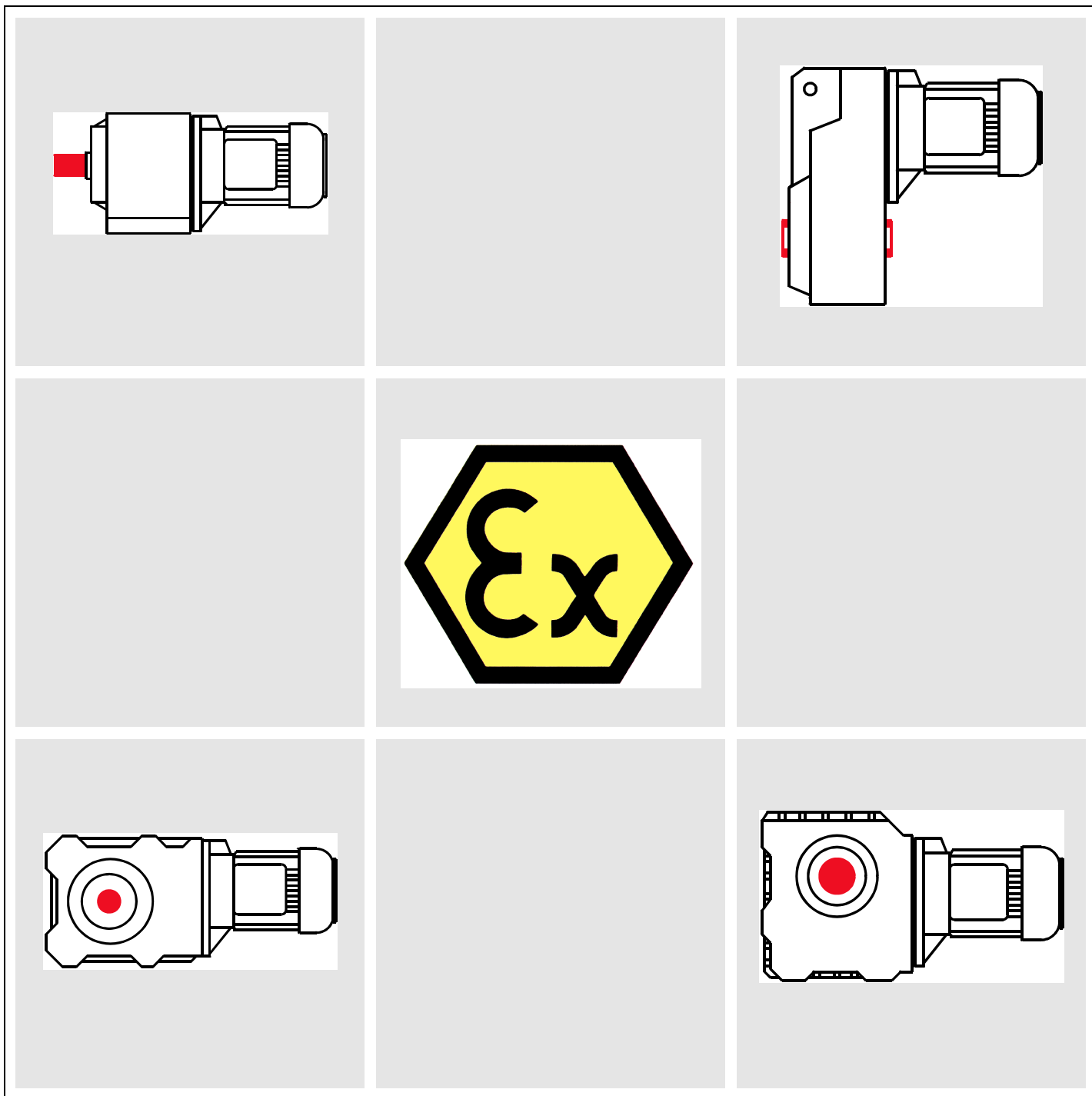


Getriebemotoren nach ATEX



Getriebemotoren nach ATEX

Obering. H. Greiner

Elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen wurden in Europa schon 1978 genormt. Mit ATEX wurde 1994 ein "neuer Ansatz" markiert, indem die grundsätzlichen Sicherheitsanforderungen in der Richtlinie 94/9/EU [1] festgelegt wurden. Diese Richtlinie wird sowohl für elektrische Betriebsmittel wie für nichtelektrische Geräte verbindlich, die ab 01.07.2003 in Verkehr gebracht werden.

