



**EUROPÄISCHE KOMMISSION**  
GENERALDIREKTION ENERGIE UND TRANSPORT

Neue Energien & Bedarfsmanagement  
**Förderung Erneuerbarer Energiequellen & Bedarfsmanagement**

Brüssel, 1. Januar 2003

## **DAS EUROPÄISCHE MOTOR CHALLENGE PROGRAMM**

**Modul Antriebe**



## Inhalt

1. Bestandsaufnahme der Antriebssystemkomponenten und ihrer Funktionsweise .	1
A. Basissystembeschreibung .....	1
B. Dokumentation und Messung der Systembetriebsparameter .....	1
C. Globale Indikatoren des Systemverhaltens .....	1
2. Bewertung energiesparender technischer Maßnahmen .....	2
2.1 Energieeffiziente Motoren (EEM) .....	4
2.2 Richtige Motordimensionierung.....	5
2.3 Motorreparatur .....	5
2.4 Antriebe mit veränderlicher Drehzahl.....	6
3. Aktionsplan .....	7
4. Jahresbericht .....	8

# 1. Bestandsaufnahme der Antriebssystemkomponenten und ihrer Funktionsweise

## A. Basissystembeschreibung

Die Basissystembeschreibung umfasst im wesentlichen folgende (Typenschild-) Daten, die aus Firmenunterlagen oder mit Hilfe einfacher Messungen erhoben werden können. In vielen Unternehmen können betriebliche Mitarbeiter die meisten oder gar alle genannten Informationen zusammenstellen.

1. Allgemeine Antriebssystemkonstruktion und -auslegung
2. Alters- und Typenschildangaben der Motoren (Leistung, Typ, ...)
3. Art des Endnutzungsgeräts für jeden Motor
4. Art der Drehzahlregelung (falls vorhanden) für jeden Motor
5. Getriebeart für jeden Motor
6. Art und Häufigkeit der Wartung von Motor, Getriebe and Endnutzungsgeräten
7. Wie oft wurde jeder Motor repariert
8. Betriebsstunden/Jahr

In Produktionsstätten mit einer sehr großen Anzahl an Motoren kann die Datenerfassung auf die größten Motorsysteme beschränkt werden, die für einen Großteil des Motorstromverbrauchs (z.B. 2/3) verantwortlich sind.

## B. Dokumentation und Messung der Systembetriebsparameter

Die Dokumentation bzw. Messung der folgenden Parameter 1. bis 4. sollte nach Möglichkeit bei allen Motorsystemen Ihres Unternehmens erfolgen. Die Positionen 5. bis 7. sollten darüber hinaus bei Systemen mit Leistungen von mehr als 25 kW erfolgen. Die Erhebung dieser Daten kann von entsprechend qualifiziertem betriebseigenem Personal oder von Dritten, beispielsweise einem MCP-Endorser, durchgeführt werden.

1. Gesamtantriebsstromverbrauch für die gesamte Anlage.
2. Spannungsasymmetrie für die gesamte Anlage.
3. Gesamte harmonische Verzerrung für die gesamte Anlage.
4. Leistungsfaktor für die gesamte Anlage.
5. Überdimensionierung und Lastfaktor für jeden Motor.
6. Bedarfsprofil: geschätzte Schwankung während eines Tages/einer Woche für jeden Motor.
7. Für große Motoren sollten ein Datenlogger und geeignete Strom- und Spannungssensoren verwendet werden (wahrscheinlich nur für die Bewertungsperiode installiert). Für kleinere Systeme sind die besten verfügbaren Daten zu benutzen.

## C. Globale Indikatoren des Systemverhaltens

Auf der Basis der erhobenen Daten können folgende globale Indikatoren des Antriebssystems geschätzt werden.

Jahreskosten	Kapital		Wartung		Energie	
Jahresbetriebsstunden			mittlere Leistung des gesamten Antriebssystems (während Betriebszeit)		Jahres-Energieverbrauch (kWh/a)	
<b>Energieeinsatz für Antriebsleistung pro erzeugte Güter (kWh/Q-Prod.)<sup>(1)</sup></b>						

(1) Q-Produktion ist ein relevanter Indikator der Menge erzeugter Güter der Anlage, ausgedrückt beispielsweise in Tonnen, Stück, ...

