

# Getriebemotoren nach ATEX

## Anwendung der Ex-Richtlinien und Auswirkungen auf die angetriebenen Geräte

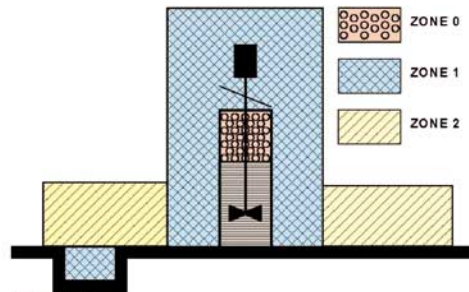
Helmut Greiner

**In Kürze werden die ATEX-Richtlinien für den Betrieb elektrischer und nichtelektrischer Betriebsmittel alleinige Gültigkeit haben. Die Normen legen Zonen und Kategorien fest, sie definieren Zündschutz- und Betriebsarten. Auch für den Betrieb von Elektromotoren mit und ohne Frequenzumrichter bzw. Getriebe gibt es einige Punkte zu beachten.**

Für elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen gab es bereits 1978 in Europa einige Normen. Mit ATEX entstand 1994 ein »neuer Ansatz« (Tabelle 1). Die grundsätzlichen Sicherheitsanforderungen wurden in der Richtlinie 94/9/EU festgelegt [1]. Diese Richtlinie gilt sowohl für elektrische Betriebsmittel wie auch für nichtelektrische Geräte, die ab 1.7.2003 in Verkehr gelangen.

### Einteilung von Zonen und Kategorien

Um festlegen zu können, welchen Umfang die Maßnahmen zur wirksamen Vermeidung von Zündquellen erfordern, muss man explosionsgefährdete Bereiche nach Häufigkeit und Dauer des Vorhandenseins einer explosionsfähigen



**Bild 1: Rührwerk als Beispiel für die Zoneneinteilung nach IEC/EN 60079-10; die Schraffur der Bereiche entspricht der Norm, die Farbe der Bereiche ist nicht genormt**

Atmosphäre in Zonen einteilen (Bild 1, Tabelle 2). ATEX würde erlauben, nur die grundsätzlichen Sicherheitsanforderungen der Richtlinie anzuwenden, ohne dabei einer besonderen Norm zu folgen, um die erforderliche Schutzmaßnahmen gemäß der Kategorien zu erfüllen. Elektrische Maschinen werden jedoch üblicherweise nach den anwendbaren Normen gebaut und geprüft und durch eine benannte Stelle zertifiziert (Tabelle 3).

Folgende Zündschutzarten sind bei elektrischen Maschinen üblich:

- Erhöhte Sicherheit »e«
- Druckfeste Kapselung »d«
- Überdruckkapselung »p«
- Nichtfunkend »nA«
- Staubexplosionsschutz »tD«

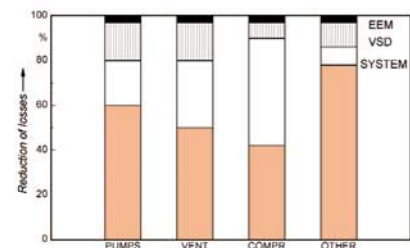
Ihre Anwendung ergibt sich aus der Art der explosionsfähigen Atmosphäre und der Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens (Tabelle 2, Tabelle 4).

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, deren Begründung teilweise auf technischen oder wirtschaftlichen Grundlagen beruht, teilweise aber in bestimmten Betriebserfahrungen oder jahrzehntelanger anderer Normenpraxis, z.B. im angelsächsischen Ausland, ihre Erklärung hat.

