

**Vorlagen Managementdokumente:  
Beschaffungs- und Wartungsvorgaben**



## **EM 2010**

Energiemanagement für Österreich  
Beschaffungs- und Wartungsvorgaben

## **Elektromotoren**

### **Projektkonsortium**

Projektleitung:



AUSTRIAN ENERGY AGENCY

Projektpartner:



KANZIAN ENGINEERING & CONSULTING GmbH



Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „NEUE ENERGIEN 2020“ durchgeführt.



### **Informationen zum Projekt:**

Die Österreichische Energieagentur führt gemeinsam mit Kanzian Engineering & Consulting GmbH und dem Österreichischen Energiekonsumenten Verband ein Projekt zur Umsetzung von Energiemanagement in Österreich durch.

Ein Ziel des Projekts ist die Erstellung von Wartungs- und Beschaffungsvorgaben für Anlagen, die den Energiebedarf eines Unternehmens wesentlich beeinflussen. Das Projekt EM 2010 wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms NEUE ENERGIEN 2020 durchgeführt.

**Weitere Beschaffungsrichtlinien und weitere Projektinhalte finden Sie unter**

[www.energyagency.at/EM2010](http://www.energyagency.at/EM2010)

## **Empfehlungen zur Wartung von E-Motoren**

Einige Motorkomponenten nützen sich mit der Zeit und unter Betriebsbelastung ab. Isolierungen werden aufgrund von Spannungsasymmetrie, Über- und Unterspannung, plötzlicher Spannungsabfälle und höherer Temperatur schwächer. Kontakte zwischen sich bewegenden Flächen verursachen Abnutzung. Die Abnutzung wird durch Schmutz, Feuchtigkeit und korrosiven Nebel beeinflusst und wird rasch beschleunigt, wenn die Schmierung falsch aufgebracht wird, überhitzt oder verschmutzt oder nicht regelmäßig ausgetauscht wird.

Motoren, die außer Betrieb sind, sollten jedenfalls vor Feuchtigkeit, Vibration und Korrosion geschützt werden.

Die Lebensdauer eines Motors kann zwischen 30.000 und 40.000 Betriebsstunden liegen, bei geeigneter Wartung wird die Lebensdauer jedenfalls erhöht. Unter bestimmten Umständen - in besonders korrosiver oder aggressiver (Stäube!) Umgebung - geschieht die Abnutzung besonders rasch. In solchen Fällen sollten Spezialmotoren mit besonderer Schutzklasse beschafft werden.

Jede Temperaturerhöhung um 10°C in der Betriebstemperatur verkürzt die Lebensdauer um die Hälfte. Der Kauf von neuen Motoren mit höherer Isolierungstemperatur führt allerdings nicht unbedingt zu längerer Lebensdauer, weil diese Motoren bei höheren internen Temperaturen laufen. Die beste Vorbeugung gegen Wärmeschäden sind der Schutz vor Schmutz, Über- oder Unterspannung, Spannungsasymmetrie, Oberschwingungen, vor zu hoher Umgebungstemperaturen, zu geringer Belüftung und vor Überlastungen.

Lagerversagen stellen neben Überlastung, Verschmutzung und Korrosion die Hauptursache für Motorversagen dar. Falls sie nicht zur rechten Zeit entdeckt werden, können sie zur Überhitzung führen und die Isolierung zerstören oder dem Motor irreparable mechanische Schäden zuführen. Daher sollten immer die Herstellerinformationen bezüglich der Schmierung befolgt werden.

**Energiemanagement-Dokumentation nach EN 16001:  
Beschaffungs- und Wartungsvorgaben für E-Motoren**

<b>Zeitintervall</b>	<b>Tätigkeit</b>
Wöchentlich	Kontrolle des Schmierzustandes, z.B. Ölstand, Fettaustritt
	Inspektion der Motorwelle (Verunreinigungen können auf Leckagen hinweisen)
	Prüfung der Starter, Schalter und Sicherungen
	Kontrolle der Anlaufzeit des Motors
	Bei Bürstenmotoren: Inspektion der Bürsten
Halbjährlich	Prüfung der Lager und der Dichtungen
	Reinigen, um Schmiermittelverunreinigungen und Lagerschäden zu vermeiden. Schmutzanreicherung auf dem Motorgehäuse, am Kühlventilator oder an Öffnungen erhöht die Motortemperatur.
	Überprüfung der ausreichenden Kühlung des Motors (kann sich z.B. durch Verbauung ändern) bzw. Vermeidung von zu hoher Luftfeuchtigkeit.
Jährlich bzw. lt. Herstellerangaben	Schmierem gemäß Herstellerangaben: Qualität und Menge des Schmiermittels beachten, Überschmieren führt zu rascherem Verschleiß (Widerstand nimmt zu oder Wicklungen werden beeinträchtigt)
	Kontrolle der elektrischen Anschlüsse
	Kontrolle auf abnormale oder asymmetrische Spannung
	Vermeidung von zu hoher Last (über 10%)
	Insbesondere bei fliegender Lagerung ist die exakte Ausrichtung von Motor und Getriebe zu beachten.
	Prüfung der Vibration: Diese kann auf Lagerprobleme, Ungleichgewichte in der Last, elektrische Versorgungsprobleme, verbogene Motorwelle, falsche Ausrichtung, oder ungeeignete Keilriemenspannung hinweisen.

