

# EU-Motorenverordnung - Effizienter Entwurf von Antriebssystemen



Wichtige Hinweise zur Auslegung effizienter Antriebssysteme gemäß den derzeit gültigen Festlegungen für den umweltgerechten Einsatz von Elektromotoren in industriellen Anwendungen.

CAPIEL ist der europäische Verband der Hersteller von Niederspannungs-Schalt- und Steuergeräten. Diese Geräte sind zur Steuerung elektrischer Verteilernetze, elektrischer Maschinen und ähnlicher industrieller sowie gewerblicher Anwendungen in der EU unverzichtbar.

Dieses internationale Gremium repräsentiert eine Vielzahl von nationalen Herstellerverbänden.



Die Mitglieder dieser nationalen Verbände sind kleine, mittlere und große Unternehmen, welche in Europa mehr als 100.000 Mitarbeiter in diesem Industriebereich beschäftigen.

CAPIEL fördert und vertritt die allgemeinen fachlichen Interessen seiner Mitglieder in allen Zuständigkeitsbereichen. Wesentliche Gebiete sind hierbei die Standardisierung, Gesetzgebung sowie gemeinsame Produktinformationen.

CAPIEL fördert aktiv neue Technologien, speziell Innovationen im Bereich des Umweltschutzes und der Nachhaltigkeit, aber auch in den Bereichen Sicherheit und Arbeitsschutz.



Philippe Sauer  
CAPIEL Präsident



Michael Reichle  
CAPIEL Vize-Präsident

## Editorial der Präsidenten

Zum nachhaltigen Schutz unserer Umwelt, stehen wir mehr als je zuvor in der Verantwortung, sowohl die Energieeffizienz als auch das Energiemanagement zu optimieren. Dies ist nicht nur ein kurzfristiger Trend, sondern eine langfristige Aufgabe, welche zunehmend auch alle ökonomischen und geopolitischen Entscheidungen beeinflusst. CO<sub>2</sub>-Ausstoß und Energieverbrauch hängen bei gleichzeitiger ökonomischer Leistungsfähigkeit zunehmend von unserer Fähigkeit ab, zukünftig die Energieflüsse besser zu steuern sowie die Energieeffizienz zu steigern.

Deshalb ist der Erfolg der Ökodesign-Richtlinie eine wichtige Voraussetzung, um nachfolgenden Generationen eine bessere Welt hinterlassen zu können.

Als CAPIEL ist es unser Anliegen, energieeffiziente Systeme anzubieten. Deshalb unterstützen wir auch die Ökodesign-Richtlinie und wollen zudem sicherstellen, dass diese von allen Anwendern und Planern elektrischer Produkte, Systeme und Lösungen richtig interpretiert wird.

Diese zweite Capiel-Broschüre bietet Informationen zur Anwendung der zugehörigen EU-Motorverordnung zum Einsatz effizienter Elektromotoren. Darüber hinaus möchte diese Broschüre bei der Planung von motorischen Antriebslösungen helfen die bestmögliche Energieeffizienz zu erreichen.

Wir hoffen, Sie damit unterstützen zu können.

Mit freundlichen Grüßen.

**Philippe Sauer & Michael Reichle**

Nationale Verbände, vertreten durch CAPIEL.



# EU-Verordnung für den umweltgerechten Einsatz von Elektromotoren

Seit Juni 2011 ist die Ökodesign-Verordnung (EG) Nr. 640/2009 der Europäischen Kommission für Elektromotoren in Kraft getreten. Diese Verordnung regelt Mindesteffizienzen für viele Typen von Niederspannungs-Drehstrom-Asynchronmotoren.

Im Gegensatz zu anderen Gesetzgebern, die ausschließlich IE3-Motoren favorisieren, erlaubt das europäische Gesetz unter bestimmten Umständen auch die Nutzung von IE2-Motoren in Verbindung mit einer Drehzahlregelung.

Leider sind die Ökodesign-Richtlinien bisher produktorientiert. Die Verbesserung der Energieeffizienz ist aber notwendigerweise eine Kombination aus einem energiebezogenen Produktansatz (ErP) und einem Systemansatz.

Bei bestimmten Anwendungen sind sicherlich drehzahlveränderbare Antriebe die bessere Alternative.