### Drehzahlverstellung über Frequenzumrichter

Die stufenlose Verstellung der Drehzahl dient in der chemischen Verfahrenstechnik wie in vielen anderen Bereichen dazu, Prozesse entsprechend energieoptimiert und feinfühlig zu betreiben und zu regeln. Dem entsprechend, müssen fre-



**Bild 2: Potential der Verlustminderung nach einer Studie des Fraunhofer Institut Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI); PUMPS = Pumpen, VENT = Ventilatoren, COMPR = Kompressoren, OTHER = sonstige Antriebssysteme, EEM = energiesparende Elektromotoren, VSD = Drehzahlverstellung, SYSTEM = Systemsteuerung in der Arbeitsmaschine**

Obering, H. Greiner, Aichwald

### ATEX

Bezeichnung		»Artikel nummer«	Verbindlichkeit	Beschreibung
üblich	korrekt			
ATEX 100a	ATEX 95	95	Inverkehrbringen ab 1.7.2003	Richtlinie 94/9/EG zur Angleichung der Rechtsvorschriften der EU-Mitgliedsstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen
ATEX 118a	ATEX 137	137	Errichtung neuer Anlagen ab 1.7.2003; Anpassung bestehender Anlagen ab 1.7.2003	Richtlinie 1999/92/EG über Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können

**Tabelle 1: »ATEX« leitet sich ab von Atmosphères explosibles; übliche Kurzbezeichnung unter Verwendung der Artikelnummer der Verträge zur Gründung der EU**

quenzgesteuerte Antriebe auch im Ex-Bereich den Anforderungen der Norm genügen. Abgesehen von geringen Abweichungen in der Wicklungsauslegung gleichen frequenzgesteuerte Drehstrommotoren voll auf den listenmäßigen Motoren. Bei vollkommenem Schutz gegen Staub und Strahlwasser (Schutzart IP65)

erlauben sie ohne weiteres eine Aufstellung auch unter sehr schwierigen Umweltbedingungen.

Die für eine stufenlose Drehzahlverstellung erforderlichen komplizierten und empfindlichen Bauelemente befinden sich im Frequenzumrichter unabhängig vom Aufstellungsort des An-

## Zonen und Kategorien

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	1G	»sehr hohes Maß an Sicherheit selbst bei selten auftretenden Gerätestörungen durch <ul style="list-style-type: none"> <li>• zweite unabhängige Schutzmaßnahme</li> <li>• Sicherheit bei zwei unabhängigen Geräten«</li> </ul>
Staub	20		1D	
Gas	1	mit gelegentlichem Auftreten im Normalbetrieb ist zu rechnen	2G	hohes Maß an Sicherheit selbst bei häufigen Gerätestörungen
Staub	21		2D	
Gas	2	im Normalbetrieb nicht oder nur kurzzeitig	3G	normales Maß an Sicherheit bei Normalbetrieb
Staub	22		3D	

**Tabelle 2: Der Umfang der bei der Konstruktion der Betriebsmittel getroffenen Schutzmaßnahmen wird in Kategorien eingeteilt.**

## Normenauswahl

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« und »d« (Sonderausführung)	EN 50284	–	EN 60079-14	–
1		Allgemein Eex e Eex d Eex p	EN 50014 EN 50019 EN 50018 EN 50016	–		
2		Eex nA oder nach 60079-14 Abschnitt 5.2.3	EN 50021	–		
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		Eex tD	EN 50281-1-1	EN 61241-0 EN 61241-1		
22		Eex tD	EN 50281-1-1	EN 61241-0 EN 61241-1		