## **Energiemanagement-Dokumentation nach EN 16001: Beschaffungs- und Wartungsvorgaben für E-Motoren**

### **Ausrichtung (Fluchtung)**

Viele Ausrichtungsprobleme werden durch fehlerhafte Installation verursacht, daher ist eine Kontrolle nach Schweißarbeiten oder Installation der Pumpe erforderlich (nach Anschluss des Flansches an das Rohrnetz).

Eine weitere Ursache liegt in Änderungen der angetriebenen Maschine, z.B. aufgrund einer kavitierenden Pumpe oder aufgrund korrodierender Ventilatorblätter.

### **Keilriemen**

- Überprüfung, Justierung der Keilriemen (jedenfalls nach 40 Betriebsstunden, da hier der überwiegende Teil der Dehnung erfolgt).
- Falsche Ausrichtung führt zu frühzeitigem Verschleiß
- Korrekte Ausrichtung der Riemenscheiben
- Ein zu loser gespannter Keilriemen verrutscht, erhitzt sich rasch
- Ein überspannter Keilriemen verursacht Druck auf Lager, führt zu Überhitzung

### **Verorgungsnetz**

Prüfung des Versorgungsnetzes auf Über- oder Unterspannung, Spannungsasymmetrie (3,5% Spannungsasymmetrie erhöht Motorverluste um ca. 20%), Oberschwingungen; Geeignete Kabel, Trafos oder Blindleistungskompensatoren können Abhilfe schaffen. Gleichmäßige Aufteilung von einphasigen Verbrauchern im 3 Phasen System ermöglichen symmetrische Spannung.

### **Präventive Wartung**

Einfluss auf den Umfang der Wartung haben die Laufzeit, das Alter, die Umgebungsbedingungen (Staub, Feuchtigkeit, korrosive Umgebung) und die Relevanz des Motors im Betriebsablauf.

#### **Beispiele für Methoden zur präventiven Motorwartung sind:**

**Schmiermittelüberprüfung:** Verschmutzung zeigt mechanische Schäden an Lagern an (Schmiermittel werden durch Überhitzung langfristig verändert, dadurch können auch im abgekühlten Zustand Schäden aufgezeigt werden)

**Spannungsüberprüfung:** Ungleichmäßige Phasenspannung kann extrem hohe Rotorströme verursachen.

## **Energiemanagement-Dokumentation nach EN 16001: Beschaffungs- und Wartungsvorgaben für E-Motoren**

### **Prüfung des Isolationswiderstandes:**

Durch Messung des Widerstandswertes kann über längere Zeiträume die Abnahme der Isolation beobachtet werden.

- Die Messung sollte nicht bei hoher Luftfeuchte oder Temperaturen erfolgen.
- Die Temperatur bewirkt eine exponentielle Veränderung des Isolationswiderstandes (Messung von E-Motoren unter gleichen Temperaturbedingungen, bzw. eine Korrektur um Temperaturabweichung ist für Zeitreihen notwendig)
- Bei starker Verschmutzung ist die Guard Technik anzuwenden.