Für Festdrehzahlanwendungen sind jedoch Motorstarter die energieeffizienteste Lösung, und zwar unabhängig von der Effizienzklasse des Motors (IE2/IE3).

Aus diesem Grund ist ein IE2-Motor mit einer Drehzahlregelung nicht mit einem IE3-Motor äquivalent. Stattdessen ist es immer erforderlich, die Geschwindigkeits- und Lastanforderungen der Anwendung zu berücksichtigen, um die beste Lösung auszuwählen.

## EC 640/2009 (Auszug aus Paragraph 3)

### 1 ab 16. Juni 2011

Motoren müssen mindestens das Effizienzniveau IE2 entsprechend der Definition in Anhang I, Punkt 1 aufweisen.

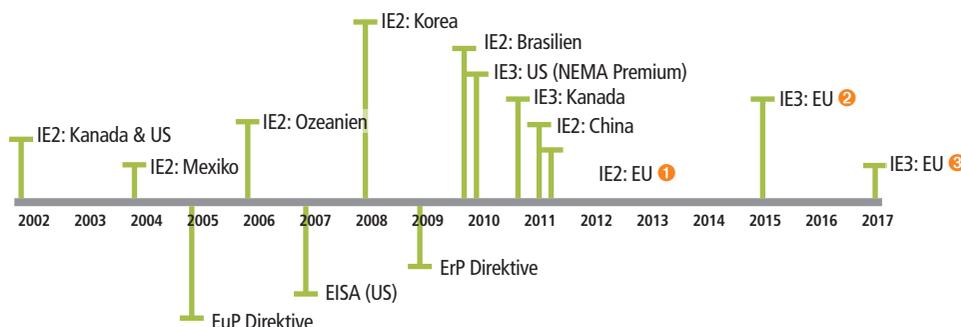
### 2 ab 1. Januar 2015

(i) Motoren mit einer Nennausgangsleistung von 7,5 bis 375 kW müssen mindestens das Effizienzniveau IE3 entsprechend der Definition in Anhang I, Punkt 1 oder das Effizienzniveau IE2 entsprechend der Definition in Anhang I, Punkt 1 aufweisen und mit einer Drehzahlregelung ausgestattet sein.

### 3 ab 1. Januar 2017

(i) Alle Motoren mit einer Nennausgangsleistung von 0,75 bis 375 kW müssen mindestens das Effizienzniveau IE3 entsprechend der Definition in Anhang I, Punkt 1 oder das Effizienzniveau IE2 entsprechend der Definition in Anhang I, Punkt 1 aufweisen und mit einer Drehzahlregelung ausgestattet sein.

Gesetzgebung für den Übergang zu effizienteren Motoren



(Daten von: „Motors & Drives Global Market Update 2011“, IMS research)

Diese Verordnung gestattet dem Anwender entweder einen IE3-Motor (für feste oder variable Drehzahl), oder einen IE2-Motor in Verbindung mit einem Drehzahlregler zu verwenden. Natürlich ist ein IE2-Motor der über einen Drehzahlregler gesteuert wird, aus energetischer Sicht, nicht gleichwertig zu einem IE3-Motor.

Aus diesem Grund haben sich die EU-Kommission zusammen mit den Herstellerverbänden CEMEP (Motoren und Umrichter) und CAPIEL (Schalt- und Steuergeräte) auf die folgende Interpretation der o.g. Regulierung verständigt:

Anwendungen mit voll belastetem Motor verbrauchen weniger Energie, wenn sie mit Motorstartern direkt am Netz betrieben werden, als durch Drehzahlregler angesteuerte Motoren. Bei anderen Anwendungen, besonders bei sich ändernden Lasten, kann der Energieverbrauch durch die Anpassung der Motorgeschwindigkeit an die Prozessanforderungen reduziert werden. Diese beiden Aussagen gelten sowohl für IE2- als auch für IE3-Motoren.