In diesem Beitrag werden einige Gesichtspunkte für Getriebemotoren beschrieben.

1 Bedeutung von "ATEX"

ATEX	abgeleitet von A tmosphères ex plosibles; übliche Kurzbezeichnung unter Verwendung der Artikel-Nummer der Verträge zur Gründung der EU
ATEX 100a	Richtlinie 94/9/EG zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen; jetzt mit neuer Artikel-Nummer 95 daher korrekt ATEX 95 (jedoch weiterhin meist als ATEX 100a zitiert) verbindlich für das Inverkehrbringen ab 01.07.2003
ATEX 118a	Richtlinie 1999/92/EG über Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können; jetzt mit neuer Artikel-Nummer 137 daher korrekt ATEX 137 (jedoch weiterhin meist als ATEX 118a zitiert) verbindlich für Errichtung neuer Anlagen ab 01.07.2003 verbindlich für die Anpassung bestehender Anlagen ab 01.07.2006

2 Einteilung von Zonen und Kategorien

Damit festgelegt werden kann, in welchem Umfang Maßnahmen zur wirksamen Vermeidung von Zündquellen notwendig sind, müssen explosionsgefährdete Bereiche nach Häufigkeit und Dauer des Vorhandenseins explosionsfähiger Atmosphäre in **Zonen** eingeteilt werden.

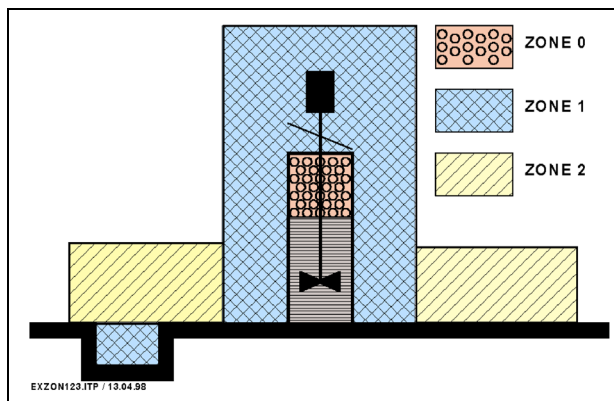


Bild 2

Rührwerk als Beispiel für die Zoneneinteilung nach IEC/EN 60079-10 (Schraffur der Bereiche entspricht der Norm; die Farbe ist nicht genormt)

Der Umfang der bei der Konstruktion der Betriebsmittel getroffenen Schutzmaßnahmen wird in **Kategorien** eingeteilt.

Explosionsfähige Atmosphäre	Einteilung der Zonen		Einteilung der Betriebsmittel	
	Zone	Häufigkeit und Dauer des Auftretens	Kategorie	Grad der Schutzmaßnahmen
Gas	0	ständig oder langfristig oder häufig	1 G	sehr hohes Maß an Sicherheit selbst bei selten auftretenden Gerätestörungen durch - zweite unabhängige Schutzmaßnahme; - Sicherheit bei zwei unabhängigen Fehlern
Staub			1 D	
Gas	1	mit gelegentlichem Auftreten im Normalbetrieb ist zu rechnen	2 G	hohes Maß an Sicherheit selbst bei häufigen Gerätestörungen
Staub			2 D	
Gas	2	im Normalbetrieb normalerweise nicht oder nur kurzzeitig	3 G	normales Maß an Sicherheit bei Normalbetrieb
Staub			3 D	