**Thermobilder:** zeigen Heißläufer, schlecht fluchtende Lager oder asymmetrische Wicklungsüberlastung.

## EM 2010 Beschaffungsempfehlungen für Drehstrom - Asynchron Motoren

### Beschaffungsvorgaben:

- Überprüfung der tatsächlich erforderlichen Leistung, Überprüfung der erwarteten Auslastung und maximal auftretender Last bzw. des max. Drehmoments (die meisten Motoren sind stark überdimensioniert)
- Vergleich der Lebenszykluskosten (bei Anwendungen mit hohem Teillastanteil mittels Lastprofil und Teillastwirkungsgraden; evt. Frequenzumrichter berücksichtigen)
- Beschaffung eines IE3 Motors (IEC 60034-30) bzw. jenes Motors mit den geringsten Lebenszykluskosten und höchsten Wirkungsgraden in den vorgegeben Teillastbereichen
- Berücksichtigung moderner Regelsysteme bei variablen Lasten (unbedingt bei Pump- und Lüftungsanwendungen)
- Hocheffiziente Antriebsarten (Direktantrieb, hocheffiziente Riemen), Vermeidung von Schneckenradantrieben
- Fordern Sie Unterlagen in Deutsch ein: Technische Beschreibung, Maßzeichnung, Montage- und Betriebsanleitung, Konformitäts- bzw. Herstellererklärung, Baumusterprüfbescheinigung für EEx e und EEx de; Weiters: Ersatzteillisten, div. Prüfprotokolle, Wickelschema und Leerlaufstrom und Strangwiderstand;
- Korrekte Installation: Fluchtung, ausreichende Kabelquerschnitte usw.

### Bei Ausfall:

- Vergleichen Sie die Effizienz ihres alten Motors nach Herstellerangaben mit Wirkungsgraden neuer Motoren nach IE2 oder IE3 Standard. Überprüfen Sie auch die tatsächlich erforderliche Leistung bzw. das maximale Drehmoment.

## Weitergehende Informationen

### Mittelfristig – Motorpolitik:

- Erarbeitung einer Motoren-Liste der eingesetzten Motoren mit den wichtigsten Parametern (Schwerpunkt auf Motoren mit Laufzeiten über 8h am Tag)
- Inventur der Motoren auf Lager (Typenschilddaten, Anwendungsmöglichkeit)
- Plan zum Ersatz von Motoren nach Alter, Wartungsaufwand, Leistung, Laufzeit
- Erstellung einer einfachen Regel ab wann Reparatur oder Ersatz sinnvoll ist (nach Leistungsklassen, Laufzeit und Reparaturkosten)

## Energiemanagement-Dokumentation nach EN 16001: Beschaffungs- und Wartungsvorgaben für E-Motoren

- Auswahl eines Lieferanten nach Erfahrungswerten, Branchenerfahrung, Qualität, Lieferumfang, Lieferzeit
- Verhandlung von Rabatten für Motorenbestellungen bei Auswahl eines einzigen Lieferanten

### Lebenszykluskosten

Die Betriebskosten eines Elektromotors verursachen über 90% der Lebensdauerkosten. Wichtig ist die Wahl des Motorsystems mit den geringsten Lebenszykluskosten.

- Beschaffungspreis und Installationskosten (evt. Planungskosten, Kosten eines FU)
- Betriebskosten: Leistung, Auslastung, Wirkungsgrad, (Leistung normalerweise Wellenleistung!) Jahresbetriebsstunden (Lastprofil über die verschiedenen Auslastungszustände), Lebensdauer, Strompreis, Abzinsung.
- Wartungskosten, Reparaturkosten, Schmiermittel

Durchschnittliche Lebensdauer eines Motors bis zum ersten Ausfall ca. 10 Jahre. Tatsächliche Lebensdauer kann über 20-30 Jahre betragen.

Lebensdauer	0,75 bis 1,1 kW	1,1 bis 11 kW	11 bis 110 kW	110 bis 370 kW
In Jahren	10	12	15	20

Quelle: IEC 60034-31: Rotating electrical machines – Part 31: Guide for the selection and application of energy-efficient motors incl. Variable-speed applications, draft, S 29;

### Energieeffizienz

Achten Sie auf die Energieeffizienzklasse. Beschaffen Sie IE3 Motoren, außer Ihre Kalkulation zeigt, dass sie mit IE2 Motoren günstigere Lebenszykluskosten erreichen (z.B. bei Laufzeiten unter 2.000 h).

Mögliche Nachteile sind: höhere Drehzahl und höherer Förderstrom, daher höhere Leistungsaufnahme; höheres Anlaufmoment; Vorteile sind zusätzlich zur hohen Effizienz: geringere Temperaturentwicklung, leisere Belüftung;

Für bestimmte Anwendungsbereiche bieten bestimmte Hersteller auch Permanent Motoren in den Leistungsklassen bis 400 kW an, die noch höhere Wirkungsgrade als AC Motoren erzielen können. Je nach Anwendungsbereich und Kosten könnten sich diese Motoren auch für Ihren Betrieb auszahlen. Insbesondere für jene mit Steuerungsaufwand, da diese jedenfalls mit Frequenzumrichter gesteuert werden müssen.



