wortlaut und schreibt dort auch die Anforderung zur zweimaligen Behandlung bei Tränklacken und den Hinweis auf Streichen oder Spritzen fort.

Die nationale VDE 0170/0171 wurde erst nach einer Übergangsfrist von 10 Jahren, also 1988 endgültig abgelöst und der Verzicht auf den Eignungsnachweis für Tränklacke wurde nicht allgemein bekannt gemacht. Bei der Anerkennung von Werkstatt-Sachkundigen und deren Betriebseinrichtungen wurde von den Genehmigungsbehörden der Bundesländer die alte Praxis teilweise bis in die 90er Jahre fortgeführt.

Bei den Sachkundigen entstand eine zusätzliche Verunsicherung, weil die PTB auf Antrag der Tränkmittelhersteller auch weiterhin Prüfungsscheine ausstellte, obwohl dies von der Norm oder den gesetzlichen Bestimmungen nicht mehr verlangt wurde. Der Prüfungsschein war für einzelne Lackhersteller ein willkommenes Marketing-Instrument.

39.9.4 Aktuelle Situation

Nach dem 01.01.1999 stellte die PTB keine Prüfbescheinigungen für die Eignung von Tränkmitteln für die Wicklung explosionsgeschützter elektrischer Betriebsmittel aus. Auf freiwilliger Basis können Tränkmittel auf Antrag ihrer Hersteller auch weiterhin durch den TÜV-Hannover geprüft werden.

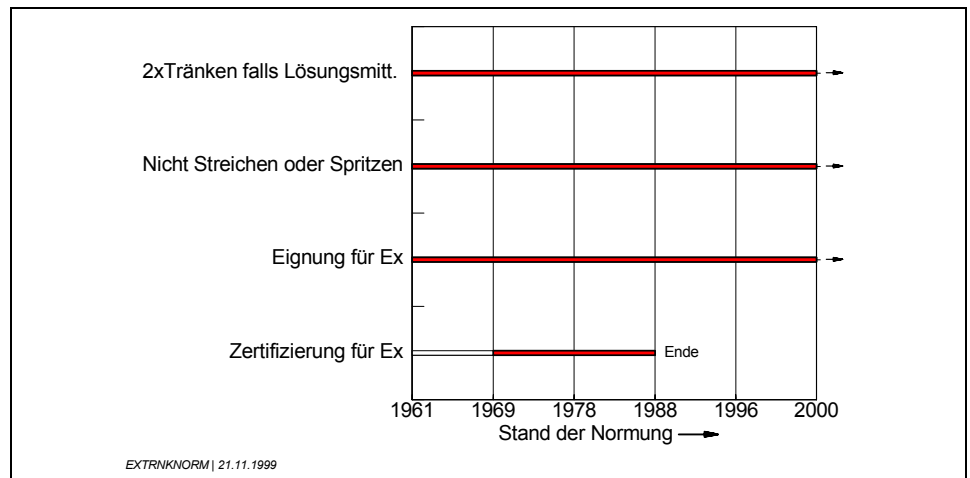


Bild 39.9.4

Stichworte und Zeitschema zu den Anforderungen an Tränkmittel


39.10 Elektrische Prüfungen nach der Instandsetzung

Maßgebend sind die »Richtlinien für die Instandsetzung explosionsgeschützter elektrischer Betriebsmittel« von Dreier, H. und Krovoza, F. in »Technische Überwachung«, Nr. 10/1967, die sinngemäß auch im Abschnitt 11.2.2 der PTB-Prüfregeln [6] zu finden sind:

- Isoliervermögen
- Wicklungswiderstände aller Stränge
- Leerlaufstrom** in allen drei Strängen;
Sollwert nach Herstellerangabe (Toleranz $\pm 15\%$) oder nach Erfahrungswerten an gleichartigen Maschinen. (Im Kommentar Jeiter/Nöthlich ist in 6007, Seite 71 fälschlich der Prüfungsschein als Referenz für den Leerlaufstrom genannt; dies sollte berichtigt werden: Der Prüfungsschein enthält keine Angaben zum Leerlaufstrom)
- Anzugsstrom und **Verhältnis I_A / I_N**
(Toleranz $\pm 20\%$ gegenüber Prüfschild und Prüfschein)

Die Anforderungen in IEC 60079-19 und in der zurückgestellten prEN 60079-19 sind sinngemäß gleichlautend.

Im Regierungsbezirk Arnsberg wird abweichend von den allgemein üblichen Verfahren eine sehr aufwändige Prüfung vorgeschrieben:

	Zentralabteilung Elektrotechnik und Fördertechnik im Bergbau Einsatz des Einzelverlustverfahrens zur Prüfung instandgesetzter, explosionsgeschützter Elektromotoren Auszug: Zur Ermittlung der Verlustleistung wird seit Jahrzehnten von den Sachverständigen des RWTÜV hierzu das sog. Einzelverlustverfahren angewendet, wie es auch von den zertifizierten Prüf- und Zulassungsstellen z. B. der PTB (Physikalisch Technische Bundesanstalt) zur Überprüfung von instandgesetzten Motoren angewandt wird. Bei diesem Verfahren werden die Einzelverluste der Maschine ermittelt und die Summe der Verluste mit der rechnerischen aufgenommenen Leistung verglichen. Als zulässige Grenzabweichungen gelten die in Tabelle 8 der DIN VDE 0530 Teil 1 angegebenen Toleranzen von den Nennwerten.
---	---

Diese Anweisung wird ergänzt durch zwei Formblätter DIN A4 mit zahlreichen Messanweisungen und Formeln für die Durchführung dieser Prüfung, die u.a. auch die sogenannte "Trennung der Verluste" nach Bild 39.10.1 umfasst.

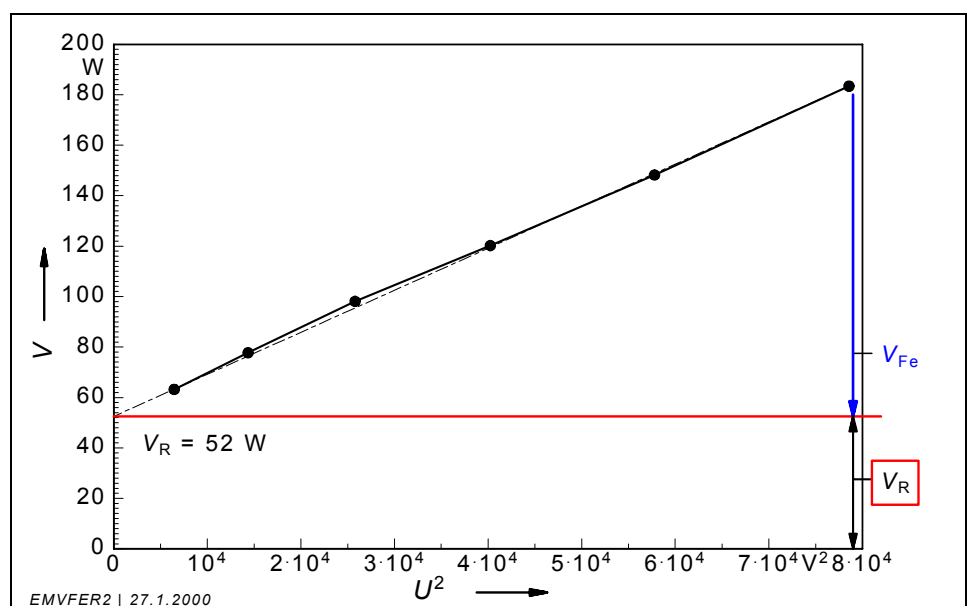


Bild 39.10.1.1
 Leerlauf-Kennlinie zur Trennung der Eisen- und Reibungsverluste
 Auftragung über U^2 Extrapolation auf $U=0$

Dieses Verfahren wird von den Herstellern elektrischer Maschinen im Rahmen der Typenprüfung durchgeführt; es ist schon bei Anwendung der derzeit gültigen Norm EN 60034-2 (VDE 0530-2) sehr aufwendig und erfordert bei der in Vorbereitung befindlichen Norm IEC 61972 [7] einen erhöhten Aufwand an Messmitteln, Prüfzeit und Berechnungen. Es bietet im Vergleich zu den von *Dreier/Krovoza* genannten Prüfungen keinen Gewinn an Explosionsicherheit.