Gemäß der Verordnung (EG) 640/2009, Artikel 3, Absatz 2 und 3, hat der Endanwender die Möglichkeit entweder einen IE3-Motor (für feste oder variable Drehzahl), oder einen IE2-Motor in Verbindung mit einem Drehzahlregler zu verwenden. Der Endanwender sollte für jede spezifische Anwendung, die Entscheidung für eine der beiden Lösungen zugunsten des niedrigsten Energieverbrauchs treffen. Die Bestimmung des geringsten Energieverbrauchs für jede spezifische Anwendung sollte entsprechend der Norm Projektnummer 23551 erfolgen. Diese Norm wird derzeit durch CENELEC CLC/TC 22X/WG 06 im Auftrag der EU-Mandate M/476 und M/470 entwickelt.

Der Planer sollte für jede spezifische Applikation die Energieverluste beider Varianten bestimmen und die Lösung auswählen, welche dem Anforderungsprofil entspricht sowie den Energieverbrauch minimiert.

# Beeinflusst die neue Verordnung den Kauf eines Elektromotors?

Das wesentliche Ziel der Ökodesign-Verordnung ist die Reduzierung des Energieverbrauchs von Elektromotoren. Als zusätzlicher Vorteil ergeben sich durch die geringeren Energiekosten auch kürzere Amortisationszeiten. IE3-Motoren sind nunmehr von vielen Motorherstellern erhältlich.

Obwohl der Einkaufspreis eines IE3-Motors höher ist, ist dies stets in Relation zu den Einsparungen bei den Energiekosten zu sehen, die während der Lebensdauer des Motors erzielt werden.

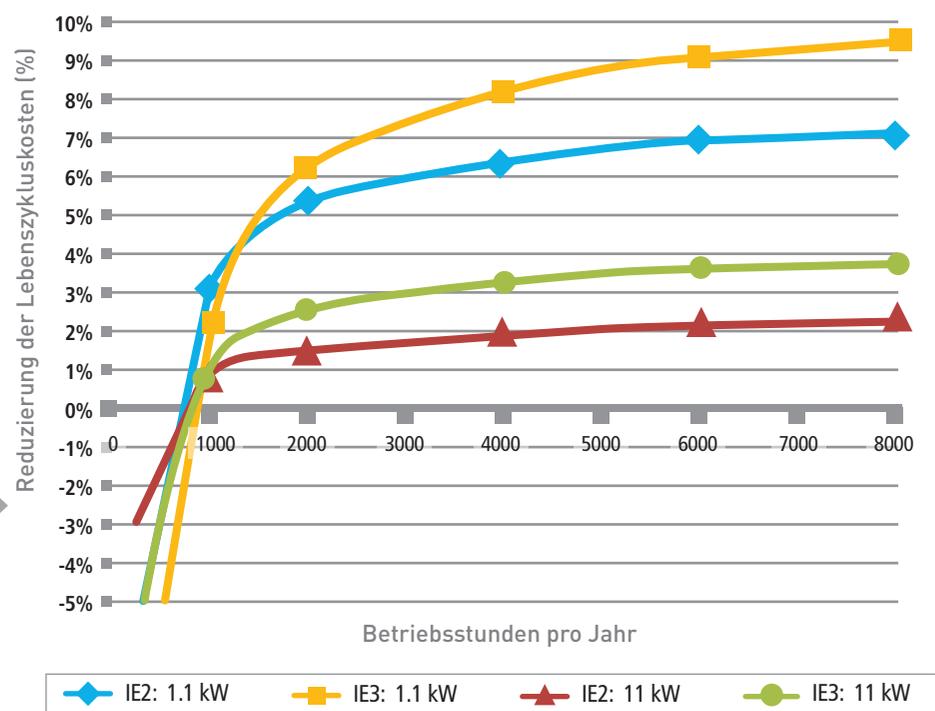
Da die Lebenszykluskosten zu mehr als 80 % aus den Energiekosten resultieren, ermöglichen hoch effiziente Motoren sowohl eine verbesserte Umweltbilanz als auch verringerte Lebenszykluskosten.

Studien mit höher effizienten Motoren konnten belegen, dass ab einer Nutzung von ca. 800 h pro Jahr sich die höheren Einkaufspreise für die Motoren amortisieren.

Mit IE3-Motoren können im Vergleich noch höhere Einsparungen realisiert werden, insbesondere bei längeren jährlichen Betriebsdauern.

Die richtige Dimensionierung von Motoren (insbesondere die Vermeidung einer Überdimensionierung) ist äußerst wichtig, um den Umweltnutzen zu maximieren und gleichzeitig die Investitionen zu minimieren.