Es wird darauf hingewiesen, dass insbesondere für kleine Systeme unter 25 kW Leistung die potentielle Einsparung nicht die zur Erstellung genauer Zahlen notwendige aufwendige Datenerhebung rechtfertigt. In solchen Fällen kann die Bewertung anhand geeigneter Faustregeln erfolgen, wie z.B.

- Anlagekosten auf Jahresbasis (Annuitäten) können auf etwa 10% der aktuellen Kosten einer Neuanschaffung geschätzt werden (wenn Motoren in Anlagenkomponenten integriert sind, können die Kosten mit Hilfe von Katalogdaten geschätzt werden),
- Wartungskosten betragen ca. 3 bis 4% der aktuellen Kosten einer Neuanschaffung oder
- Energiekosten können aus Nennleistung, Lastfaktor und Betriebsstunden geschätzt werden.

## 2. Bewertung energiesparender technischer Maßnahmen

Der Stromverbrauch von Motorsystemen wird durch

- den Motorwirkungsgrad,
  - die Dimensionierung,
  - die Motorregelung
  - die Stromversorgungsqualität
  - das mechanische Übersetzungssystem,
  - die Wartungspraktiken und
  - die Effizienz des Endnutzungsgeräts
- bestimmt.

Für eine möglichst umfassende Ausschöpfung der Einsparpotentiale müssen deshalb alle Komponenten eines Motorsystems optimiert werden, wobei die Anwendbarkeit bestimmter Maßnahmen und das Kostenreduktionspotential von der Größe und spezifischen Situation Ihres Betriebs abhängt. Nur durch eine Bewertung des Systems und der Bedürfnisse Ihres Unternehmens lässt sich feststellen, welche Maßnahmen sowohl anwendbar als auch profitabel sind. Ein qualifiziertes Ingenieurbüro (z.B. ein MCP-Endorser) oder entsprechend qualifiziertes, betriebseigenes Personal kann eine solche Untersuchung durchführen.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die wichtigsten Energieeinsparmaßnahmen, die auf Ihr System anwendbar sein könnten. Dabei handelt es sich um Erfahrungswerte, d.h. die Anwendbarkeit der Maßnahmen und das realisierbare Einsparpotential hängen von den spezifischen Kenndaten der jeweiligen Anlagen ab.

**Tabelle 1:** Energieeinsparpotenzial für Antriebssysteme

<b>Maßnahmen</b>	<b>Einsparpotential</b>
<b>Systeminstallation oder Erneuerung</b>	
energieeffiziente Motoren (EEM)	2-8%
korrekte Dimensionierung	1-3%
energieeffiziente Motorreparatur (EEMR)	0,5-2%
Antriebe mit veränderlicher Drehzahl (ASD)	10-50%
Getriebe/Untersetzungsgetriebe hoher Effizienz	2-10%
Qualität der Stromversorgung	0,5-3%
<b>Systembetrieb und Wartung</b>	
Schmierung, Einstellung und Feinabstimmung	1-5%

**Tabelle 2:** Ergebnisse der Antriebssystembewertung

Ventilatorerkennung/ Beschreibung	Bewertungsergebnisse				
	spezifischer Aktionsvorschlag	geschätzte jährliche Energieeinsparung (1)	geschätzte Änderung sonstiger Kosten (2)	zusätzliche Investi- tionskosten (2)	Amortisationszeit (Monate)
<b>Systeminstallation oder Erneuerung</b>					
energieeffiziente Motoren (EEM)					
korrekte Dimensionierung					
energieeffiziente Motorreparatur (EEMR)					
Antriebe mit veränderlicher Drehzahl (ASD)					
Getriebe/Untersetzungsgetriebe hoher Effizienz					
Qualität der Stromversorgung					
<b>Systembetrieb und Wartung</b>					
Schmierung, Einstellung und Feinabstimmung					

(1) Wenn Energieeinsparungen nicht exakt bestimmt werden können (was häufig der Fall ist), können sie aus den Ergebnissen der Bestandsaufnahme oder allgemein anerkannten technischen Koeffizienten ermittelt werden.