Der Schutz gegen unzulässige Erwärmung ist durch den nach wie vor auf Bemessungsstrom eingestellten Motorschutzschalter gewährleistet. Im Bild 39.10.2 ist angenommen, dass infolge unsachgemäßer Abrenntemperaturen die Eisenverluste eines Motors angestiegen sind und der Wirkungsgrad vermindert ist. Der Magnetisierungsanteil des Stromes hat sich erhöht. Der gegenüber dem Neuzustand "vor Reparatur" auf die Linie "nach Reparatur" angestiegene Strom führt lediglich zu einer geringfügig verminderten Leistungsabgabe beim Einstellwert des Motorschutzes auf den unveränderten Bemessungsstrom I_N . Die im wesentlichen von der Stromaufnahme abhängige Erwärmung bleibt praktisch unverändert.

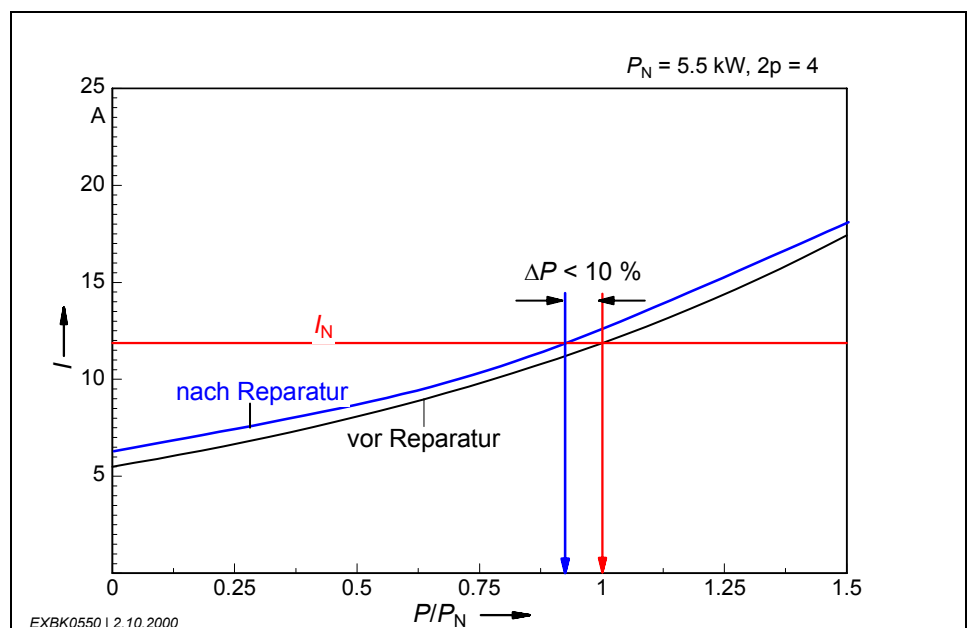


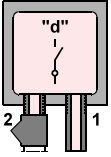
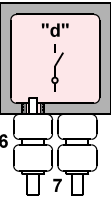
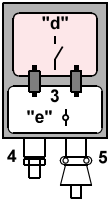
Bild 39.10.2

Änderung der Stromaufnahme nach einer Instandsetzung mit Schädigung des Blechpaketes und daraus resultierender Verminderung des Wirkungsgrades

Die Teilnehmer des 20. Ex-Sachverständigen-Seminars befürworteten eine Aktion des seinerzeitigen DExA (Deutscher Ausschuss für explosionsgeschützte elektrische Anlagen) mit dem Ziel, einheitliche Prüf- und Wettbewerbsbedingungen herzustellen. [26] – leider ohne Resonanz.

- 40 Fallbeispiele bei Zündschutzart "d"**
- Die Abgrenzung der "allgemeinen" von den "besonderen" Instandsetzungsarbeiten wird nachfolgend an einigen Beispielen deutlich gemacht. Ausführliche Auflistung siehe Abschnitte 36 und 37.
- 40.1 Säubern von Spaltflächen**
- Die Spaltflächen – vor allem an der Wellendurchführung – sind leicht angegriffen, ohne Rostnarben (Vertiefungen). Kein Verschleiß ersichtlich.
- Regel:** *Die Flächen sind unter Verwendung eines nicht metallischen Schabers und/oder von nicht korrodierenden Reinigungsmitteln gründlich zu reinigen und mit geeignetem Schmierfett leicht einzufetten. Ein Anstrich oder auftragende oder aushärtende Konservierungsmittel sind nicht zulässig.*
Nach IEC 60079-17, 5.1.1 wird es üblicherweise nicht als erforderlich angesehen, die Spaltabmessungen zu überprüfen, wenn offensichtlich kein Verschleiß oder andere Beschädigungen vorliegen.
- 40.2 Rostnarben in den Spaltflächen eines Lagerschildes**
- Die Spaltfläche eines Lagerschildes hat Rostnarben. Die Welle kann nach den Regeln in Abschnitt 40.1 gesäubert werden.
- Regel:** *Ersatz des Lagerschildes durch ein Originalteil des Herstellers mit Prüfzeichen.*
- 40.3 Nacharbeiten der Spaltflächen**
- An einer Wellendurchführung sind Welle und Nabe so korrodiert, dass eine Säuberung nicht ausreicht. Die Teile müssen nachgearbeitet werden. Vorzugsweise sollten Läufer und Lagerschild durch geprüfte Originalteile des Herstellers ersetzt werden. Wenn dies unter besonderen Umständen (Lieferzeit oder Verfügbarkeit) nicht möglich ist, so ist die Welle nachzuschleifen, bis eine saubere Oberfläche ausreichender Rautiefe erreicht wird. Die Nabe ist auf Sollmaß zu bringen durch Galvanisieren, Schweißen oder Ausbuchen und anschließende Bearbeitung, sodass die Spaltweite den in der Genehmigungszeichnung festgelegten Sollwerten entspricht.
- Metallspritzen war nach früherer Norm nicht empfohlen, ist aber nach dem neuen Entwurf zu IEC 60079-19 erlaubt, falls die Haftfestigkeit genügend hoch ist.**
- Maßgebend ist also die vom Hersteller anzufordernde **Genehmigungszeichnung**, in die meist die bei der Typprüfung festgestellten, tatsächlichen Spaltweiten eingetragen sind, die in der Regel unterhalb der in der Norm geforderten **Mindestwerte** liegen.
- Diese in den CENELEC-Ländern einheitlich angewandte Forderung wird technisch begründet durch die Prüfpraxis, wonach bei der amtlichen Typprüfung trotz Einhaltung der MESG häufig Zünddurchschläge zu beobachten waren.
- Der **physikalische Grund** ergibt sich aus der Tatsache, dass der geometrisch einfache Prüfraum bei der Ermittlung der MESG andere Werte liefert als der unsymmetrische Raum des Prüflings, bei dem Einbauten häufig zu "unterteilten Räumen" und dadurch zu Drucküberhöhungen führen können.
- Eine **formale Begründung** ergibt sich aus den Überschriften "Mindestspaltlänge" und "Größte Spaltweite" in den Tabellen von EN 50018 sowie aus den Festlegungen 3.3.1.2 und 3.3.2 in IEC 60079-19 und prEN 60079-19.
- Falls es nicht möglich ist, die Sollwerte der Genehmigungszeichnung zu erfragen, so bietet der normative Anhang C; Tabelle C.1 in Entwurf DIN IEC 60079-19 eine Alternative, indem 80 % des kleinsten Wertes der zutreffenden Norm DIN 60079-1 (VDE 0170-5) eingehalten werden. Die zusätzlichen Einschränkungen (z. B. je nach Explosionsgruppe) in dieser Norm sind zu beachten.
- Regel:** *Wenn ein Zündspalt durch Ausbuchen oder Metallauftrag nachbearbeitet werden muss, so sind die in der Genehmigungszeichnung festgelegten oder alternativ 80 % des kleinsten zutreffenden Normwertes der Spaltweite einzuhalten.*