3 Erforderliche Zündschutzarten in den Zonen

Um die erforderliche Schutzmaßnahmen (Kategorien) zu erfüllen, würde ATEX erlauben, nur die grundsätzlichen Sicherheitsanforderungen der Richtlinie anzuwenden, ohne dabei einer besonderen Norm zu folgen. Elektrische Maschinen werden jedoch üblicherweise nach den anwendbaren Normen gebaut und geprüft und durch eine benannte Stelle zertifiziert.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die genormten Zündschutzarten und ihre Zuordnung zu den Zonen:

Zone	Explosionsfähige Atmosphäre	Zündschutzarten für Motoren	Normen für Konstruktion und Prüfung		Normen für Auswahl und Errichten	
			derzeit	künftig	derzeit	künftig
0	Gas	Zwei unabhängige Zündschutzarten z. B. "e" and "d" (Sonderausführung)	EN 50284	-	EN 60079-14	-
1	Gas	Allgemein EEx e EEx d EEx p	EN 50014 EN 50019 EN 50018 EN 50016	-	EN 60079-14	-
2	Gas	EEx nA oder nach 60079-14 Abschnitt 5.2.3	EN 50021	-	EN 60079-14	-
20	Staub	nicht zulässig (siehe Abschnitt 26.2 der Norm)	EN 50281-1-1	EN 61241-0 EN 61241-1	EN 50281-1-2	EN 61241-14
21	Staub	EEx tD	EN 50281-1-1	EN 61241-0 EN 61241-1	EN 50281-1-2	EN 61241-14
22	Staub	EEx tD	EN 50281-1-1	EN 61241-0 EN 61241-1	EN 50281-1-2	EN 61241-14

Folgende Zündschutzarten sind bei elektrischen Maschinen üblich:

- Erhöhte Sicherheit "e"
- Druckfeste Kapselung "d"
- Überdruckkapselung "p"
- Nichtfunkend "nA"
- 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 durch eine jahrzehntelange andere Normenpraxis (z. B. im angelsächsischen Ausland) zu erklären ist.

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

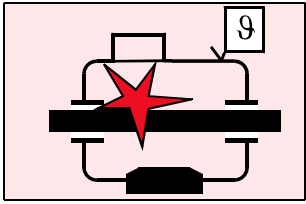
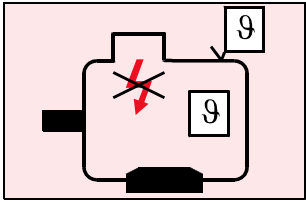
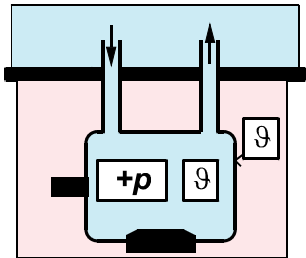
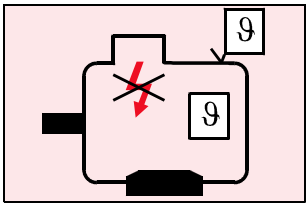
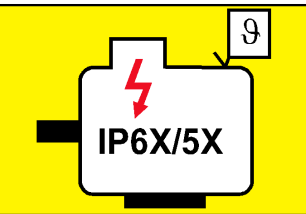
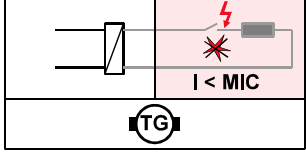
Symbol	Prinzip	Zündschutzart
d		<p>druckfeste Kapselung (flameproof enclosure)</p> <p>Eine Zündschutzart, bei der die Teile, die eine explosionsfähige Atmosphäre zünden können, in einem Gehäuse angeordnet sind, das bei der Explosion eines explosionsfähigen Gemisches im Inneren deren Druck aushält und eine Übertragung der Explosion auf die das Gehäuse umgebende explosionsfähige Atmosphäre verhindert.</p> <p>Übliche Anwendung: Umrichter gespeiste Käfigläufermotoren, Gleichstrommotoren</p>
e		<p>erhöhte Sicherheit (increased safety)</p> <p>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.</p> <p>Übliche Anwendung: Dehstrom-Käfigläufermotoren</p>
p		<p>Überdruckkapselung (pressurization)</p> <p>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.</p> <p>Übliche Anwendung: Große elektrische Maschinen aller Art</p>
nA		<p>Schwadensicher oder nichtfunkend "Zone-2-Betriebsmittel"</p> <p>(restricted breathing oder non-sparking)</p> <p>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.</p> <p>Übliche Anwendung: Drehstrom-Käfigläufermotoren</p>
tD		<p>IP-Gehäuse und Temperaturbegrenzung</p> <p>Alle in der zugehörigen Norm festgelegten sachdienlichen Maßnahmen (zum Beispiel Schutz gegen Staubeintritt und Begrenzung der Oberflächentemperatur), die an elektrischen Betriebsmitteln getroffen sind, um die Zündung einer Staubschicht oder Staubwolke zu verhindern.</p> <p>Übliche Anwendung: Drehstrom-Käfigläufermotoren</p>
i		<p>Eigensicherheit (intrinsic safety)</p> <p>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.</p> <p>Übliche Anwendung: Tacho-Generatoren</p>

