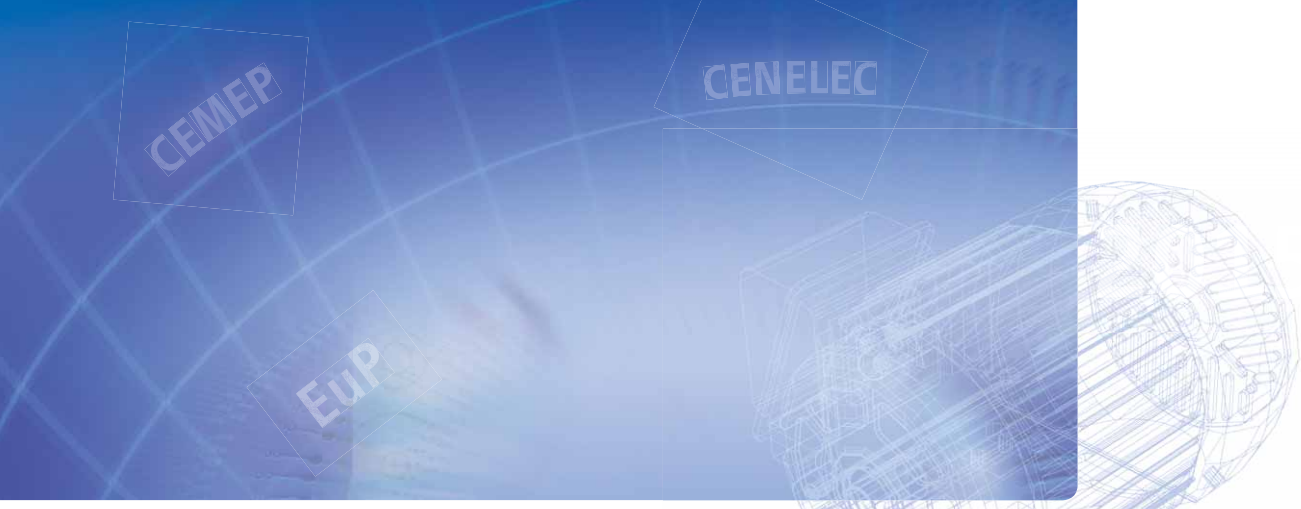
ZVEI
Automation

Motoren und geregelte Antriebe

Normen und gesetzliche Anforderungen an die Energieeffizienz von Niederspannungs-Drehstrommotoren



IMPRESSUM

Motoren und geregelte Antriebe
Normen und gesetzliche Anforderungen an die Energieeffizienz von Niederspannungs-Drehstrommotoren

Herausgegeben vom:
ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.
Fachverband Automation
Fachbereich Elektrische Antriebe

Ansprechpartner:
Heinz-Werner Blaß
Bernhard Sattler
Lyoner Straße 9
60528 Frankfurt am Main
Fon: 069 6302-377
Fax: 069 6302-279
Mail: antriebe@zvei.org
www.zvei.org

Design:
NEEDCOM GmbH
www.needcom.de

Druck:
Berthold Druck GmbH
www.berthold-gmbh.de

Frankfurt, Dezember 2010
2. Auflage

Trotz größtmöglicher Sorgfalt keine Haftung für den Inhalt.

Alle Rechte, insbesondere das Recht auf Vervielfältigung, Verbreitung und öffentliche Zugänglichmachung sowie der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form ohne schriftliche Genehmigung des ZVEI reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme gespeichert, verarbeitet, vervielfältigt, verbreitet oder öffentlich zugänglich gemacht werden.

© ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort 4

1. Wirkungsgradklassen von Motoren und Messverfahren 4

1.1 Bisherige Wirkungsgradklassen von Motoren in Europa 4

1.2 Neue internationale Norm für Wirkungsgradklassen von Motoren (IE-Code) 5

1.3 Neue IEC Messverfahren 5

1.4 Vergleich der alten und neuen Wirkungsgradklassen 5

1.5 Geltungsbereich des neuen IEC Wirkungsgradklassen-Systems (IE-Code) 6

1.6 Wirkungsgradklassen IE1, IE2 und IE3 7

2. EuP-Richtlinie und EU Motoren-Verordnung 8

2.1 EU Verordnung für Motoren Nr. 640/2009 8

2.2 Geltungsbereich und Ausnahmen 8

2.3 Anforderungen und Zeitplan 8

2.4 Geltungsbereiche IEC-Norm und EU-Verordnung 9

2.5 Wirkungsgradkennzeichnung am Motor 9

3. Umsetzung der Anforderungen aus der EU Motoren-Verordnung 10

3.1 Zeitpunkt des erstmaligen Inverkehrbringens 10

3.2 Eingebaute Motoren 10

3.3 Ersatzbeschaffung 10

3.4 Konsignationslager 11

3.5 Inbetriebnahme von Motoren mit Frequenzumrichter zur Drehzahlregelung 11

3.6 Export außerhalb des Europäischen Wirtschaftsraums 11

3.7 Marktaufsicht 11

4. Weltweite Vorschriften für Energiesparmotoren 12

5. Materialzusammensetzung bei Motoren 12

6. Lebenszykluskosten-Betrachtung 14

7. Quellenverzeichnis 15

Vorwort

Der schonende und verantwortungsbewusste Umgang mit Energie zur Ressourcenschonung, Verminderung der CO_2-Emission und zur Reduzierung der Energiekosten ist das Gebot der Stunde. Den elektrischen Antriebssystemen kommt dabei eine Schlüsselrolle zu. Elektrische Antriebe sind das Bindeglied zwischen der elektrischen Energieversorgung und der großen Zahl von mechanischen Prozessen, die einen hohen Teil der Energie benötigen. So entfallen 2/3 des gesamten industriellen Verbrauchs an elektrischer Energie auf mit Elektromotoren angetriebene Maschinen. Würden die in der deutschen Industrie, im Gewerbe und in öffentlichen Einrichtungen teilweise bereits seit Jahrzehnten laufenden Altantriebe durch moderne Antriebssysteme ersetzt, ließen sich pro Jahr Energieeinsparungen in Höhe von 38 Milliarden Kilowattstunden erzielen. Auf Europa hochgerechnet ergäben sich sogar 135 Milliarden Kilowattstunden. Die CO_2-Emission könnten in Europa um 69 Millionen Tonnen mit elektronischer Drehzahlregelung und Energiesparmotoren reduziert werden.

Die vorliegende Broschüre beschreibt die neuen international genormten Wirkungsgradklassen für Standard-Drehstrommotoren, die neuen Messverfahren sowie die Anforderungen aus der neuen europäischen Verordnung Nr. 640/2009 an die Energieeffizienz von Motoren und Antriebssystemen. Ferner wird ein Überblick über die internationale Gesetzgebung gegeben und die Themen Materialzusammensetzung sowie Lebenszykluskosten angeschnitten.

Die Broschüre richtet sich an Anwender, OEM, Maschinenbauer und Hersteller von Motoren- und Antriebssystemen.

1. Wirkungsgradklassen von Motoren und Messverfahren

Der Wirkungsgrad beschreibt die Effizienz von Motoren bei der Umwandlung von elektrischer in mechanische Energie. In Europa wurden bisher Drehstrom-Niederspannungsmotoren auf der Basis einer freiwilligen Selbstverpflichtung der Motorenhersteller mit der Europäischen Kommission in die Wirkungsgradklassen EFF3, EFF2 und EFF1 eingeteilt und vermarktet. Das Prinzip der Klassifizierung hatte sich bewährt und wurde weltweit in verschiedenen Ländern adaptiert. Leider haben andere Länder in Übersee auch ihre eigenen nationalen Systeme entwickelt, die sich teilweise stark unterschieden. Das war der Anlass für die deutschen Motorenhersteller im ZVEI, mit Unterstützung der europäischen Nachbarn einen Normungsantrag bei der Internationalen Elektrotechnische Kommission (IEC) einzubringen. Das Ziel war ein weltweit einheitlicher Standard, der die unterschiedlichen nationalen Systeme ablöst. Dieses Projekt wurde erfolgreich abgeschlossen und das Ziel erreicht.

Die neue internationale Norm IEC 60034-30:2008 definiert die Wirkungsgradklassen IE1, IE2 und IE3 für Drehstrommotoren. Das sichert eine international einheitliche Basis für die Auslegung und Kennzeichnung solcher Motoren sowie für die nationalen Gesetzgebungsaktivitäten. Parallel dazu wurden in der IEC verbesserte Methoden zur Ermittlung des Wirkungsgrades erarbeitet und genormt.

In das europäische Normenwerk wurden die internationalen Normen IEC 60034-30:2008 (Klassifizierung) und IEC 60034-2-1:2007 (Messverfahren) ohne Änderungen als EN 60034-30:2009 und EN 60034-2-1:2007 übernommen. In den nachfolgenden Kapiteln werden der Einfachheit halber nur noch die IEC Normen genannt.

1.1 Bisherige Wirkungsgradklassen von Motoren in Europa

Im Rahmen der freiwilligen Selbstverpflichtung zwischen dem europäischen Sektor-Komitee für elektrische Antriebe CEMEP und der Europäischen Kommission wurden im Jahr 1998 drei Wirkungsgradklassen im Leistungsbereich 1,1 - 90 kW definiert:

- EFF3 = Motoren mit niedrigem Wirkungsgrad
- EFF2 = Motoren mit verbessertem Wirkungsgrad
- EFF1 = Motoren mit erhöhtem Wirkungsgrad

Anmerkung: Motoren im Sinne dieses Leitfadens sind immer Niederspannungs-Drehstrommotoren.