40.3 Änderung einer Leitungseinführung

	<p>Ein für das "conduit system" vorbereiteter Anschlusskasten soll für die in Deutschland übliche Kabeleinführung umgestellt werden.</p>
	<p>Lösung A: Aufbohren der Einführungslöcher auf das nächste Norm-Feingewinde, für das handelsübliche druckfeste Einführungsteile (z.B. von STAHL oder ABB) zur Verfügung stehen Übliche Abstufung M 20/25/32/40/50/63/75 x 1,5</p>
	<p>Lösung B: Umbau durch den Hersteller auf Anschlusskasten in Zündschutzart "e" Diese weitgehende Änderung ist nicht als "Instandsetzung" ausführbar.</p>

Regel: Eine Änderung von Zahl und Größe der Einführungsöffnungen unter Beibehaltung der Zündschutzart des Anschlussraumes ist als "besondere" Instandsetzung zulässig. Eine Änderung der Zündschutzart des Anschlussraumes bleibt dem Hersteller vorbehalten, sofern die Baumusterzulassung diese Option enthält.

40.4 Nachträgliche Umstellung auf Umrichter-Betrieb

Ein für Netzbetrieb gelieferter Käfigläufermotor soll nachträglich am Umrichter betrieben werden. Bemessungsspannung und Umrichterspannung bei oberer Grenzfrequenz sind passend.

Regel: Motoren der Zündschutzart "d" dürfen grundsätzlich am Umrichter betrieben werden, sofern die im Abschnitt 15 beschriebenen Bedingungen und die vom Hersteller festgelegten Leistungs- und Spannungswerte eingehalten werden.

Wichtige Voraussetzung:

Der Antrieb muss für Alleinschutz durch Thermistoren zugelassen sein! Wenn die Thermistoren in der Originalwicklung vorhanden sind, genügt eine schriftliche Abstimmung mit dem Hersteller über die Bemessungsdaten. Eine Neuwicklung mit Thermistoren und die zugehörige Prüfung der Auslösezeit t_A bleibt dem Hersteller vorbehalten.

40.5 Austausch der druckfesten Durchführungen für die Wicklungsableitungen

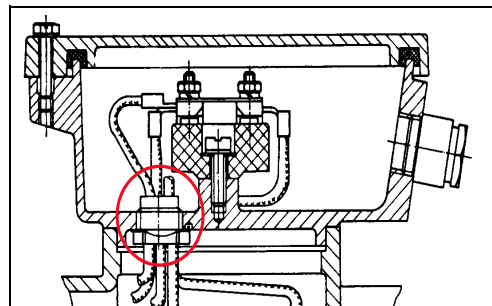


Bild 40.5
Die in der Durchführung vergossenen Leitungen sind durch einen Kurzschluss verschmort. Ein behelfsmäßiger Ersatz der Leitungen ist nicht zulässig, da die Vergussmasse einen druckfesten Abschluss bildet.



Regel: Die Leitungsdurchführung ist durch ein Original-Ersatzteil des Herstellers zu ersetzen. Das Gewinde von Durchführung und Klemmenkasten darf nicht beschädigt sein.

40.7 Nachmessung der Zündspalte am Wellenaustritt

Schon beim ersten ZVEH-Erfahrungsaustausch der Werkstatt-Sachkundigen im Jahr 1993 wurde bekannt, dass von einigen Aufsichtsbehörden – vor allem vom TÜV – bei jeder Demontage unabhängig vom tatsächlichen Schaden eine Nachmessung der Zündspalte verlangt wird. Dabei blieb offen, gegen welchen Sollwert das Messergebnis zu vergleichen war.

Eine Umfrage des Verfassers bei PTB, BVS/DMT, TÜV Hannover, IBExU, K235 sowie bei acht anerkannten Werks-Sachverständigen führt zu einer Neufassung im ZVEH-Protokoll mit der Kernaussage: **Falls Sichtprüfung positiv – keine Nachmessung zwingend nötig – im Zweifelsfall vorsorglich möglich.**

Der entsprechende Abschnitt des ZVEH-Protokolls in der derzeitigen, and die BetrSichV angeglichenen Fassung ist in Bild 40.7.1 gezeigt.

	<p>PRÜFBESCHEINIGUNG der amtlich anerkannten befähigten Person nach §14 (6) und §19 (1) der Betriebssicherheitsverordnung für explosionsgeschützte Elektromotoren Zündschutzart Druckfeste Kapselung "d" nach DIN EN 50014/50018 Zündschutzart Erhöhte Sicherheit "e" nach DIN EN 50014/50019</p>	
---	---	---

Auszug

Befund der Teile für die druckfeste Kapselung

Spaltflächen (z.B. Wellendurchführung, Lagerdeckel, Lagerflansch und andere Bestandteile der druckfesten Kapselung) bei Sichtprüfung unbeschädigt
durch Original-Ersatzteile des Herstellers ersetzt
Bemerkungen

Protokoll der vorgefundenen Spaltmaße ohne Änderung		AS	BS
Durchmesser der Nabe D (mm)	.....	.....	.....
Durchmesser der Welle d (mm)	.....	.....	.....
Spaltweite $D - d$ (mm)	.....	.....	.....

Falls erforderlich :
Wellenspalt nach Herstellerangaben oder nach Genehmigungsunterlagen und unter Beachtung der einschlägigen Festlegungen fachgerecht aufgearbeitet
Bemerkungen

	Sollwert nach Herstellerangaben	Istwert nach Reparatur
Durchmesser der Nabe D (mm)	AS.....BS.....	AS.....BS.....
Durchmesser der Welle d (mm)	AS.....BS.....	AS.....BS.....
Spaltweite $D - d$ (mm) \leq	AS.....BS.....	= AS.....BS.....

