

Drehstrommotoren an der neuen Normspannung 400 V
Teil 2: Ex-Motoren in den Zündschutzarten "d" oder "e"



Drehstrommotoren an der neuen Normspannung 400 V

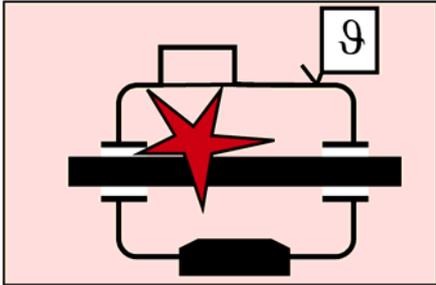
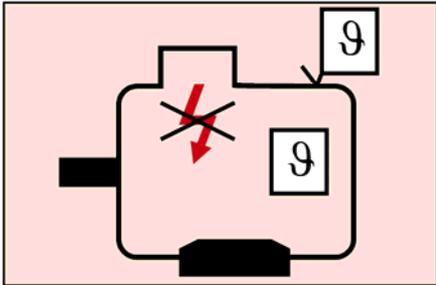
Teil 2 : Ex-Motoren in den Zündschutzarten "d" oder "e"

Obering. H. Greiner

Für den Betrieb von elektrischen Antrieben in explosionsgefährdeten Bereichen gelten besondere Normen und gesetzliche Vorschriften. Der Weiterbetrieb eines für 380 V gewickelten und auf dem Schild gekennzeichneten Motors ist nicht nur unter dem Gesichtspunkt der Lebensdauer und Funktion zu entscheiden: Da die Sicherheit und der Explosionsschutz einer Anlage beeinträchtigt sein können, sind die relevanten Daten durch den Hersteller oder einen unabhängigen Sachverständigen zu ermitteln und zu dokumentieren. Das Ergebnis dieser Prüfung ist als Werksbescheinigung (bei der Zündschutzart "d") oder in der Prüfbescheinigung einer amtlich anerkannten befähigten Person des Herstellers als Ergänzung zur EG – Baumusterprüfbescheinigung (bei der Zündschutzart "e") zu bestätigen.

7 Unterschiede der Zündschutzarten "d" und "e"

Für die Prüfung der Zulässigkeit des Weiterbetriebs gelten bei den beiden überwiegend eingesetzten Zündschutzarten unterschiedliche Gesichtspunkte. Es werden daher zunächst die genormten Definitionen der beiden Zündschutzarten wiederholt:

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

Sowohl bei der **Neubeschaffung** wie beim **Weiterbetrieb** ergibt sich für die Zündschutzarten "d" und "e" eine sehr unterschiedliche Betrachtungsweise (Toleranzbereiche "A" und "B" siehe Teil 1, Abschnitt 2):

- Zündschutzart "d":**
Betrieb im Bereich "B" zulässig. Erwärmungsprüfung für die **Oberfläche** an den Eckpunkten des Bereiches "B" (vgl. Abschnitt 10.2).
- Zündschutzart "e":**
Betrieb im Bereich "A" zulässig. Erwärmungsprüfung für die **Wicklung** im Bemessungspunkt "RP" (vgl. EN 50019:2000 bzw. EN 60079-7:2003; Tabelle 3).
Die Einstellung des **Motorschutzrelais (MR)** als elementarer Bestandteil der Zündschutzart "e" ist zu beachten.