## Gesamtkostenreduzierung gegenüber IE1-Motoren



Daten aus der EU-Vorabstudie zur Effizienzmotoren; IE1 4000 h/a, 60% Last, 12 Jahre für 1,1 kW and 15 Jahre für 11 kW.

Der frühzeitige Wechsel zu IE3-Motoren stellt einerseits die zukünftige Einhaltung zur europäischen Gesetzgebung sicher und ermöglicht andererseits auch maximale Energieeinsparungen.

- Alle größeren Motorhersteller bieten nun IE3-Standardmotoren an
- Bei der Einführung von hocheffizienten Motoren in Ihren Applikationen haben die Planer, Anlagenbauer, Gerätehersteller und Endkunden von Antriebssystemen gute Erfahrungen gesammelt.

**ANTWORT:** Ja, die EU-Verordnung gibt die Auswahl eines Motors mit höherer Effizienz vor. Vorzugsweise sollten IE3-Motoren zum Einsatz kommen. Hierdurch werden die Auswirkungen auf die Umwelt vermindert, die Lebenszykluskosten gesenkt und das Antriebssystem zukunftssicher gestaltet.

# Ändert die Verordnung die Art und Weise der Nutzung von Motorstartern?

Viele Applikationen sind klar für Festdrehzahlanwendungen prädestiniert, andere für Drehzahlveränderliche. Die Mehrheit der Anwendungen erfordert jedoch eine sorgfältige Überprüfung, welche auch zu einer Kombination der beiden Motorsteuerarten führen kann.

Aus Sicht des Gesamtsystems, wird die Effizienz wesentlich durch die gewählte Systemlösung bestimmt und nicht durch einzelne Systemkomponenten.

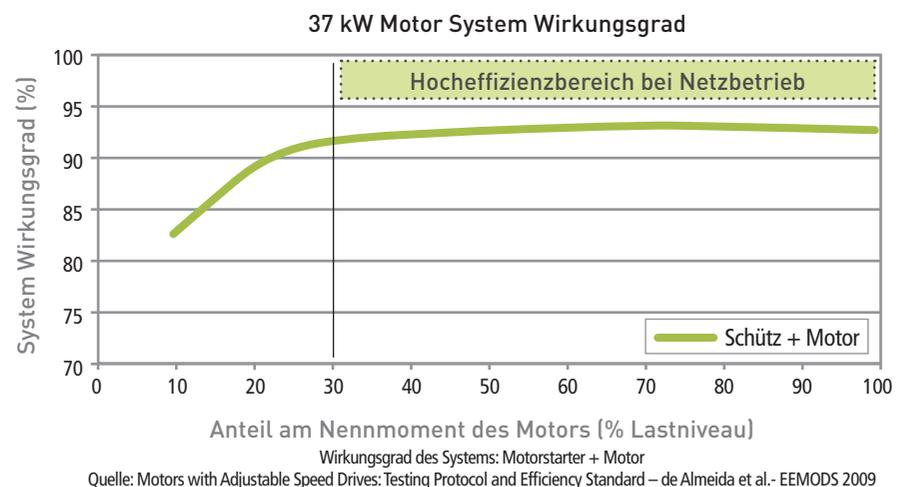


Antriebssysteme sind oft gekennzeichnet durch verschiedene oder sich stetig ändernde Lastverhältnisse. Diese Lastverhältnisse ergeben sich aus den Drehzahl- und/oder Drehmomentanforderungen, die der Motor abdecken muss. Beide Lastkomponenten – Drehzahl und Drehmoment – sind also zu betrachten, um die Lastverhältnisse des Antriebssystems zu beschreiben.

Drehzahl- und Drehmomentänderungen können unabhängig oder voneinander abhängig auftreten (statische Lastniveaus oder z.B. dynamische Lastwechsel beim Beschleunigen). Die Mehrheit der Applikationen sind Festdrehzahlanwendungen. Variierende Lasten bedeuten hier ausschließlich Änderungen im Drehmomentenbedarf. Steuerungen mit variabler Drehzahl sind dann geeignet, wenn sowohl die Applikation als auch die zugehörigen Prozesse eine Geschwindigkeitsanpassung erfordern.