Bild 40.7.1 Auszug aus dem Formular "Prüfbescheinigung" des ZVEH

Auf Anregung des Verfassers hat der Fachausschuss Elektrotechnik des VdTÜV die Sachverständigen des TÜV in diesem Sinne informiert.
Auszug aus der Niederschrift der 14. Sitzung, Seite 159, vom 12.11.1997:

10 Prüfung von Werkssachkundigen nach ElexV
Im vorliegenden Fall (Anlage 7) handelt es sich um die offene Frage der Nachmessung der Ist-Spaltweiten durch den Werkssachkundigen im Rahmen der Instandsetzung von Elektromotoren der Zündschutzart "d". Nach allgemeiner Auffassung ist eine Nachmessung der Spalte nur dann notwendig, wenn die Sichtprüfung Beschädigungen erkennen läßt; das Instandsetzungsprotokoll des ZVEH ist entsprechend aufgebaut. Die Aussagen von PTB und DMT-BVS in dieser Angelegenheit werden vom Fachausschuß bestätigt und die Sachverständigen der TÜV sind im Sinne einer einheitlichen Handhabung entsprechend zu informieren.

Trotz dieser Anweisung wird im Regierungsbezirk Arnsberg weiterhin auf der Prüfung unbeschädigter Spalte mit einer Kontrolle gegen die Normwerte bestanden:

Auszug aus dem Merkblatt der Zentralabteilung Elektrotechnik und Fördertechnik im Bergbau des

Einsatz des Einzelverlustverfahrens zur Prüfung instandgesetzter, explosionsgeschützter Elektromotoren



" ... sowie zusätzlich bei Motoren (Ex I oder Ex II) der Zündschutzart 'druckfeste Kapselung' (d) die Prüfung auf Einhaltung der nach VDE 0170/0171 bzw. EN 50018 vorgegebenen Grenzspaltweiten."

Argumente gegen eine Kontrolle unbeschädigter Zündspalte:

- QS des Herstellers stellt Übereinstimmung mit den Genehmigungsunterlagen sicher – Kontrolle nicht erforderlich.
- Zündspalte müssen den **Genehmigungsunterlagen** entsprechen, Normwerte stellen nur den Rahmen dar (vgl. EN 60079-19, 3.3.1.2 und 3.3.2).

Kleinstwert k (Sicherheit gegen Reibung) wird bei Messung der Differenz $D - d$ nicht überprüft, d.h. Messung unvollständig (Bild 40.7.2).

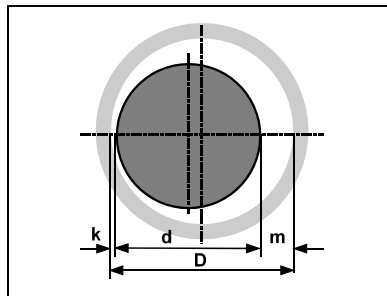


Bild 40.7.2

Forderung nach EN 50018: $k \geq 0,05 \text{ mm}$

Die Teilnehmer des 20. Ex-Sachverständigen-Seminars schlossen sich einhellig dieser Meinung an und befürworteten eine Aktion des seinerzeitigen DEXA (Deutscher Ausschuss für explosionsgeschützte elektrische Anlagen) mit dem Ziel, einheitliche Prüf- und Wettbewerbsbedingungen herzustellen [26].

41 Nicht-elektrische Geräte (Getriebeteile)

Mit der Einbeziehung von "nicht-elektrischen Geräten" in die Richtlinien für den Explosionsschutz gelten nicht nur für das Inverkehrbringen (ATEX 95), sondern auch für Betrieb und Instandsetzung (ATEX 137) zusätzliche Anforderungen für mechanische Bauteile mit potentieller Zündquelle (vgl. Abschnitt 14).

Getriebe, Kupplungen, Pumpen, Ventilatoren, Rührwerke und andere "Geräte" werden häufig samt angebautem Elektromotor in der Elektrowerkstatt oder beim Elektromaschinenbauer zur Instandsetzung angeliefert. Bei diesen Arbeiten und der anschließenden Prüfung ist § 14, (6) der Betriebssicherheitsverordnung (siehe Abschnitt 31.2) zu beachten. Die Anforderungen an eine "befähigte Person" sind für den Schlosser und für den Elektromaschinenbauer zwar grundsätzlich gleich, unterscheiden sich jedoch erheblich in den einzelnen technischen Fachkenntnissen. Eine für die Instandsetzung von elektrischen Maschinen qualifizierte "befähigte Person" ist also nur nach entsprechender Erfahrung oder Schulung, nicht aber automatisch auch für die fachgerechte Instandsetzung von nicht-elektrischen, explosionsgeschützten Geräten befähigt.

Darüber hinaus ist nach allgemeiner Praxiserfahrung anzunehmen, dass es zwar für die Instandsetzung elektrischer Maschinen ähnliche, für alle Fabrikate geltende Regeln gibt – nicht aber für die von Hersteller zu Hersteller teilweise doch erheblich abweichenden konstruktiven Einzelheiten von z. B. Getrieben oder Pumpen.

Die Abgrenzung von "normalen" und "besonderen" Instandsetzungsarbeiten an nicht-elektrischen Geräten soll in den derzeitigen Arbeiten des AK2 im UA5 des ABS vorgenommen werden (vgl. 37.1).

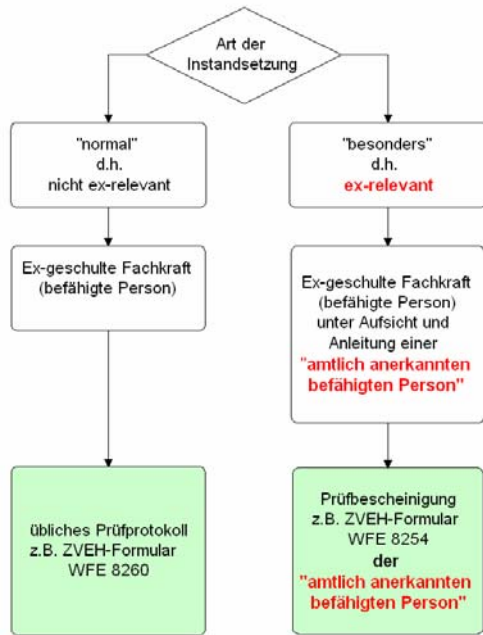
Solange solche Regeln nicht verfügbar sind – und wohl auch noch danach – scheint es sachgerecht, die Befähigung für eine Instandsetzung und anschließende Prüfung von nicht-elektrischen, explosionsgeschützten Geräten an folgende Bedingung zu knüpfen:

Instandsetzungen und Änderungen an Teilen, die für den Explosionsschutz relevant sind, dürfen nur von qualifizierten Fachkräften vorgenommen werden, die durch den Umgang mit der betreffenden Bauart Kenntnisse und Erfahrungen gesammelt haben oder vom jeweiligen Hersteller unter Verwendung spezifischer Unterlagen geschult wurden.