**Tabelle 3: Genormte Zündschutzarten und ihre Zuordnung zu den Zonen**

## Zündschutzarten Symbolik

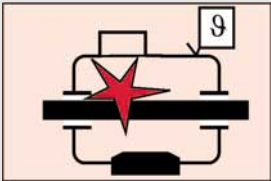
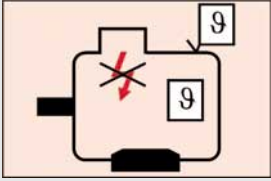
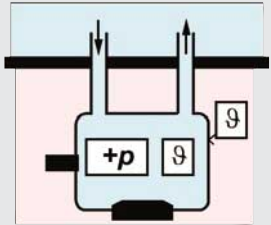
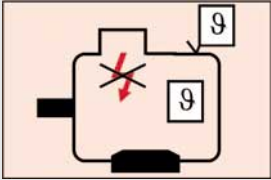
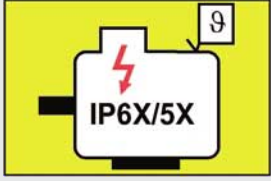
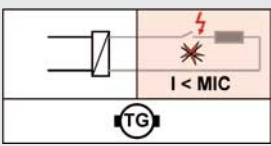
Sym- bol	Prinzip	Zündschutzart		
		Bezeichnung	Beschreibung	Anwendung
d		druckfeste Kapselung (flameproof enclosure)	Eine Zündschutzart, bei der die Teile in einem Gehäuse angeordnet sind, die eine explosionsfähige Atmosphäre zünden können. Das Gehäuse hält bei der Explosion eines explosionsfähigen Gemisches im Inneren deren Druck aus und verhindert eine Übertragung der Explosion auf die explosionsfähige Atmosphäre, welche das Gehäuse umgibt.	Umrichter- gespeiste 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 zu verhindern, bei denen diese im normalen Betrieb nicht auftreten.	Drehstrom-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.	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 erreicht wird, dass die Betriebsmittel nicht in der Lage sind, eine umgebende explosionsfähige Atmosphäre zu zünden. Die Bedingungen legt die Norm fest.	Drehstrom-Käfigläufermotoren
tD		IP-Gehäuse und Temperaturbegrenzung	Alle in der zugehörigen Norm festgelegten sachdienlichen Maßnahmen, z. B. Schutz gegen Staubeintritt und Begrenzung der Oberflächentemperatur, die an elektrischen Betriebsmitteln getroffen sind, um die Zündung einer Staubschicht oder Staubwolke zu verhindern.	Drehstrom-Käfigläufermotoren
i		Eigensicherheit (intrinsic safety)	Eigensicher ist ein Stromkreis, in dem weder ein Funke noch ein thermischer Effekt gemäß den in der Norm festgelegten Bedingungen auftreten, die eine Zündung einer bestimmten explosionsfähigen Atmosphäre verursachen können. Die normgerechten Bedingungen umfassen den ungestörten Betrieb und bestimmte Fehlerbedingungen.	Tachogeneratoren

Tabelle 4: Prinzip der bei umlaufenden elektrischen Maschinen anwendbaren Zündschutzarten

triebs in einem ungefährdeten, leicht zugänglichen und zu beaufsichtigenden Maschinenraum oder im Schaltschrank. Ein »Zwischennetz« verbindet Speisquelle und Motor.

Nur wenige Lösungen für eine stufenlose Drehzahlverstellung bieten so wie der frequenzgesteuerte Drehstrom-Asynchron-Motor die räumliche Trennung der Verstell- von den Antriebselementen.

Bei gezieltem Einsatz von entsprechender Systemtechnik lässt sich die Verlustenergie in der Arbeitsmaschine um bis zu 50 % senken (Bild 2).

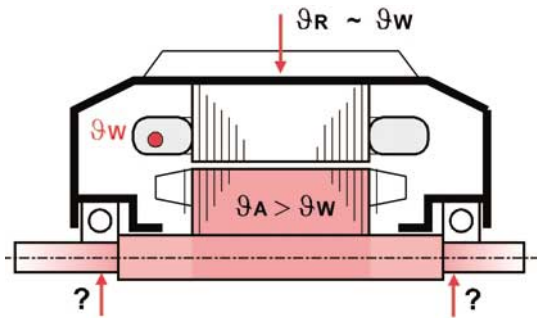
### Regeln für die Verwendung umrichter- gespeister Motoren in Ex-Bereichen