# **Energiemanagement-Dokumentation nach EN 16001: Beschaffungs- und Wartungsvorgaben für E-Motoren**

## **Auslastung/Regelung**

Der Wirkungsgrad von AC Motoren nimmt insbesondere unter 50% Auslastung stark ab. Prüfen Sie vorab die tatsächlich geforderte Leistung und richtige Dimensionierung unter Beachtung der erforderlichen maximalen Last bzw. des max. Drehmoments (z.B. beim Wegdrehen von Mühlen). Hocheffiziente Motoren können durchschnittlich stärker überlastet werden.

Bei variablen Lasten sollten Sie geeignete Regelungssysteme berücksichtigen!

Bei Ersatz eines überdimensionierten Motors durch einen passenden Motor kann es aufgrund der kleineren Baugröße zu erforderlichen Umbauarbeiten kommen.

Lokale Blindstromkompensation erhöht den Leistungsfaktor.

## **Ex-Schutz**

Festlegung der Anforderungen hinsichtlich Explosions-Schutzes.

Die Normalausführung ist für Zündschutzart Non Sparking „EEx nA“, Betrieb am Netz in Zone 2 Temperaturklasse T3 geeignet.

Grundsätzlich gelten die neuen IEC Standards für die Effizienzklassen auch für Motoren höherer Ex-Schutzanforderungen. Allerdings ist es möglich, dass Motoren für bestimmte Anforderungen höhere IEC Standards (2 oder 3) nicht erreichen können. Z.B. erhöhte Sicherheit „e“ aufgrund der Anforderungen an den Luftspalt und Anlaufstrom; Motoren mit Gehäusen zum Staubschutz mit „t“ oder „tD“ Kennzeichnung haben zusätzliche Wellendichtungen, was sich negativ auf den Wirkungsgrad auswirken kann.

## **Reparatur**

Üblicherweise nimmt die Effizienz des Motors nach Ausfall bei der Reparatur ab. Bestimmte Hersteller garantieren über ihre Serviceabteilungen hohe Effizienz auch nach Reparatur. Vergleichen Sie die Effizienz ihres alten Motors (nach Herstellerangaben) mit Wirkungsgraden neuer Motoren nach IE2 oder 3 Standard. Die Mehrkosten des neuen Motors können sich schnell aufgrund des höheren Wirkungsgrades rechnen. Das Wickeln lohnt sich nur bei Sondermotoren und Drehstrom-Normmotoren ab ca. 30 kW, weil neue kleine Normmotoren preisgünstiger sind als die Lohnkosten und das Material für Reparatur. Besondere Aufmerksamkeit muss der Reparatur und der ausführenden Firma geschenkt werden, die vom Motorhersteller anerkannt sein muss.

## **Lagerhaltung**

Üblicherweise werden E-Motoren bei Ausfall so rasch als möglich durch bereits im Betrieb lagernde Motoren bzw. solche mit geringster Lieferzeit ersetzt. Bei Ausfall eines Elektromotors beschaffen Sie daher jedenfalls einen hocheffizienten Motor und legen Sie diesen auf Lager. Bei Ausfall eines Motors dieser Leistungsklasse ersetzen Sie diesen durch den hocheffizienten im Lager. Alternativ sollte der Lieferant hocheffiziente Motoren für Sie auf Lager stellen.

# Energiemanagement-Dokumentation nach EN 16001: Beschaffungs- und Wartungsvorgaben für E-Motoren

## Installation

Korrekte Ausrichtung bzw. Fluchtung der Motoren mit den angetriebenen Komponenten ist wesentlich. Eine Kontrolle nach erfolgten Schweißarbeiten (z.B. Flanschen von Pumpen) ist erforderlich.

Anschlusskasten von EEx d-Motoren ist in Zündschutzart „Erhöhte Sicherheit 2 „e“ auszuführen. Ein Hineinfallen von Anschlussteilen in das Motorinnere muss vermieden sein. Anschlussraum und Klemmen müssen zum Anschluss von Kabeln bzw. Leitungen ausreichend bemessen sein.

## Lagerung, Antriebsstrang

Die Effizienz von Antrieben lässt sich grob wie folgt einteilen:

- Schneckenantrieb: 50 – 75%, selten auch besser bis 96%
- Keilriemen max. 95%
- Stirn-, Kegelrad 95-98%
- Zahn-, Flachriemen, Kettenantriebe 96-98%
- Direktantriebe 100%

Die nominelle Lebensdauer soll bei reinem Kupplungsantrieb mind. 40.000 Betriebsstunden betragen. Für Riemenantriebe soll die Abhängigkeit der Lebensdauer von der Radialkraft aus den zu übergebenden Unterlagen erkennbar sein.