Die derzeitig praktizierten Regeln für die Instandsetzung von explosionsgeschützten elektrischen Betriebsmitteln und nicht-elektrischen Geräten können im nachfolgenden Schema gegenübergestellt werden:

INSTANDSETZUNG VON EX-MOTOREN

ATEX oder PRE-ATEX

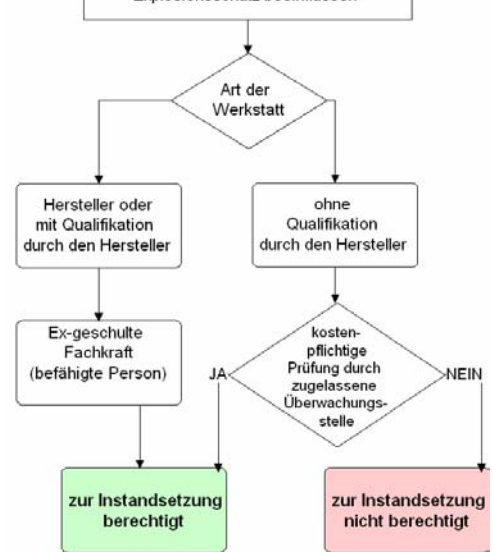


Exc_ATEX_Motoren.FLO

Stand : 03.03.2004

INSTANDSETZUNG VON ATEX-GETRIEBEN

Alle Eingriffe können den
Explosionsschutz beeinflussen



Exc_ATEX_Getriebe.FLO

Stand : 13.06.2004

Literaturverzeichnis zum Teil IV "Instandhaltung"

- 1 ElexV
Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen
Bundesgesetzblatt Jahrgang 1996, Teil I, Nr. 65
- 2 *Fährlich, R.; Mattes, H.:* (früher *Jeiter, W.; Nöthlichs, M.:*)
Explosionsschutz – Kommentar zur ExVO und BetrSichV
Erich Schmidt Verlag, Bielefeld, (1980/2001)
- 3 *Pandel, V.:*
Betrieb und Instandhaltung von explosionsgeschützten elektrischen Anlagen
 - a) Referat im Lehrgang der Technischen Akademie Esslingen
Band 429 Kontakt & Studium Elektrotechnik im Expert Verlag
 - b) Referat im Lehrgang der Technischen Akademie Heilbronn
- 4 *Beermann, D.:*
Instandhaltung elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen
Referat im Lehrgang der Technischen Akademie Wuppertal
- 5 *Dreier, H.; Krovoza, F.:*
Richtlinien für die Instandsetzung explosionsgeschützter elektrischer Betriebsmittel
Zeitschriften Technische Überwachung 8 (1967) 10, S. 362 ... 363,
und Arbeitsschutz (1968) H. 3, S. 79 ... 81
- 6 *Greiner, H.:*
Explosionsschutz bei Drehstrom-Getriebemotoren
Sonderdruck SD 302 der Firma Danfoss Bauer GmbH, D-73726 Esslingen
- 7 IEC 60079-19
Repair and overhaul for apparatus used in explosive atmospheres (other than mines)
- 8 Entwurf DIN IEC 60079-19 / VDE 0165- 20-1 : 2004-10
Reparatur und Überholung von Betriebsmitteln, die in explosionsgefährdeten Bereichen verwendet werden (ausgenommen Grubenbaue und explosivstoffgefährdete Bereiche)
- 9 *Dreier, H.; Stadler, H.; Engel, U.; Wickboldt, H.:*
Explosionsschutz für Maschinen der Schutzart "Erhöhte Sicherheit" (Ex)e
Band 3 der PTB-Prüfregeln
Deutscher Eichverlag GmbH, Braunschweig 1969; Nachdruck 1978,
zu beziehen durch das Referat "Schrifttum" der PTB, Braunschweig
- 10 *Rading, H, F.:*
Die Verwaltungspraxis bei der Durchführung der Elex-Verordnung
Vortragsmanuskript zum Ex-Seminar der Technischen Akademie Esslingen
- 11 DIN VDE 0105 Betrieb von Starkstromanlagen
 - Teil 1: Allgemeine Festlegungen
 - Teil 9: Zusatzfestlegungen für explosionsgefährdete Bereiche
- 12 *Slominski, W. R.:*
Richtlinien für die Montage und Instandhaltung von explosionsgeschützten elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen
STAHL-Ex-Zeitschrift (1986) H.18 und (1987) H.19

- 13 *Neudecker, M.; Wehinger, H.:*
Neue europäische Ex-Schutz-Richtlinie verabschiedet
STAHL-Ex-Zeitschrift (1994) H.26
- 14 *Nowak, K.:*
Elektrischer Explosionsschutz – Beginn der Neuregelung 1997
de (1996) H.21
- 15 *Pandel, V.:*
Betrieb und Instandhaltung von explosionsgeschützten elektrischen Anlagen
Referat im Lehrgang der BfE, (1996)
- 16 *Greiner, H.:*
Umrichter-Motoren
Sonderdruck SD 2996 der Firma Danfoss Bauer GmbH, D-73726 Esslingen
- 17 *Greiner, H.:*
Elektrische Antriebe mit Getriebe-Motoren
Publikation der Firma Danfoss Bauer GmbH, D-73726 Esslingen
- 18 Bericht über das 10. Ex-Sachverständigen-Seminar 1990 der Fa. ABB CEAG
- 19 *Greiner, H.:*
Installation und Instandhaltung von Getriebe-Motoren
Sonderdruck SD 2496 der Firma Danfoss Bauer GmbH, D-73726 Esslingen
- 20 *Nowak, K.:*
Instandsetzung von Motoren in Ex-Ausführung
de (1999) H.15 u. H.16
- 21 Code of Practice No. 300
Repair and Overhaul of Ex Electrical Apparatus
BEAMA / AEMT (British Electrotechnical and Allied Manufacturers' Association / Association of
Electrical and Mechanical Trades)
- 22 *Nowak, K.:*
Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche
Kommentar zu DIN EN 60079-17 (VDE 0165 Teil 10)
- 23 *Linström, H. J. u. A.:*
Explosionsschutz elektrische Betriebsmittel
VEB Verlag Technik, Berlin (1988)
- 24 *Nowak, K.:*
Historische Entwicklung des elektrischen Explosionsschutzes
de (2001) H.17
- 25 *Nowak, K.:*
Chronologie des Ex-Zeichens
de (2001) H.17
- 26 Sonderdruck der Fa. CEAG Cooper Crouse-Hinds
Explosionsschutz elektrischer Anlagen
20. Sachverständigen-Seminar (2000)
- 27 Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
Bundesgesetzblatt 2002 Teil I Nr. 70; 02.10.2002

- 28 Antragsmappe für die Anerkennung von befähigten Personen
www.rpa.de/dezernate → Abt. VII → Fach-Infos → BetrSichV → Antragsmappe
- 29 DIN EN 60079-17 (VDE 0165-10-1):06.2004
Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche
Teil 17: Prüfung und Instandhaltung
siehe auch Abschnitt 11 im Buch [31]
- 30 DIN EN 61241-17 (VDE 0165-10-2):01.2006
Elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in Bereichen mit brennbarem Staub
Teil 17: Prüfung und Instandhaltung
siehe auch Abschnitt 11 im Buch [31]
- 31 *Greiner, H. u.a.:*
Elektroinstallation und Betriebsmittel in explosionsgefährdeten Bereichen
Hüthig & Pflaum Verlag, Heidelberg (2006)
- 32 TRBS 1203
Technische Regeln für Betriebssicherheit
Befähigte Personen – Allgemeine Anforderungen
www.baua.de → suche TRBS 1203
- 32 TRBS 1203 Teil 1
Technische Regeln für Betriebssicherheit
Befähigte Personen – Besondere Anforderungen – Explosionsschutz
www.baua.de → suche TRBS 1203 Teil 1