(2) Investitions- sowie sonstige Kosten sind in geschätzte Änderungen gegenüber dem, was ohne Partnerverpflichtung zum Motor Challenge Programm aufgewendet worden wäre. Dies können zum Beispiel zusätzliche Investitionen für effizientere Geräte, eine Steigerung/Minderung der Wartungskosten oder Kosten für geänderte Managementkonzepte sein.

## 2.1 Energieeffiziente Motoren (EEM)

Bei zusätzlichen Investitionskosten von 20 - 30% bieten energieeffiziente Motoren (EEM), auch Hoch-Effizienz-Motoren (HEM) genannt, einen 2 bis 6% höheren Wirkungsgrad als konventionelle Elektromotoren. Dies führt insbesondere bei hohen Betriebszeiten zu erheblichen Energie- und Kosteneinsparungen.

Da mit den geringeren Verlusten ein geringerer Temperaturanstieg im Motor einhergeht, erhöht sich die Lebensdauer der Motorwicklungsisolierung und der Lager, so dass sich in vielen Fällen

- die Zuverlässigkeit erhöht,
- die Ausfallzeit und die Wartungskosten verringern,
- die Toleranz gegen Wärmebelastungen erhöht,
- die Toleranz gegenüber Überlastung verbessert,
- die Beständigkeit gegen abnorme Betriebsbedingungen – z.B. Unter- und Überspannung Phasenasymmetrie, schlechtere Spannungs- und Stromwellenformen (z.B. Harmonische), usw. – verbessert,
- der Leistungsfaktor verbessert und

- der Geräuschpegel verringert.

Im Rahmen eines europaweiten Abkommens sind Motorenhersteller verpflichtet, die Wirkungsgrade ihrer in Europa hergestellten Elektromotoren eindeutig anzugeben. Dabei werden drei Wirkungsgradklassen (EFF I (höchster Wirkungsgrad), EFF II und EFF III) unterschieden. Dies gibt Motorherstellern einen Anreiz zur Einführung von effizienter Modelle. Die Wirkungsgrade gelten für 2- und 4-polige Asynchronmotoren mit einer Betriebsspannung von 400 V, 50 Hz und Betriebsart S1, im Leistungsbereich von 1,1 bis 90 kW, auf die ein Großteil des Umsatzvolumens entfällt.

Geeignete Motoren können mit Hilfe der EURODEEM-Datenbank<sup>1,2</sup> ausgewählt werden, die die Wirkungsgrade von mehr als 3.500 Motortypen von 24 Herstellern enthält. Die aktuelle Version von EURODEEM kann kostenlos von der Webseite

<http://iamest.jrc.it/projects/eem/eurodeem.htm>

heruntergeladen werden. Darüber hinaus ist die Benutzung einschlägiger Computer-Software, wie **Motor Master Plus**<sup>3</sup>, empfehlenswert.

## 2.2 Richtige Motordimensionierung

Feldversuche in der Europäischen Union haben gezeigt, dass Elektromotoren in der Industrie durchschnittlich bei etwa 60% ihrer Nennlast arbeiten. Da das Wirkungsgradmaximum eines Induktionsmotors typischerweise bei etwa 75 % der Volllast liegt und im Teillastbetrieb bis hinunter zum 50 %-Lastpunkt abflacht, können durch die richtige Motordimensionierung Energieeinsparungen erzielt werden. Motoren mit größeren Dimensionierungsbereichen weisen auch bei Lasten von bis zu 30 % der Nennlast hohe Wirkungsgrade auf.

Richtige Dimensionierung:

- verbessert die Energieeffizienz, indem die Motoren bei höchstem Wirkungsgrad arbeiten,
- kann Leitungsverluste infolge verbessertem Leistungsfaktor reduzieren und
- kann die Drehzahl und damit den Stromverbrauch von Lüftern und Pumpen senken.