Der Unterschied zwischen Motoren der Zündschutzarten »d« und »e« besteht

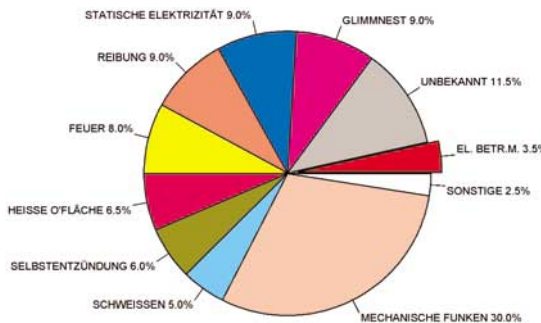
darin, dass bei »e« sowohl die Temperatur der Ständerwicklung wie auch im Rotor überwacht werden muss; bei »d« genügt es, wenn die äußere Oberflächentemperatur des Gehäuses unter der Grenztemperatur der Temperaturklasse des jeweiligen Gases bleibt (Bild 3).

### Zündschutzart »d«

Die Errichtungsbestimmungen in der EN 60079-14 legen in Abschnitt 10.4



**Bild 3: Grenzen für die Erfassbarkeit der tatsächlichen Temperaturen durch Thermistoren, die in die Wicklung eingebettet sind; ( $\vartheta_W$  = Temperatur der Wicklung, ( $\vartheta_R$  = Temperatur Gehäuse, ( $\vartheta_A$  = Temperatur im Aluminiumkäfig des Rotors, ? = die Temperatur am Wellenausstritt muss durch den Hersteller überprüft werden**



**Bild 4: Anteil der Zündquellen an Staubexplosionen (Basis 1977; Statistik nicht weitergeführt)**

fest, dass Motoren, die mit veränderlicher Frequenz und Spannung gespeist werden,

- entweder die Mittel oder Ausrüstung für die direkte Temperaturüberwachung durch eingebettete Temperaturfühler oder andere wirksame Methoden zur Begrenzung der Oberflächentemperatur des Motorgehäuses haben. Die Motordokumentation muss die Temperaturfühler beschreiben. Die Schutzeinrichtung muss den Motor abschalten. Die Kombination von Motor und Umrichter braucht nicht zusammen geprüft zu werden; oder
- für diese Betriebsart mit der vorgesehenen Schutz-einrichtung und in Verbindung mit dem Umrichter als Ganzes eine Baumusterprüfung bestanden haben. Den Typ des Umrichters legen die nach IEC 60079-0 geforderten Beschreibungen fest.



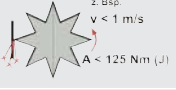

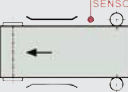
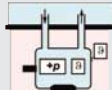

**Anmerkung:** In einigen Fällen entsteht die höchste Oberflächentemperatur an der Motorwelle.

## Normen

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

**Tabelle 5: Normen und Entwürfe, nach denen sich die Getriebe an Getriebemotoren hinsichtlich ihrer Einsatzfähigkeit in ex-gefährdeten Bereichen einsetzen lassen**

## Zündschutzarten

EN 13463 Teil	Symbol	Bezeichnung	Prinzip
-2	fr	Schwadenhemmende Kapselung	
-3	d	Druckfeste Kapselung	
-4	i	Eigensicherheit	
-5	c	Konstruktive Sicherheit	
-6	b	Zündquellenüberwachung	
-7	p	Überdruckkapselung	
-8	k	Flüssigkeitskapselung	

**Tabelle 6:** Die im Entwurfstadium befindliche Norm EN 13463 »Nichtelektrische Geräte zum Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen« sieht sieben Zündschutzarten vor

## Bewertung und Dokumentation

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

**Tabelle 7:** Hersteller und/oder eine benannte Stelle müssen die Geräte bewerten

### Zündschutzart »e«

Die EN 60014 fordert in Abschnitt 11.2.4, dass »Motoren zur Speisung durch Umrichter mit veränderlicher Frequenz und Spannung für diesen Betrieb als Einheit mit dem ... festgelegten Umrichter und mit der vorgesehenen Schutzeinrichtung geprüft und bescheinigt werden«.