8 Neubeschaffung

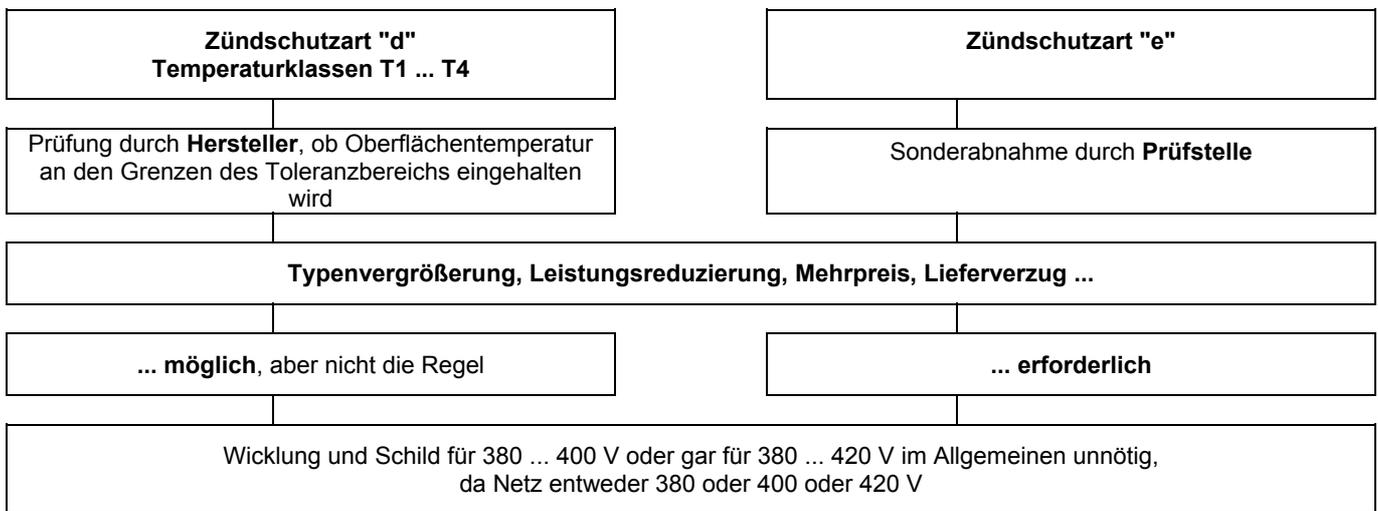
Für die Neubeschaffung von explosionsgeschützten Drehstrommotoren kann nach dem derzeitigen Stand folgende Empfehlung gegeben werden :

8.1 Wicklung und Schild für 400 V

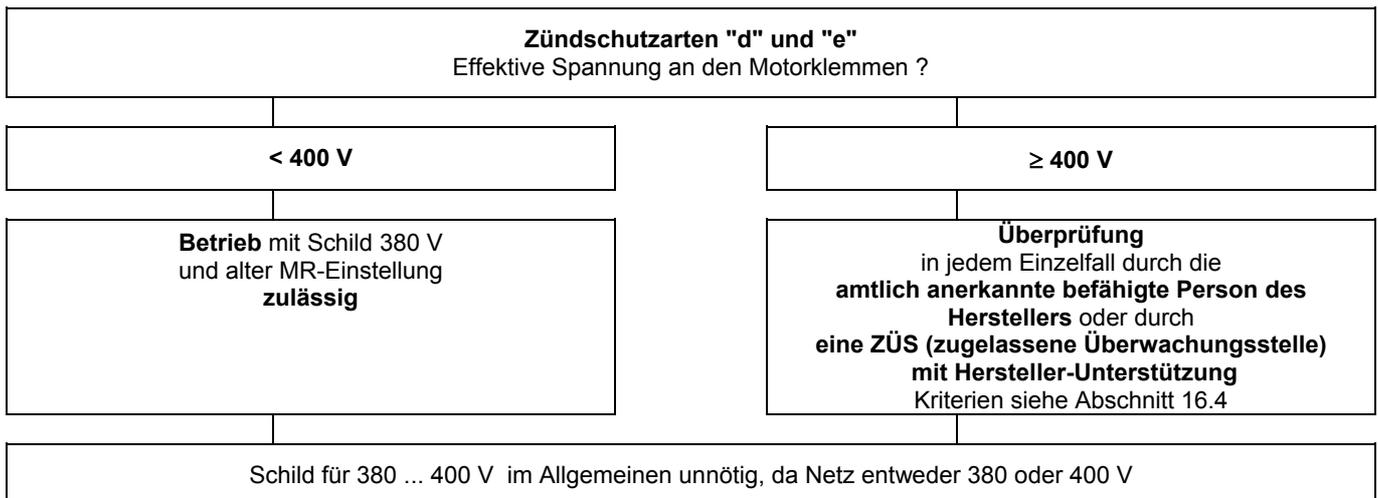
- Zulässige **Spannungsschwankung** : $400\text{ V} \pm 5\%$ = 380 ... 420 V
- Netz 380 V zulässig**, sofern Klemmenspannung $\geq 380\text{ V}$
- Vorhandene **Konformitätsbescheinigung** schließt 400 V ein, sofern höchste bescheinigte Bemessungsspannung $\geq 400\text{ V}$
- Kein Mehrpreis**
- Normale Lieferzeit**

8.2 Wicklung und Schild für 400 V $\pm 10\%$

Nur erforderlich, um formal mit der neuen Netzbezeichnung ab dem Jahr 2003 (2008) übereinzustimmen.