Leerseite für Notizen

Literaturverzeichnis zum Teil IV "Instandhaltung"

- 1 ElexV
Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen
Bundesgesetzblatt Jahrgang 1996, Teil I, Nr. 65
- 2 *Fährlich, R.; Mattes, H.:* (früher *Jeiter, W.; Nöthlichs, M.:*)
Explosionsschutz – Kommentar zur ExVO und BetrSichV
Erich Schmidt Verlag, Bielefeld, (1980/2001)
- 3 *Pandel, V.:*
Betrieb und Instandhaltung von explosionsgeschützten elektrischen Anlagen
 - a) Referat im Lehrgang der Technischen Akademie Esslingen
Band 429 Kontakt & Studium Elektrotechnik im Expert Verlag
 - b) Referat im Lehrgang der Technischen Akademie Heilbronn
- 4 *Beermann, D.:*
Instandhaltung elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen
Referat im Lehrgang der Technischen Akademie Wuppertal
- 5 *Dreier, H.; Krovoza, F.:*
Richtlinien für die Instandsetzung explosionsgeschützter elektrischer Betriebsmittel
Zeitschriften Technische Überwachung 8 (1967) 10, S. 362 ... 363,
und Arbeitsschutz (1968) H. 3, S. 79 ... 81
- 6 *Greiner, H.:*
Explosionsschutz bei Drehstrom-Getriebemotoren
Sonderdruck SD 302 der Firma Danfoss Bauer GmbH, D-73726 Esslingen
- 7 IEC 60079-19
Repair and overhaul for apparatus used in explosive atmospheres (other than mines)
- 8 Entwurf DIN IEC 60079-19 / VDE 0165- 20-1 : 2004-10
Reparatur und Überholung von Betriebsmitteln, die in explosionsgefährdeten Bereichen verwendet werden (ausgenommen Grubenbaue und explosivstoffgefährdete Bereiche)
- 9 *Dreier, H.; Stadler, H.; Engel, U.; Wickboldt, H.:*
Explosionsschutz für Maschinen der Schutzart "Erhöhte Sicherheit" (Ex)e
Band 3 der PTB-Prüfregeln
Deutscher Eichverlag GmbH, Braunschweig 1969; Nachdruck 1978,
zu beziehen durch das Referat "Schrifttum" der PTB, Braunschweig
- 10 *Rading, H, F.:*
Die Verwaltungspraxis bei der Durchführung der Elex-Verordnung
Vortragsmanuskript zum Ex-Seminar der Technischen Akademie Esslingen
- 11 DIN VDE 0105 Betrieb von Starkstromanlagen
 - Teil 1: Allgemeine Festlegungen
 - Teil 9: Zusatzfestlegungen für explosionsgefährdete Bereiche
- 12 *Slominski, W. R.:*
Richtlinien für die Montage und Instandhaltung von explosionsgeschützten elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen
STAHL-Ex-Zeitschrift (1986) H.18 und (1987) H.19

- 13 *Neudecker, M.; Wehinger, H.:*
Neue europäische Ex-Schutz-Richtlinie verabschiedet
STAHL-Ex-Zeitschrift (1994) H.26
- 14 *Nowak, K.:*
Elektrischer Explosionsschutz – Beginn der Neuregelung 1997
de (1996) H.21
- 15 *Pandel, V.:*
Betrieb und Instandhaltung von explosionsgeschützten elektrischen Anlagen
Referat im Lehrgang der BfE, (1996)
- 16 *Greiner, H.:*
Umrichter-Motoren
Sonderdruck SD 2996 der Firma Danfoss Bauer GmbH, D-73726 Esslingen
- 17 *Greiner, H.:*
Elektrische Antriebe mit Getriebe-Motoren
Publikation der Firma Danfoss Bauer GmbH, D-73726 Esslingen
- 18 Bericht über das 10. Ex-Sachverständigen-Seminar 1990 der Fa. ABB CEAG
- 19 *Greiner, H.:*
Installation und Instandhaltung von Getriebe-Motoren
Sonderdruck SD 2496 der Firma Danfoss Bauer GmbH, D-73726 Esslingen
- 20 *Nowak, K.:*
Instandsetzung von Motoren in Ex-Ausführung
de (1999) H.15 u. H.16
- 21 Code of Practice No. 300
Repair and Overhaul of Ex Electrical Apparatus
BEAMA / AEMT (British Electrotechnical and Allied Manufacturers' Association / Association of
Electrical and Mechanical Trades)
- 22 *Nowak, K.:*
Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche
Kommentar zu DIN EN 60079-17 (VDE 0165 Teil 10)
- 23 *Linström, H. J. u. A.:*
Explosionsschutzte elektrotechnische Betriebsmittel
VEB Verlag Technik, Berlin (1988)
- 24 *Nowak, K.:*
Historische Entwicklung des elektrischen Explosionsschutzes
de (2001) H.17
- 25 *Nowak, K.:*
Chronologie des Ex-Zeichens
de (2001) H.17
- 26 Sonderdruck der Fa. CEAG Cooper Crouse-Hinds
Explosionsschutz elektrischer Anlagen
20. Sachverständigen-Seminar (2000)
- 27 Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
Bundesgesetzblatt 2002 Teil I Nr. 70; 02.10.2002

- 28 Antragsmappe für die Anerkennung von befähigten Personen
www.rpa.de/dezernate → Abt. VII → Fach-Infos → BetrSichV → Antragsmappe
- 29 DIN EN 60079-17 (VDE 0165-10-1):06.2004
Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche
Teil 17: Prüfung und Instandhaltung
siehe auch Abschnitt 11 im Buch [31]
- 30 DIN EN 61241-17 (VDE 0165-10-2):01.2006
Elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in Bereichen mit brennbarem Staub
Teil 17: Prüfung und Instandhaltung
siehe auch Abschnitt 11 im Buch [31]
- 31 *Greiner, H. u.a.:*
Elektroinstallation und Betriebsmittel in explosionsgefährdeten Bereichen
Hüthig & Pflaum Verlag, Heidelberg (2006)
- 32 TRBS 1203
Technische Regeln für Betriebssicherheit
Befähigte Personen – Allgemeine Anforderungen
www.baua.de → suche TRBS 1203
- 32 TRBS 1203 Teil 1
Technische Regeln für Betriebssicherheit
Befähigte Personen – Besondere Anforderungen – Explosionsschutz
www.baua.de → suche TRBS 1203 Teil 1

Stichwortverzeichnis
(gesamt)