## 2.3 Motorreparatur

Wenn Motoren mit Leistungen von über 5 kW versagen, werden sie meist mehrmals während ihrer Lebensdauer repariert. Laborprüfungen zeigen, dass schlechte Motorreparaturen den Wirkungsgrad typischerweise um 0,5 bis 1 %, in Ausnahmefällen sogar um bis zu 4 % verringern. Aus diesem Grund müssen bei Reparatur oder Ersatz eines Motors spezifische Stromkosten, Motorleistung, mittlere Last und jährliche Betriebsstunden berücksichtigt werden, um ein wirtschaftlich optimales Ergebnis zu erzielen.

---

<sup>1</sup> Veröffentlicht von der Europäischen Kommission

<sup>2</sup> Gefördert durch die Europäische Kommission - DG TREN

<sup>3</sup> Gefördert vom US-Energieministerium

Bei Motoren mit langen Jahresbetriebszeiten ist der Kauf eines neuen EEM in der Regel rentabel. Beispielsweise amortisiert sich die Anschaffung eines EEM im Leistungsbereich von 20 bis 130 kW bei einer Betriebszeit von 4.000 Stunden pro Jahr und Elektrizitätskosten von 0,06 Euro/kWh innerhalb von weniger als 3 Jahren.

## **2.4 Antriebe mit veränderlicher Drehzahl**

Der Einsatz drehzahlvariabler Antriebe (Adjustable Speed Drive, ASD) zur Anpassung der Motordrehzahl an die jeweilige Lastsituation erschließt große Energieeinsparpotentiale. Darüber hinaus können ASD zu einer verbesserten Prozessführung, verringertem Verschleiß mechanischer Anlagenteile und zur Lärminderung beitragen. Bei variablen Lastanforderungen können ASD in Kreiselpumpen, Kompressoren und Lüftungsanlagen den Stromverbrauch um 20 bis 50% senken. Auch in der Materialverarbeitung, z.B. bei Zentrifugen, Fräsen und Werkzeugmaschinen, sowie in der Materialhandhabung, z.B. bei Aufwickelvorrichtungen, Förder- und Hubwerken, können ASD den Energieverbrauch reduzieren und die Leistungsfähigkeit der Anlagen steigern.

Je nach Anwendungsfall hat der ASD-Einsatz weitere Vorteile:

- Erweiterung des nutzbaren Betriebsbereichs der angetriebenen Geräte,
- Abschaltung von Motoren, was die Motorbelastung und Ineffizienz verringern kann,
- genaue Synchronisierung von Mehrfachmotoren;
- Steigerung der Reaktionsgeschwindigkeit und -zuverlässigkeit bei sich ändernden Betriebsbedingungen.

### 3. Aktionsplan

Der Aktionsplan Ihres Unternehmens sollte Informationen zu

- den Maßnahmen, die Sie durchführen wollen,
- den Zeitrahmen ihrer Umsetzung und
- die Gründe für den Ausschluss anderer Maßnahmen

beinhalten und könnte wie folgt aussehen. Der Plan wird der Kommission vorgelegt und nach der Genehmigung wird Ihre Organisation als MCP-Partner anerkannt.

Energiesparmaßnahmen	Machbarkeit <sup>(1)</sup>	spezifische Aktionen <sup>(2)</sup>	% abgedeckt <sup>(3)</sup>	Zeitplan <sup>(4)</sup>	erwartete Einsparung <sup>(5)</sup> (MWh/Jahr)
<b>Systeminstallation oder Erneuerung</b>					
Energieeffiziente Motoren (EEM)					
Korrekte Dimensionierung					
Energieeffiziente Motorreparatur (EEMR)					
Antriebe mit veränderlicher Drehzahl (ASD)					
Getriebe/Untersetzungsgetriebe hoher Effizienz					
Qualität der Stromversorgung					
<b>Systembetrieb und Wartung</b>					
Schmierung, Einstellungen, Feinabstimmung					

(1) **Machbarkeit.** Angabe von Hindernissen für die Anwendung mit einem oder mehreren der folgenden Codes:

- NA Nicht anwendbar aus technischen Gründen
- NP Nicht profitabel
- NC Nicht erwogen, weil Beurteilung zu teuer wäre

Wenn dieses Feld leer bleibt, wird die Maßnahme sowohl als anwendbar als auch als profitabel angesehen.