## Variable Lasten in Festdrehzahlanwendungen

Bei Festdrehzahlanwendungen werden Lastwechsel, d.h. Drehmomentänderungen automatisch durch die selbstregulierende Charakteristik des Elektromotors ausgeglichen. Oberhalb einer Last von ungefähr 30% der Motornennlast, arbeitet der Motor automatisch mit nahezu maximalem Wirkungsgrad, wenn der Motor durch Motorstarter, wie Schütze oder Softstarter betrieben wird.



Antriebssysteme haben meist verschiedene Lastniveaus. Der Motor sollte möglichst so gewählt werden, dass sich diese Lastniveaus innerhalb des Bereichs von 30 bis 100% der Motornennlast befinden. Dadurch erreicht man, dass der Motor in einem sehr weiten Arbeitsbereich mit dem best möglichen Wirkungsgrad arbeitet. Zudem sind Motoren so ausgelegt, dass sie über eine kurze Zeitdauer auch Überlasten von z.B. 120% problemlos verkraften.

**ANTWORT:** Nein, weil die Auswahl eines Motorstarters immer das Ergebnis einer Systemanalyse sein sollte. Wie oben gezeigt, erreichen viele Applikationen eine höhere Energieeffizienz, wenn der Motor mit einer Motorstarterlösung gesteuert wird.

# Beeinflussen noch andere Kriterien die Auswahl eines Motorstarters?

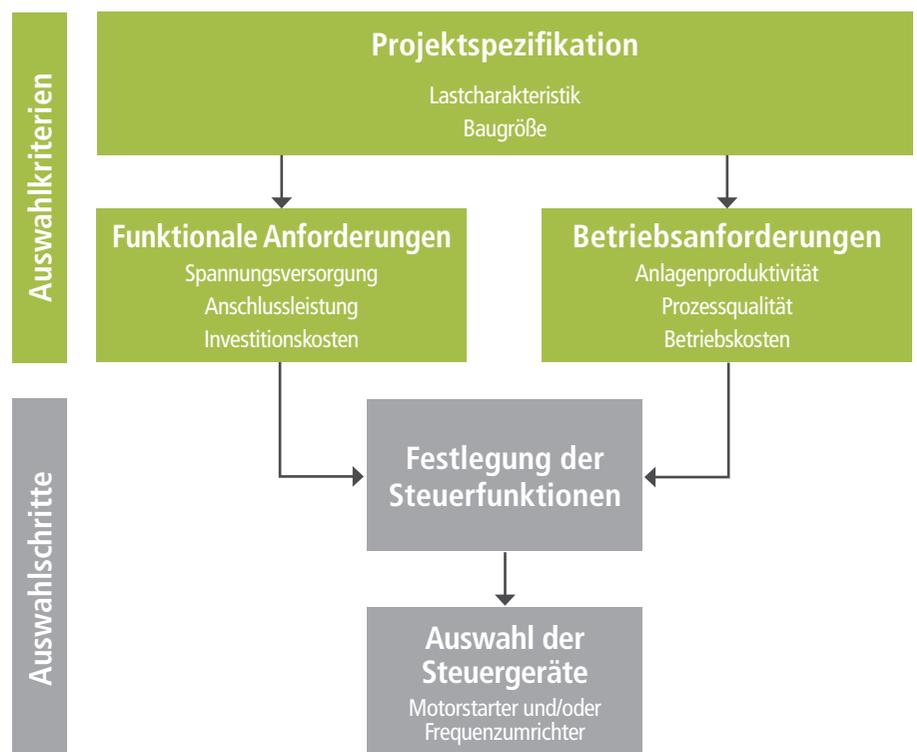
Neben der Energieeffizienz, beeinflussen viele weitere Faktoren und Randbedingungen, ob ein Motor mit variabler oder mit fester Drehzahl betrieben wird. Bei Festschwindigkeit wird der Motor durch Schütze, Softstarter oder Stern-Dreieck-Starter direkt ans Netz geschaltet.