A	Abschnitt
Abgrenzung von Ex-Instandsetzungsarbeiten	36
Ablagerungen und Einschüttung (Staub-Ex)	24
Ableitwiderstand	25.1
Abstand am Lüfter	4.1
AFAS	31.3
Alleinschutz durch TMS	11.7
Allgemeine Bestimmungen für Ex "e" und "d"	4
Allgemeine Instandsetzungsarbeiten bei Ex	36.1
Altanlagen	2.8
Anbaubremse (EX)	13.1
Änderung der Nutform in einem Käfigläufer (Rep.)	39.6
Änderung einer Leitungseinführung	40.4
Ankoppelung, thermisch	11.7
Anlauf, häufig wiederkehrend	11.6
Anlauf, schwer	11.11
Anlaufhäufigkeit	11.10.3
Anschlusstechnik bei EEx d	6.4
Anstiegsgeschwindigkeit der Temperatur	11.9
Antragsmappe	31.3
Antragsmappe	31.3
Anwendungsbereich der Zündschutzart "n"	8.1
Arbeitgeber, zuständig für Zoneneinteilung	10
Artikel 137	2.2
Artikel 95	2.2
ATEX	2.2
ATEX 100a, grundsätzliche Anforderungen	10.6
Aufladungsvorgang	14.1
Ausfallursachen von Elektromotoren	32.2
Ausländische Ex-Vorschriften (Gas)	17
Auslösekennlinie (EX)	11.4.2
Auslöser, Schaltung	11.3.3
Auslöser, Zahl	11.3.3
Ausnützung des Motors bei VF	15.4
Aussetzbetrieb (EX)	11.2
Austausch der druckfesten Durchführungen	40.6
B	
Bauart und Prüfung (Allgemeine Bestimmungen)	4
Bauartzulassungsbescheinigung	1.2
Baubestimmungen (Staub-Ex)	25
Befähigte Person	36.2
Bemessungsleistung, reduziert bei T1 ... T4	5.3
Benannte Stellen	2.2
Beschaffenheit (EG-Richtlinie)	2.2
Besondere Betriebsarten	11.10
Besondere Instandsetzungsarbeiten bei Ex	36.2
Bestandschutz	2.8
Betriebsanleitung	14.6
Betriebsart bei Ex	11
Betriebssicherheitsverordnung	31
BetrSichV	34
Beurteilung der Explosionsgefahr	1.2
Bewertung von üblichen Instandsetzungsarbeiten	37
Bremsen in Zündschutzart "c"	14
Bremsung, mechanisch	13
Büschelentladung	25.1
C	
CENELEC	2.1
Conduit system	6.4

D	
Detailprüfung	33.5
Division nach NEC	10.7
Dreikantschrauben	38.7
Druckfeste Kapselung "d"	6
Durchschlagsspannung, Isolation	25.1
Durchschlagsspannung, Lackdrähte	5.8
E	
EG-Baumusterprüfbescheinigung	1
EG-Baumusterprüfbescheinigung, Muster "d"	6.5
EG-Baumusterprüfbescheinigung, Muster "e"	5.7
EG-Rahmenrichtlinie	2.2
EG-Richtlinie (EX)	2.2
Eigensicherheit	3
Einbau einer genormten Klemmenplatte (Rep.)	39.1
Einbau von Hilfsklemmen (Rep.)	39.7
Einbaubremse (EX)	13.2
Einführung, direkt	6.4
Einführung, indirekt	6.4
Einsatzgrenzen des Thermistorschutzes	11.9
Einsatzgrenzen für den stromabhängigen Motorschutz	11.6
Einschüttung in Staub	24
Einteilung von Gasen und Dämpfen	5.2
Elektrische Prüfungen nach der Instandsetzung	39.10
Elektrofachkraft	34
energiebegrenzt bei "n"	8.3
Energie-Einsparung durch VF	15.2
Epsilon Ex	2.6
Erhöhte Sicherheit "e"	5
Erhöhung des Luftspaltes (Rep.)	39.2
Errichten und Betrieb (EG-Richtlinie)	2.2
Errichtungsbestimmungen bei Staub-Ex	26.4
Erwärmungszeit t_E (Zeit t_E)	11.4
Europäische Normen (Ex)	2.1
Europäische Normen (Staub-Ex)	28
Explosionsgefahr durch Explosivstoffe	9.2
Explosionsgefahr durch Schlagwetter	9.1
Explosionsgrenzen (Staub-Ex)	19.2
Explosionsgruppen, Einteilung	6.2
Explosionsschutz (Allgemein)	1
Explosionsschutz (Einführung)	1
Explosionsschutz (Harmonisierung der Normen)	2
Explosionsschutzdokument	1.3
Explosionsschutzdokument	1.3
Explosionsschutz-Regeln	1.1
Explosivstoffe	9.2
Ex-Vorschriften (Ausland)	17
F	
Fallbeispiele bei Zündschutzart "d"	40
Fallbeispiele bei Zündschutzart "e"	39
Federdruckbremsen bei Ex	13
Flüssigkeitskapselung "k"	14.3
Funkenbildung im Betrieb	5.8
funkend bei "n"	8.3
Funktionsprüfung	11.15
Funktionsprüfung	11.15
Funktionsprüfung des Überlastungsschutzes	11.15
Funktionsprüfung TMS	11.7

G	
Gas-Explosionsschutz	II
Gerätegruppe	2.3
Gleitstielbüchelentladung	25.1
Glimmtemperatur	20.1
Grenztemperaturen	4.2
H	
Harmonisierung der Normen	2
Herstellereklärung	8.9
Hybride Gemische	20.4
I	
IEC 38 bei Ex	16
IEC 60079-19 (Reparatur und Überholung)	35
Industriestaubsauger	26.7
Instandhaltung bei Ex	IV
Instandhaltung bei Ex (Allgemein)	30
Instandsetzung bei Ex (lohnend)	32
Instandsetzung Getriebe	41
Instandsetzungsarbeiten (Bewertung bei Ex)	37
Instandsetzungsarbeiten (Fallbeispiele "d")	40
Instandsetzungsarbeiten (Fallbeispiele "e")	39
Instandsetzungsarbeiten, Abgrenzung	36
Instandsetzungsarbeiten, besondere	36.2
IP-Schutzart (EX)	4.3
IP-Schutzart und Zündschutzart	5.1
IP-Schutzgrad bei leitfähigem Staub	22
Isolationstechnische Schutzmaßnahmen	5.4
Isolationswiderstand	33.1
Isolierung von Lackdrähten (Rep.)	39.3
K	
Käfigzugfedertechnik	5.4
Kategorie 1	10.1
Kategorie 2	10.2
Kategorie 3	10.3
Kategorien (EX)	2.3
Kenngößen von brennbarem Staub	20.3
Kennzeichnung (alt)	2.4
Kennzeichnung (neu)	2.6
Kennzeichnung (Staub-Ex)	25.4
Kennzeichnung bei "n"	8.7
Konformitätsaussage	1.2
Konformitätsaussage	1.2
Konformitätsbescheinigung	1
Konformitätsbescheinigung, Muster	5.7
Konformitätsbescheinigung, pauschal	6.5
Konformitätsbewertung	14
Konformitätserklärung des Herstellers	8.9
Konstruktion (Bestimmungen bei EX)	4
Konstruktive Sicherheit "c"	14
Kontrollbescheinigung	1.2
Kurzzeitbetrieb (EX)	11.10
L	
läuferkritisch	11.8
Lebensdauer von Elektromotoren	32.1
Leitfähige Lüftungsteile	4.1
leitfähiger Staub	22
Lohnende Instandsetzung bei Ex	32
Lüfterrad aus Kunststoff statt Aluminium (Rep.)	39.4