(2) **Spezifische Aktionen.** Mehrere spezifische Aktionen können aufgegriffen werden, um eine Energiesparmaßnahme durchzuführen. Zum Beispiel kann die richtige Dimensionierung durch Installation eines korrekt dimensionierten EEM erzielt werden.

(3) **% abgedeckt.** Wenn die vorgeschlagene Verpflichtung des Partners mehrere Antriebssysteme abdeckt, sollte diese Spalte dazu benutzt werden anzugeben, für welchen Anteil der Systeme die spezifischen Aktionen durchgeführt werden sollen. Dies kann nach dem zweckmäßigsten Indikator beurteilt werden: Anzahl an Systemen; Leistung; Energieverbrauch. Geben Sie den benutzten Indikator an, z.B. mit: "%"; "%kW", "%kWh"

(4) **Zeitplan.** Der Zeitrahmen, in dem die Aktion durchgeführt werden soll. Dies könnte ein bestimmter Zeitraum oder Zeitpunkt sein oder von einer anderen Aktion abhängen, zum Beispiel "Wenn Motor ersetzt wird".

(5) **Erwartete Einsparung** in MWh/Jahr. Dies wird oft ein Schätzwert sein, basierend auf allgemein anerkannter Praxis.

## 4. Jahresbericht

Der Jahresbericht an die Kommission dokumentiert die Fortschritte bei der Durchführung des Aktionsplans und kommentiert neue oder verbesserte Maßnahmen. Die folgende Berichtsform kann jährlich fortgeschrieben werden. Die beiden linken Spalten sind aus dem Aktionsplan des Partners übernommen, wie er von der Kommission genehmigt wurde.

genehmigter Aktionsplan		Jahresbericht 20xx
beschlossene Aktionen zur Realisierung von Energiesparmaßnahmen	vereinbarter Zeitrahmen für die Aktion	Aktionsfortschritt als erzielter Prozentsatz und gegebenenfalls Kommentare <sup>(1)</sup>
<i>Antriebssysteminstallation oder Erneuerung</i>		
Aktion 1		
Aktion 2		
...		
<i>Antriebssystembetrieb und Wartung</i>		
...		
...		

(1) Der erzielte Prozentsatz könnte als Indikator dienen, wie beispielsweise der Anteil an Systemen im Rahmen des Aktionsplans, für die die spezifische Aktion abgeschlossen ist.

Bei Bedarf können MCP-Partner der Kommission die nachstehende Zusammenfassung ihres Jahresberichts vorlegen, um die durch das Motor Challenge-Programm erzielten Energieeinsparungen zu dokumentieren. Eine Pflicht zur Vorlage besteht jedoch nicht.

<i>Zusammenfassung des Jahresberichts</i>		
	seit Verpflichtung	dieses Jahr
Prozentsatz der Aktionen im Aktionsplan abgeschlossen		
geschätzte Gesamtinvestition (Tsd. EUR) <sup>(1)</sup>		
geschätzte Änderung der Betriebs- und Wartungskosten (Tsd. EUR) <sup>(1)</sup>		
geschätzte Energieeinsparungen (MWh) <sup>(2)</sup>		
Energieeinsatz für Antriebsleistung pro erzeugte Güter (kWh/Q-Prod.) <sup>(3)</sup>		

- (1) Investitions- sowie Betriebs- und Wartungskosten sind Kostenschätzungen, die zusätzlich zu dem anfallen, was ohne Partnerverpflichtung zum MCP aufgewendet worden wäre. Dies kann beispielsweise eine zusätzliche Investition für Geräte höherer Leistung oder eine Erhöhung/Verringerung der Wartungskosten sein.
- (2) Energieeinsparungen sind im Allgemeinen schwer präzise zu messen. Sie werden gewöhnlich anhand anteiliger Schätzungen auf Basis der Bewertungsergebnisse und basierend auf allgemein anerkannten technischen Industriekoeffizienten berechnet.
- (3) Q-Produktion ist ein relevanter Indikator der Menge erzeugter Güter der Anlage, ausgedrückt beispielsweise in Tonnen, Stück, ...