9 Weiterbetrieb



9.1 Zündschutzart "d"

Hersteller prüft, ob Erwärmungsgrenzen bei Neubeschilderung für 400 V eingehalten ? Prüfkriterien siehe Abschnitt 10	
JA	NEIN
Hersteller-Erklärung Neues Leistungsschild MR-Einstellung prüfen	Neue Wicklung für 400 V Neues Leistungsschild Neue MR-Einstellung

9.2 Zündschutzart "e"

Kleine Motoren
Neuwicklung oder neuen Motor für 400 V Neues Leistungsschild Neue MR-Einstellung
Mittlere und große Motoren
<i>Hersteller</i> prüft, ob Umrechnung oder Ergänzungsprüfung innerhalb thermischer Reserven möglich – Prüfkriterien siehe Abschnitt 16.4 <i>benannte Stelle</i> erstellt Umschreibung der Konformitätsbescheinigung Neue MR-Einstellung
oder
<i>Amtlich anerkannte befähigte Person des Herstellers</i> prüft, ob Weiterbetrieb mit evtl. geänderter MR-Einstellung zulässig [3.23]

10 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:

10.1 Zündschutzarten "d" und "e"

Max. zulässige **Grenztemperaturen** an

- Isolierung von Durchführungen
- Kabeleinführungen
- Aderverzweigungen
- Dichtungen am Anschlusskasten
- Kunststoffteilen

10.2 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 bzw. EN 60079-0, 26.5.1	195	130	95	80

Zeilen 3 oder 4 sind wahlweise anzuwenden

10.3 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 10.3 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.

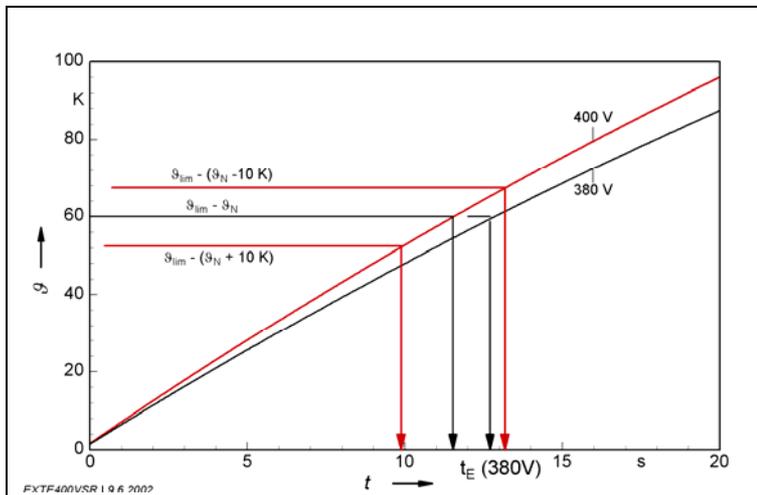


Bild 10.3
Beispiel für die Änderung der Zeit t_E bei Betrieb eines 380-V-Motors an 400 V

11 Leistungsfaktor als Maßstab für die optimale Flussdichte

Das im Abschnitt 5 von Teil 1 beschriebene Verfahren setzt entsprechende Messungen unter Nennlast voraus, die i. A. nur vom Hersteller im Zuge der Typentwicklung durchgeführt werden. Ein Urteil über die Weiterverwendbarkeit eines Motors am neuen 400-V-Netz macht also eine Rücksprache mit dem Hersteller erforderlich. Wünschenswert ist daher ein Verfahren, das eine sofortige Beurteilung anhand der Leistungsschildangaben erlaubt. Der Leistungsfaktor sagt aus, wo die magnetische Flussdichte (Induktion) im Bemessungspunkt relativ zum Optimum liegt:

Niedriger Leistungsfaktor \Rightarrow hoher Blindstromanteil \Rightarrow oberhalb Optimum
 Hoher Leistungsfaktor \Rightarrow niedriger Blindstromanteil \Rightarrow unterhalb Optimum