## Schmierung

Fordern Sie bei Motoren mit Lager mit Lebensdauerschmierung folgende Gebrauchsdauer ein (bei 40°C Kühlmitteltemperatur):

- 2 polige Motore: 20.000 h
- 4 und mehrpolige Motore: 10.000 h

## Empfehlung für Motoren ab Achshöhe 250 mit Nachschmiereinrichtung (nach VIK RL)

Empfehlung für einzufordernde Nachschmierfristen	2 polig	4 und mehrpolig
Kühlmitteltemperatur 40°C	2.500 h	4.000 h
Kühlmitteltemperatur 25 °C	5.000 h	10.000 h

**Energiemanagement-Dokumentation nach EN 16001:  
Beschaffungs- und Wartungsvorgaben für E-Motoren**

**Mindestwirkungsgrade nach der IEC Kennzeichnung**

Nur IE2 Motoren sind ab 16. Juni 2011 für den Verkauf in der EU zugelassen, ab 2015: IE 3 Motoren (7,5 bis 375 kW)

IE2 (50 Hz)	Anzahl der Pole		
Nennausgangsleistung (kW)	2	4	6
<b>0,75</b>	77,4	79,6	75,9
<b>1,1</b>	79,6	81,4	78,1
<b>1,5</b>	81,3	82,8	79,8
<b>2,2</b>	83,2	84,3	81,8
<b>3</b>	84,6	85,5	83,3
<b>4</b>	85,8	86,6	84,6
<b>5,5</b>	87,0	87,7	86,0
<b>7,5</b>	88,1	88,7	87,2
<b>11</b>	89,4	89,8	88,7
<b>15</b>	90,3	90,6	89,7
<b>18,5</b>	90,9	91,2	90,4
<b>22</b>	91,3	91,6	90,9
<b>30</b>	92,0	92,3	91,7
<b>37</b>	92,5	92,7	92,2
<b>45</b>	92,9	93,1	92,7
<b>55</b>	93,2	93,5	93,1
<b>75</b>	93,8	94,0	93,7
<b>90</b>	94,1	94,2	94,0
<b>110</b>	94,3	94,5	94,3
<b>132</b>	94,6	94,7	94,6
<b>160</b>	94,8	94,9	94,8
<b>200 bis 375</b>	95,0	95,1	95,0

**Energiemanagement-Dokumentation nach EN 16001:  
Beschaffungs- und Wartungsvorgaben für E-Motoren**

IE3 (50 Hz)	Anzahl der Pole		
Nennausgangsleistung (kW)	2	4	6
<b>0,75</b>	80,7	82,5	78,9
<b>1,1</b>	82,7	84,1	81,0
<b>1,5</b>	84,2	85,3	82,5
<b>2,2</b>	85,9	86,7	84,3
<b>3</b>	87,1	87,7	85,6
<b>4</b>	88,1	88,6	86,8
<b>5,5</b>	89,2	89,6	88,0
<b>7,5</b>	90,1	90,4	89,1
<b>11</b>	91,2	91,4	90,3
<b>15</b>	91,9	92,1	91,2
<b>18,5</b>	92,4	92,6	91,7
<b>22</b>	92,7	93,0	92,2
<b>30</b>	93,3	93,6	92,9
<b>37</b>	93,7	93,9	93,3
<b>45</b>	94,0	94,2	93,7
<b>55</b>	94,3	94,6	94,1
<b>75</b>	94,7	95,0	94,6
<b>90</b>	95,0	95,2	94,9
<b>110</b>	95,2	95,4	95,1
<b>132</b>	95,4	95,6	95,4
<b>160</b>	95,6	95,8	95,6
<b>200 bis 375</b>	95,8	96,0	95,8

Quelle: Verordnung (EG) Nr.. 640/2009 vom 22. Juli 2009

## **Ausgewählte Quellen:**

IEC 60034-31: Rotating electrical machines – Part 31: Guide for the selection and application of energy-efficient motors incl. Variable-speed applications, draft, 4.3.2009 (date of circulation)

Natural Resources Canada: Energy-Efficient Motor Systems Assessment Guide, 2004

The Energy Research Institute: How to save energy and money in electrical systems, Cape Town

U.S. Department of Energy: Improving Motor and Drive System Performance: A Sourcebook for Industry, 2008

VIK: VIK-Empfehlung 1: Drehstrom-Asynchronmotoren – Technische Anforderungen, 4.2005

Website: [www.topmotors.ch](http://www.topmotors.ch)