Folgende Motorstarter-Optionen sind zum Starten und Steuern von Asynchronmotoren möglich:

- Direkt- oder Wendestarter stellen eine einfache, zuverlässige und zugleich die wirtschaftlichste Lösung zum Steuern von Motoren dar.
- Stern-Dreieck-Starter bieten eine einfache und ökonomische Möglichkeit den Anlaufstrom zu reduzieren, sofern die Last beim Anlaufvorgang kleiner ist, als ein Drittel des Motornennmoments.
- Sanftstarter ermöglichen einen ruckfreien Anlauf bei einem zugleich drastisch reduzierten Anlaufstrom. Dadurch kann auch bei der Energieversorgung der Gesamtanlage (Transformatoren, Generatoren) gespart werden.

Solche Geräte ermöglichen meist Zusatzfunktionen wie z.B. eine Pumpensteuerung, Motorstrombegrenzung, Kickstart, Schleichfahrt usw.

Die Festlegung des Steuerkonzeptes ergibt sich aus den verschiedenen Anforderungen des jeweiligen Antriebssystems, einschließlich der Energieeffizienz, Zuverlässigkeit oder den Lebenszykluskosten.



Motorstarter bieten neben höchster Energieeffizienz für Festschwindigkeit weitere praktische Vorteile, die bei der Anlagenplanung berücksichtigt werden sollten:

- **Geringe Kosten**
  - bei der Anschaffung, beim Aufbau, der Inbetriebnahme, beim laufenden Betrieb und der Wartung
  - durch eine einfachere Planung der Last- und Steuerkreise
- **Optimale Auslegung des Schaltschranks**
  - kein Bedarf einer zusätzlichen Kühlung wegen vernachlässigbarer Eigenverluste
  - minimaler Platzbedarf
- **Einfacher Anlagenaufbau**
  - einfache Installation, Betriebsabläufe und Wartung
  - kein Bedarf zusätzlicher Hilfsspannungsversorgungen
- **Robustes Antriebssystem**
  - keine EMV-Probleme
  - hoher Grad an Sicherheit, Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit
  - lange Lebensdauer

Motorstarter bieten eine hervorragende Lösung für Antriebssysteme, insbesondere wenn man deren Gesamtleistungsfähigkeit betrachtet.

**ANTWORT:** Ja, da die Festlegung der Steuerfunktionen aus einer Systemanalyse resultiert. Diese berücksichtigt neben der Funktionalität, u.a. auch die Verfügbarkeit, die Wartung oder die Lebenszykluskosten.

# Ändert sich die Art des Systemaufbaus?

Der Energiebedarf einer Förderanlage mit variablen Lasten, im Vergleich zwischen einer Motorstartersteuerung und einer Frequenzumrichterlösung.

In diesem Beispiel wird eine Förderanlage zum Transport von Schüttgut über lange Strecken betrachtet. Solche Förderanlagen sind häufig im Bergbau zu finden. Dies ist eine typische Festdrehzahlanwendung, welche hier im Beispiel von einem 37 kW Motor angetrieben wird.

Wegen wechselnder Fördermengen ergibt sich folgendes Lastprofil:

- Stillstand des Bandes für 20% der Zeit
  - 20% Last für 10% der Zeit
  - 40% Last für 30% der Zeit
  - 80% Last für 40% der Zeit

Die Gesamtbetriebszeit wird mit 3600 Stunden pro Jahr angenommen. Der Eigenenergiebedarf des Schützes bzw. des Frequenzumrichters (FU) sind in diesen Betrachtungen berücksichtigt.

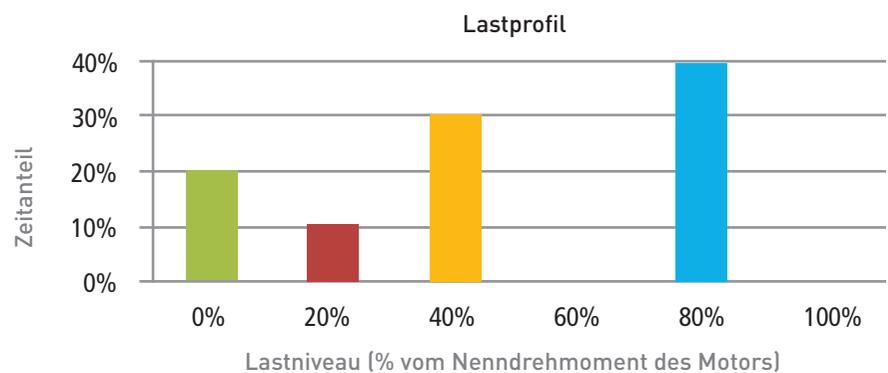
(\*) Während des Stillstands trennt das Schütz den Motor vom Netz, während der Frequenzumrichter in den Stand-by-Betrieb geht und dabei ca. 1,6 kW zur Versorgung der Steuerung und des Gleichstromzwischenkreises verbraucht.