**Anmerkung 1:** Zusätzliche Angaben über die Anwendung von umrichtergespeisten Motoren enthält die IEC 60034-17. Hauptthemen sind Übertemperatur-, Hochfrequenz- und Überspannungseinwirkungen sowie Lagerströme.

**Anmerkung 2:** Bei Motoren mit Anschlusskästen in der Zündschutzart »e« muss man bei Anwendung von Umrichtern mit Hochfrequenzimpulsen sorgfältig darauf achten, dass Überspannungsspitzen und Übertemperaturen in den Anschlussgehäusen entstehen können.

**Anmerkung 3:** Eine Schutzeinrichtung mit stromabhängiger Zeitverzögerung entspricht keiner »anderen wirksamen Maßnahme«.

Die Verwendung von druckfest gekapselten Motoren ergibt bei Umrichterspeisung einige Vorteile. Die Kombination eines Motors der Zündschutzart »e« mit einem modifizierten und festgelegten Umrichter erfordert ein aufwändiges und teures Abnahmeverfahren bei einer »benannten Stelle«. Diese stellt dann eine EG-Baumusterprüfbescheinigung aus.

Beim Motor der Zündschutzart »d« erstellt der Hersteller eine EG-Konformitätserklärung. Der Anwender kann einen geeigneten Umrichter beliebiger Art und Herkunft auswählen. Die Mehrheit der Maschinenhersteller und Betreiber bevorzugt aus diesem Grund das letztere Verfahren.

<b>BAUER</b> 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 <sub>1</sub>	/min
max. M <sub>2</sub>	Nm
max. P	kW
BF/SF f <sub>B</sub>	

**Bild 5: Beispiel für die Kennzeichnung eines Getriebemotors:** ⊕ = 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, EN = bei Bewertung berücksichtigte Normen

## Nichtelektrische Geräte in explosionsgefährdeten Bereichen

Der »neue Ansatz« in ATEX enthält detaillierte Festlegungen für

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

Schadensstatistiken zeigen, dass es gute Gründe gab, den Explosionsschutz für nichtelektrische Geräte in den Gesamtrahmen der ATEX einzubeziehen (Bild 4). Ab 1.7.2003 dürfen nur noch mechanische Betriebsmittel (»Geräte«) in Verkehr gelangen, die den Anforderungen der ATEX 100a (95) entsprechen.

Die ATEX definieren die Geräte als »... 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 potenzielle Zündquellen aufweisen und dadurch eine Explosion verursachen können.«

Die Festlegung gilt also für das Getriebeteil einer Antriebseinheit sowie für die angetriebenen Verarbeitungsmaschinen und Anlagen, wenn sich diese in explosionsgefährdeten Bereichen befinden. Für die angetriebene Maschine muss der Hersteller eine »Bewertung der Zündgefahr« vornehmen und diese dokumentieren. Die Aufgabe vereinfacht sich, wenn für die Komponente »Getriebemotor« eine eigene Bewertung durchgeführt wurde. Die Bewertung des Getriebemotors kann allein nach den Anforderungen der ATEX erfolgen. Die »Vermutungswirkung« der Bewertung erhält aber einen höheren Stellenwert, wenn ihr eine Norm oder ein Normentwurf zu Grunde liegen. Für die Bewertung der Getriebe an Getriebemotoren gibt es wiederum eine Reihe von Normen bzw. Entwürfen (Tabellen 5, 6 und 7, Bild 5).

[www.europa.eu.int/comm/enterprise/atex](http://www.europa.eu.int/comm/enterprise/atex)