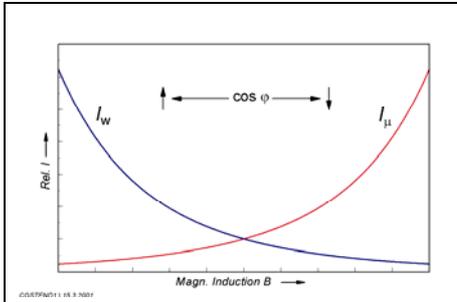


Bild 11.1
 Leistungsfaktor als Maßstab für die optimale Flussdichte

In einer grundlegenden Untersuchung [2.4] hat Grass den Zusammenhang zwischen Leistungsfaktor und Stromaufnahme (Übertemperatur) bei erhöhter Spannung aufgezeigt. Eine Auswertung von etwa 70 Messungen bei Danfoss Bauer hat diese Zusammenhänge weitgehend bestätigt. Der Leistungsfaktor sagt aus, wo die magnetische Flussdichte (Induktion) im Bemessungspunkt relativ zum "Optimum" liegt (Bild 11.2) :

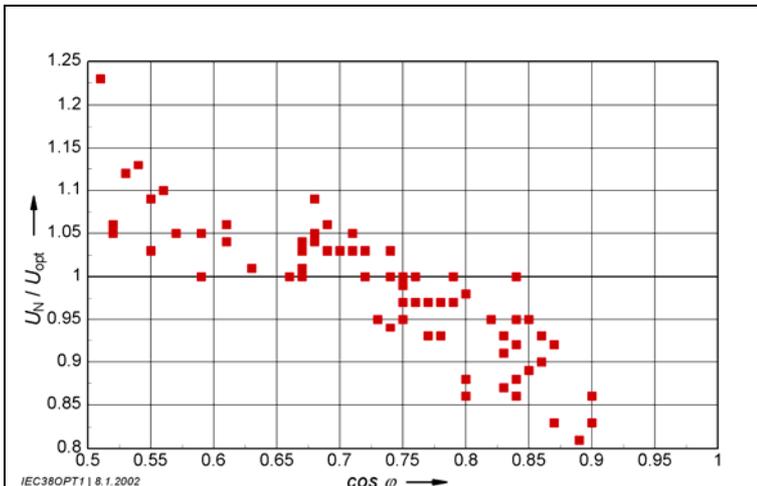


Bild 11.2
 Zusammenhang zwischen Leistungsfaktor im Bemessungspunkt ($\cos \varphi$) und relativer Lage der Bemessungsspannung zum Optimum (U_N / U_{opt})
 Auswertung von ca. 70 Messungen der Fa. Danfoss Bauer

Beim Vergleich mit Abschnitt 5 lassen sich folgende Zusammenhänge ableiten :

- Bei Motoren mit einem Leistungsfaktor $> 0,85$ liegt die Bemessungsspannung unterhalb des Optimums
- Bei Motoren mit einem Leistungsfaktor von $0,7 \dots 0,85$ liegt die Bemessungsspannung nahe beim Optimum
- Bei Motoren mit einem Leistungsfaktor $< 0,7$ liegt die Bemessungsspannung oberhalb des Optimums.

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	$0,70 \dots 0,85$	105 %	wahrscheinlich möglich
C	$< 0,70$	-	nicht möglich neue Wicklung für 400 V

12 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.a. 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."

Danfoss Bauer GmbH Postfach 10 02 08 Eberhard-Bauer-Str. 36-60 D-73726 Esslingen D-73734 Esslingen			
PRÜFBESCHEINIGUNG			
Reg. Nr.: 02/01 für explosionsgeschützte elektrische Betriebsmittel Zündschutzart: Erhöhte Sicherheit »e« nach EN 50 014 und EN 50 019 Typ: DK 94-241 EEx e II T3 Der typengeprüfte Drehstrom-Kurzschlussläufer-Motor BAUER Fertigung Nr.: 2 079 641 PTB-Konformitätsbesch. Nr.: Ex-79/3385 PTB-Prüfungsschein Nr.: II B/M-22 033 PTB-Rahmenbesch. Nr.: Ex-79/3011 U wird in folgender Weise geändert: Bemessungsspannung : 400 V Y Das geänderte Betriebsmittel und seine Genehmigungsunterlagen wurden nach §10 der "Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen (ElExV)" v. 27.02.1980 (BGBl I S.214) als Sonderanfertigung geprüft. Es entspricht den Anforderungen des Explosionsschutzes.			
Elektrische Daten:			
Bemessungsleistung:	1,5 kW	Betriebsart:	S1
Drehzahl	1420 r/min	Frequenz:	50 Hz
Bemessungsspannung:	400 V	Ständerschaltung:	Y
Bemessungsstrom:	3,75 A	Wärmeklasse:	B
Leistungsfaktor:	0,8		
Verhältnis I_A/I_N :	5,3	Temperaturklasse:	T3
Erwärmungszeit t_E :	14 s		
Das Betriebsmittel erhält am Leistungsschild die zusätzliche Kennzeichnung: Reg.-Nr. 02/01 Ort: Esslingen Datum: 24.01.02 Der anerkannte Sachkundige (H. Greiner)			
		Anerkennung durch das Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden - Württemberg am 30.05.1995 und 21.03.2001 Aktenzeichen: 25-5546.2-15	
			