→ **Förderanlagen sind ein typisches Beispiel für Festdrehzahlanwendungen.**

Der Drehmomentenbedarf am Motor ist abhängig von der Materialmenge die pro Zeiteinheit zu transportieren ist. Deshalb ist dies ein Beispiel für variable Lasten bei Festdrehzahl.



→ **Die betrachtete Anwendung hat folgendes Lastprofil:**



→ Betrachtet man die entsprechenden Wirkungsgrade für jedes Lastniveau (s. Bild Systemeffizienz auf Seite 5), kann man für die einzelnen Zeitanteile den jeweiligen Energieverbrauch direkt vergleichen. Aus der Addition dieser Anteile ergibt sich der Energiebedarf pro Jahr.

Last	Wirkungsgrad		Energie [MWh] pro Jahr	
	Schütz + Motor	FU + Motor	Schütz + Motor	FU + Motor
0%	AUS	Stand-by	0,0	1,6 (*)
20%	90%	83%	3,0	3,2
40%	92%	87%	17,4	18,4
60%	93%	91%	0,0	0,0
80%	94%	91%	45,3	46,8
100%	93%	90%	0,0	0,0
<b>Summe</b>			<b>65,7</b>	<b>70,0</b>
			<b>4,3 MWh Einsparung/Jahr</b>	
			<b>6,1% Einsparung</b>	

Der Motor, gesteuert über das Schütz ist bei jedem Lastniveau effizienter als die Steuerung des Motors über den Frequenzumrichter. Man erreicht im Beispiel eine Energieeinsparung von 6,1%. Auch wenn man die Anwendung ohne Stand-by-Phase betrachtet, betragen die Einsparungen immer noch 5,5%.

**ANTWORT: Nein.** Der Systemaufbau sollte sich stets aus der Analyse des Gesamtsystems ergeben. Motorstarter sind für Festdrehzahlanwendungen immer die effizienteste Lösung.

# Fazit

Die EU Ökodesign-Gesetzgebung zielt auf die Steigerung des Motor-Wirkungsgrads ab.

Zur Verbesserung der Gesamteffizienz ist es jedoch erforderlich, sowohl die Produkteffizienz als auch die Systemeffizienz zu betrachten.

Ab 2015, mit der zweiten Stufe der Einführung effizienterer Motoren, hat der Anlagenplaner die Möglichkeit entweder einen IE3-Motor (sowohl für feste als auch variable Drehzahl) oder einen IE2-Motor mit einer Drehzahlregelung zu nutzen. Hierbei sollte die energieeffizientere Lösung aus den beiden Möglichkeiten ausgewählt werden.

## Unsere Empfehlungen

- Erwägen Sie die Anschaffung von IE3-Motoren schon heute, bevor sie obligatorisch werden. Hierdurch stellen sie die zukünftige Konformität Ihrer Anlagen sicher.
- Betrachten Sie den Energieverbrauch und verwenden Sie Motorstarter in Anwendungen, in denen sie die effizienteste Lösung bieten. Verwenden Sie zum Beispiel Motorstarter in Festdrehzahlanwendungen.
- Verwenden Sie drehzahlveränderbare Antriebe in Anwendungen, in denen sie einen Mehrwert oder signifikante Energieeinsparungen erbringen.
- Bestimmen Sie den geringsten Energiebedarf für jede einzelne Anwendung gemäß der zukünftigen CENELEC-Spezifikation „Energieeffizienz für Antriebssysteme gesteuert durch Frequenzumrichter, Motorstarter und Leistungselektronik“.



Wählen Sie die Steuerungsart Ihres Antriebs auf Basis einer Systemanalyse. Berücksichtigen Sie hierbei außerdem die Funktionalität, die Verfügbarkeit, die Wartungsfreundlichkeit sowie die Lebenszykluskosten.