M	
Mechanische Anforderungen	4.1
Mechanische Bremsung bei Ex	13
Mechanische Schutzmaßnahmen	5.5
Metallspritzen	40.3
Mindesterwärmungszeit	11.4
Mindestluftspalt	5.5
Mindestschutzarten	4.3
Mindest-Zündenergie (Staub-Ex)	19.4
Motoren mit betriebsmäßiger Funkenbildung	5.8
Motor-Preis, Wahl der Zündchutzart nach	12
N	
Nacharbeiten der Spaltflächen	40.3
Nachmessung der Zündspalte am Wellenaustritt	40.7
Nachträgliche Umstellung auf Umrichterbetrieb	40.5
Nahprüfung	33.5
nicht elektrische Betriebsmittel	14
nichtfunkend bei "n"	8.3
non-sparking	8.2
Nordamerikanische Vorschriften (Staub-Ex)	28
Normengeneration	38.2
Nummer des Prüfungsscheines	2.5
O	
Oberflächentemperatur (Staub-Ex)	23
Ölgefüllte Getriebegehäuse	14.3
P	
Pauschale Konformitätsbescheinigung	6.5
Phasenausfallempfindlichkeit	11.5
Phasenausfallschutz (Ex)	11.5
Preisrelation (Ex)	12
Prüfbescheinigungen durch benannte Stellen	5.7
Prüfbescheinigung nach Ex-Reparatur	38
Prüfpläne	33.5
Prüfstellen von Unternehmen (PSU)	34
Prüfumfang	33.5
Prüfung nach Instandsetzung	31.2
Prüfung und Kennzeichnung	5.6
Prüfungsschein	1
PSU (Prüfstellen von Unternehmen)	34
PTB-Prüfzeichen für den TMS	5.7
Q	
Qualifizierte Fachwerkstatt	34
Qualitätssicherungssystem	2.7
R	
Reparatur und Überholung (IEC 60079-19)	35
Rolandmühle	18
Rostnarben in den Spaltflächen	40.2
S	
Sachkundige für Ex	34
Sachverständige für Ex	34
Sachverständigenprüfung, Betrieb an 400 V	16.6
Sanftanlauf	11.12
Säubern von Spaltflächen	40.1
Schaltbetrieb (Ex)	11.10
Schichtdicke einer Isolation	25.1
Schild und Prüfbescheinigung nach Ex-Rep.	38
Schlagwetterschutz	9.1
Schlitzklemmen	5.4
schraubenlose Anschlussklemmen	5.4
Schutzdach	4.3

Schutzeinrichtung, Funktionsprüfung bei Ex	33.2
Schutzmaßnahmen, mechanisch	5.5
Schutzmöglichkeiten bei Elektromotoren	32.2
Schwadenhemmende Kapselung	14
schwadensicher bei "n"	8.3
Schweranlauf	11.11
Sichere Bauweise "c"	14.2
Sicherheitsabstand der Oberflächentemperatur	23.2
Sicherheitsabstand zur Glimmtemperatur	23.2
Sichtprüfung	33.5
Sonderanfertigung	38.2
Spaltflächen, Nacharbeit	40.3
Spannungsschwankung bei Ex	16.1
Spannungsspitzen bei PWM-Umrichter	15.9
ständerkritisch	11.8
Ständerkritische und läuferkritische Maschinen	11.8
Ständige Überwachung	33
Staubablagerung	24
Staubablagerungen, Beseitigung	26.7
Staubdichtheit (Staub-Ex)	22
Staubexplosionsschutz (Europannormen)	29.1
Staub-Explosionsschutz	III
Staub-Explosionsschutz (Einführung)	18
Staubexplosionsschutz in Nordamerika	29
Staubprüfung bei el. Maschinen	22.2
Staubschicht übermäßiger Dicke	24.3
Staub-Zündschutzarten	27
Stoßprüfung	4.1
Stoßspannungsprüfung	33.1
Stromüberwachung bei Dauerbetrieb S1	11.3
Stromüberwachung, Grenze	11.6
Struktur der EN (Staub-Ex)	28
T	
Tätigkeitsbereich der befähigten Person	31
Tätigkeitsbereich des Sachkundigen	31
Temperatur-Anstiegsgeschwindigkeit	11.9
Temperatur-Kenngrößen von Stäuben	20
Temperaturklasse	5.2
Temperaturklasse bei Stäuben	20.3
Temperaturüberwachung durch TMS	11.7
tE-Zeit (Zeit tE)	5.3
Thermische Schutzmaßnahmen	5.3
Thermischer Motorschutz (Ex)	11.7
Thermistor als Alleinschutz (Rep.)	39.8
Thermistorschutz (Ex)	11.7
TMS (Ex)	11.7
Toleranz der Bemessungsspannung	16.1
Tränkmittel	39.3
TRBS	37
U	
Überdruckkapselung "p"	7
Übergangsfristen	1.3
Überholung (IEC 60079-19)	35
Überlastungsschutz bei "d" und "e"	11.2
Überlastungsschutz bei Elektromotoren	11.1
Überprüfungen bei elektrischen Maschinen	33.4
Überstromschutzeinrichtung, Funktionsprüfung	33.2
Überwachen und Warten bei Ex	33
Umrichter, am Motor integriert	15.10
Umrichter-Motoren bei Ex	15
Umrichterspeisung	15
Umstellung des Lackdraht-Durchmessers (Rep.)	39.5

V	
vereinfachte Überdruckkapselung bei "n"	8.3
Verfahren "A" und "B"	29
Vergleich Staub – Gas	19
Verordnung ElexV	1
VIK	11.4
Vorschriften in Nordamerika (Staub-Ex)	28
Vorschriften zur Instandhaltung bei Ex	31
W	
Wahrscheinlichkeit eines Zündanlasses	5
Warten und Überwachen bei Ex	34
Weiterbetrieb	1.1
Weiterbetrieb in Staub-Ex-Bereichen	21.3
Wellendurchführung, zünddurchschlagsicher	6.1
Welt-Normspannung 400 V nach IEC 38 bei Ex	16
wiederkehrende Prüfung	33.5
Z	
Zahl und Qualität der Tränkung (Rep.)	39.9
Zeit t_E bei Zündschutzart "e"	11.4
Zertifikate	5.7
Zertifizierung (Staub-Ex)	27
Zonen	10
Zonen, Wahl der Zündschutzart nach	10
Zoneneinteilung (Staub-Ex)	21
Zugelassene Überwachungsstelle (ZÜS)	34
Zulassung (Staub-Ex)	27
Zünddurchschlag	6.1
Zündfähiger Staub	19.1
Zündschutzart "c"	14.2
Zündschutzart "k"	14.3
Zündschutzart "tD"	25
Zündschutzart (nach Betriebsart)	11
Zündschutzart (nach Motor-Preis)	12
Zündschutzart (nach Zonen)	10
Zündschutzart Druckfeste Kapselung "d"	6
Zündschutzart Erhöhte Sicherheit "e"	5
Zündschutzart Überdruckkapselung "p"	7
Zündschutzarten (anwendbar für Motoren)	3
Zündschutzmaßnahmen bei "n"	8.2
Zündschutzmethoden bei "n"	8.3
Zündtemperatur (Staub-Ex)	20.2
Zündtemperatur von Staub	20.2
ZÜS (Zugelassene Überwachungsstelle)	34
Zuständigkeit für Zoneneinteilung	21.4
ZVEH-Prüfbescheinigung	38
Zweileiterbetrieb	11.5