Bild 12 Beispiel einer Sachverständigen-Prüfbescheinigung zum Weiterbetrieb eines 380 V-Motors an 400 V

13 Zusammenfassung

Als Voraussetzung für den technisch und formal ordnungsgemäßen Weiterbetrieb eines für 380 V gewickelten und beschilderten Ex-Motors an 400 V Netzspannung ist die Einschaltung des **Herstellers** erforderlich. In der Regel ist **nur diesem** anhand von dort aus der Typprüfung vorhandenen Unterlagen eine Entscheidung möglich. Eine Neuabnahme unter Wiederholung der vollständigen Typprüfung an 400 V ist theoretisch denkbar, aber vergleichsweise sehr aufwändig.

Bei Motoren der **Zündschutzart "d"** genügt die rechnerische Überprüfung der Grenzen für die Oberflächentemperatur, die häufig auch bei $400\text{ V} \pm 10\%$ eingehalten werden können. Der Hersteller bestätigt das positive Ergebnis seiner Prüfung in Form einer **Herstellereklärung**.

Bei Motoren der **Zündschutzart "e"** ist eine umfangreiche rechnerische Überprüfung und eine Neufestlegung der Werte I_A/I_N und t_E erforderlich. Die amtlich anerkannte befähigte Person des Herstellers oder eine zugelassene Überwachungsstelle (ZÜS) stellt mit Unterstützung des Herstellers eine **Prüfbescheinigung als Ergänzung zur EG-Baumusterprüfbescheinigung** aus.

In **beiden Fällen** liefert der Hersteller neue Leistungsschilder, die fachgerecht – also ohne Beeinträchtigung von IP-Schutzart und Zündschutzart – am Motor anzubringen sind.

Literaturhinweise zu den Teilen 1 und 2:

1 Normen und Bestimmungen

- 1.1 IEC 38 (1983) (umbenannt in IEC 60038; mit Ergänzungen)
IEC Standard Voltages
- 1.2 DIN IEC 60038:2002
IEC-Normspannungen
- 1.3 DIN EN 60034-1 (VDE 0530 - 1): 2005
Drehende elektrische Maschinen
Teil 1: Bemessung und Betriebsverhalten
- 1.4 Erläuterungen zu den VDE-Bestimmungen für drehende elektrische Maschinen
VDE 0530 (2004)
- 1.5 DIN 42961/07.80
Leistungsschilder für elektrische Maschinen

2 Aufsätze

- 2.1 *Buchdrucker, Kopak, Lange-Hüsken* :
Was bedeutet die neue Nennspannung 230/400 V ?
DIN-Mitteilungen 70, 1991, Nr. 8
- 2.2 *Seinsch, H.O.*:
Besteht ein Zusammenhang zwischen den Normspannungen nach DIN IEC 38 und der Bemessungsspannung von Drehstrom-Induktionsmotoren nach VDE 0530, Teil 1 ?
Elektrizitätswirtschaft, Jahrgang 90 (1991), Heft 11
- 2.3 *Engel, U. und Wickboldt, H.*:
Explosiongeschützte Drehstrommotoren und die neuen Normspannungen
ETZ Band 112 (1991), Heft 20
- 2.4 *Graß, H.*:
Verhalten explosionsgeschützter Drehstrommotoren bei 400 V
ETZ Band 113 (1992), Heft 21
- 2.5 *Greiner, H. u.a.*:
Elektroinstallation und Betriebsmittel in explosionsgefährdeten Bereichen
Hüthig & Pflaum Verlag, Heidelberg (2005)