Bild 3 Prinzip der bei umlaufenden elektrischen Maschinen anwendbaren Zündschutzarten

4 Drehzahlverstellung über Frequenzumrichter

Wie in vielen anderen Bereichen wird auch in der chemischen Verfahrenstechnik zunehmend die Forderung nach stufenloser Verstellung der Drehzahl gestellt.

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

4.1 Potential der Energieeinsparung

In einer Studie des Fraunhofer Institut Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI) wird abgeschätzt, dass die Energieverluste beim Betrieb von Pumpen (PUMPEN), Ventilatoren (VENT), Kompressoren (KOMPR) und sonstigen Antriebssystemen (SONST) bei kombiniertem oder gezieltem Einsatz von energiesparenden Elektromotoren (EEM), Drehzahlverstellung (VSD) und entsprechender Systemsteuerung in der Arbeitsmaschine (SYST) um bis zu 50 % abgesenkt werden könnten (Bild 12.1.1).

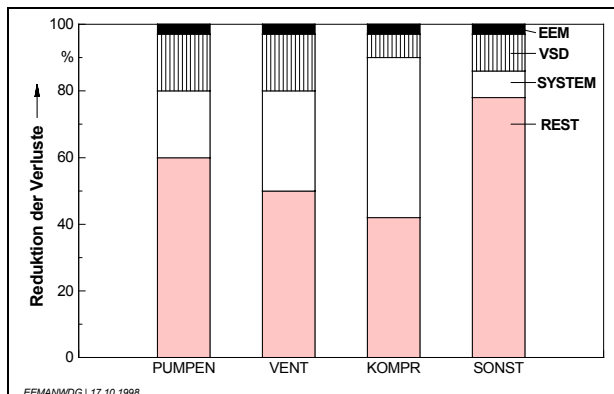


Bild 4.1
Potential der Verlustminderung
(Erläuterungen siehe Text)

4.2 Regeln für die Verwendung von umrichter gespeisten Motoren in Ex-Bereichen

Zwischen Motoren der Zündschutzarten "d" und "e" besteht ein wichtiger Unterschied: Bei "e" muss sowohl die Temperatur der Ständerwicklung wie auch im Rotor überwacht werden; bei "d" genügt es, wenn die äußere Oberflächentemperatur des Gehäuses unter der Grenztemperatur der Temperaturklasse des jeweiligen Gases gehalten wird.

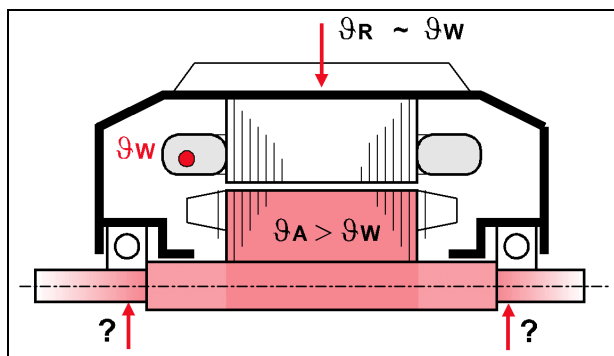


Bild 4.2
Grenzen für die Erfassbarkeit der tatsächlichen Temperaturen durch Thermistoren, die in die Wicklung eingebettet sind

ϑ_W Wicklung
 ϑ_R Gehäuse
 ϑ_A Alu-Käfig des Rotors

? die Temperatur am Wellenaustritt muss durch den Hersteller überprüft werden

4.2.1 Zündschutzart "d"

In den Errichtungsbestimmungen EN 60079-14 und in einer in der nächsten Ausgabe vorgesehenen Anmerkung 3 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."

Anmerkung 3: Eine Schutzeinrichtung mit stromabhängiger Zeitverzögerung wird nicht als eine "andere wirksame Maßnahme" angesehen.

4.2.2 Zündschutzart "e"

Die folgende Anforderung stammt aus EN 60014, Abschnitt 11.2.4, ergänzt durch eine Anmerkung, die in der nächsten Ausgabe vorgesehen ist:

"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."

Anmerkung: Zusätzliche Angaben über die Anwendung von umrichtergespeisten Motoren sind in IEC 60034-17 enthalten. Hauptthemen sind Übertemperatur-, Hochfrequenz- und Überspannungseinwirkungen sowie Lagerströme."

4.2.3 Vorteile der druckfest gekapselten Motoren bei Umrichterspeisung

Für die Kombination eines Motors der Zündschutzart "e" mit einem modifizierten und festgelegten Umrichter ist ein aufwändiges und teures Abnahmeverfahren bei einer **"benannten Stelle"** nötig, die dann eine **EG-Baumusterprüfbescheinigung** ausstellt.

Beim Motor der Zündschutzart "d" erstellt der **Hersteller** eine **EG-Konformitätserklärung** und der Anwender einen geeigneten Umrichter beliebiger Art und Herkunft auswählen.

Das letztere Verfahren wird von der Mehrheit der Maschinenhersteller und Betreiber bevorzugt.

5 Nichtelektrische Geräte zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen

Der neue Ansatz in ATEX enthält detaillierte Festlegungen für

- nichtelektrische Geräte zur Verwendung in Bereichen mit Explosionsgefahr
- Betriebsmittel zur Verwendung in Bereichen mit brennbarem Staub.

Über den Staubexplosionsschutz wird an getrennter Stelle berichtet.

Schadensstatistiken wie z. B. Bild 5 zeigen, dass es gute Gründe gab, den Explosionsschutz für nichtelektrische Geräte in den Gesamtrahmen der ATEX einzubeziehen.

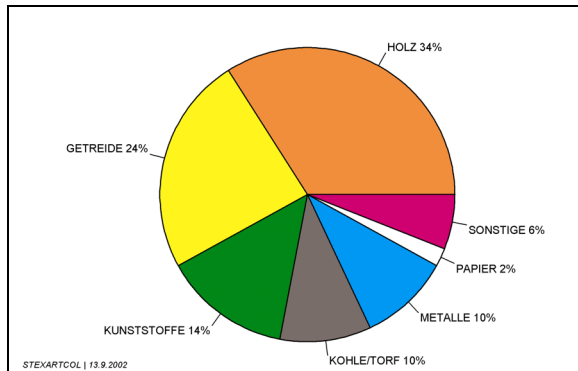


Bild 5.1
Anteil der Staubarten an Staubexplosionen
(Basis 1977; Statistik nicht weitergeführt)

Ab 01.07.2003 dürfen nur noch mechanische Betriebsmittel ("Geräte") in Verkehr gebracht werden, die den Anforderungen der ATEX 100a (95) entsprechen. In der ATEX und der ExVO ist definiert:

"Als Geräte gelten Maschinen, Betriebsmittel, stationäre oder ortsbewegliche Vorrichtungen, Steuerungs- und Ausrüstungsteile sowie Warn- und Vorbeugungssysteme, die einzeln oder kombiniert zur Erzeugung, Übertragung, Speicherung, Messung, Regelung und Umwandlung von Energien und zur Verarbeitung von Werkstoffen bestimmt sind und die eigene potentielle Zündquellen aufweisen und dadurch eine Explosion verursachen können."

Die Festlegung gilt also für das Getriebeteil eines Getriebemotors; aber auch für die angetriebenen Verarbeitungsmaschinen und Anlagen, wenn diese in explosionsgefährdeten Bereichen aufgestellt sind. Für die angetriebene Maschine ist vom Hersteller gemäß der vorhergehenden Zeile "**Konformitätsnachweis**" eine "**Bewertung der Zündgefahr**" vorzunehmen und zu dokumentieren; diese Aufgabe wird vereinfacht, wenn für die Komponente "Getriebemotor" eine eigene Bewertung durchgeführt wurde. Diese Bewertung kann allein nach den Anforderungen der ATEX vorgenommen werden; die "Vermutungswirkung" spricht aber für das Produkt, wenn eine Norm oder ein Normentwurf zu Grunde liegt.

Für die Bewertung der Getriebe an Getriebemotoren wurden beispielsweise u.a. folgende Normen / Entwürfe beachtet:

EN 1127	Explosionsschutz; Grundlagen und Methodik
EN 13463	Nichtelektrische Geräte zum Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen
EN 13463-1	Grundlagen
EN 13463-5	Konstruktive Sicherheit
EN 13463-8	Flüssigkeitskapselung

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 5.2 Beispiel für die Kennzeichnung
Kennzeichen 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
D	Bereiche mit brennbarem Staub
T<160 °C	maximale Oberflächentemperatur bei Bewertung berücksichtigte Normen
EN	

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

Mit Bild 5.3 wird versucht, das jeweilige Prinzip der sieben Zündschutzarten deutlich zu machen.

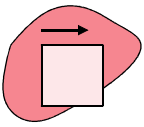
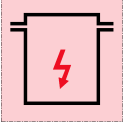
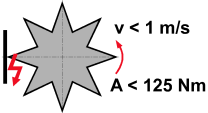
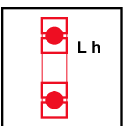
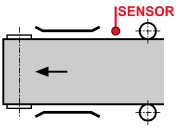
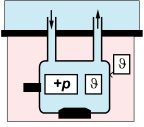
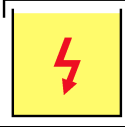
- 2	fr	Schwadenhemmende Kapselung	
- 3	d	Druckfeste Kapselung	
- 4	i	Eigensicherheit	
- 5	c	Konstruktive Sicherheit	
- 6	b	Zündquellenüberwachung	
- 7	p	Überdruckkapselung	
- 8	k	Flüssigkeitskapselung	

Bild 5.3 Prinzip der Zündschutzarten bei nichtelektrischen Betriebsmitteln;
Normenreihe EN 13463 (z. Zt. Entwurf)

Die von einem nichtelektrischen Gerät ausgehenden Zündgefahren sind zu bewerten und zu dokumentieren. 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

Literaturhinweise

- 1 Richtlinie 94/9/EC vom 23. März 1994
zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen
www.europa.eu.int/comm/enterprise/atex
- 2 Richtlinie 1999/92/EG vom 16 Dezember 1999
über Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphäre gefährdet werden können
www.europa.eu.int/comm/enterprise/atex
- 3 *Greiner, H.:*
Explosionsschutz bei Getriebemotoren
Publikation SD 302 der Danfoss Bauer GmbH, D-73726 Esslingen