1.2 Neue internationale Norm für Wirkungsgradklassen von Motoren (IE-Code)

Die freiwillige Selbstverpflichtung ist mittlerweile ausgelaufen. Die Wirkungsgradklassen sind jedoch eine registrierte europäische Schutzmarke. Die Verwendung der Wirkungsgradklassen basiert auf einer vertraglichen Lizenzvereinbarung zwischen den Teilnehmern an der freiwilligen Selbstverpflichtung (Motoren-Hersteller) und dem Lizenzinhaber (CEMEP/Gimélec). Diese Lizenzvereinbarung läuft zum 10. Februar 2010 aus, kann aber auf Antrag bis zum 15. Juni 2011 verlängert werden.

Die Norm IEC 60034-30:2008 definiert die Wirkungsgradklassen für Drehstrom-Niederspannungsmotoren im Leistungsbereich von 0,75 kW bis 375 kW. Die Abkürzung IE steht für International Efficiency und wird mit einer Zahl kombiniert:

- IE1 = Standard Wirkungsgrad
- IE2 = Hoher Wirkungsgrad
- IE3 = Premium Wirkungsgrad

Die Messung der Wirkungsgrade erfolgt nach den Verfahren aus IEC 60034-2-1:2007 (siehe Kapitel 1.3).

Wichtig: Die neuen Wirkungsgradklassen (IE-Code) müssen nach den neuen Messverfahren (Kapitel 1.3) ermittelt werden.

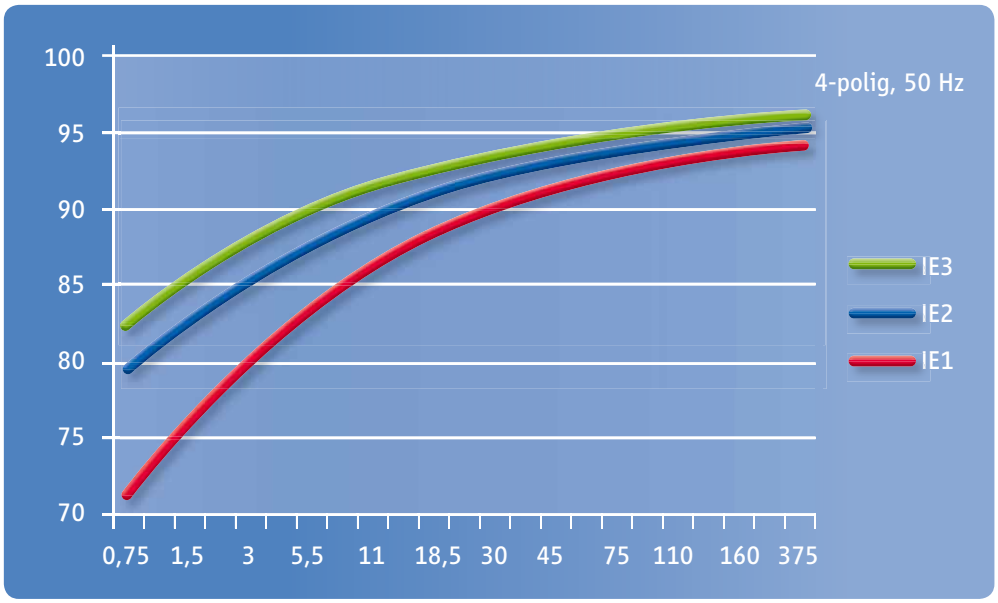


Bild 1: Weltweit gültige Wirkungsgradkurven (IE-Code)

1.3 Neue IEC Messverfahren

Die neuen Messverfahren gemäß der IEC 60034-2-1:2007 (Standardverfahren zur Bestimmung der Verluste und des Wirkungsgrades aus Prüfungen) gelten für alle Motoren innerhalb des Geltungsbereichs von IEC 60034-1. Sie führen zu einer genaueren Ermittlung der Zusatzverluste. Die neue Norm löst in Europa die bisherige Norm EN 60034-2:1996 ab, die seit 1. November 2010 ungültig ist. Motoren, die mit dem neuen Wirkungsgradklassen-System (IE-Code) gekennzeichnet sind, müssen auch mit den neuen Messverfahren gemessen werden.

1.4 Vergleich der alten und neuen Wirkungsgradklassen

Das neue internationale Wirkungsgradklassen-System (IE-Code) hat ein nach oben offenes Zählsystem. Im Gegensatz zu den alten EFF-Wirkungsgradklassen können damit zukünftige Entwicklungen besser abgebildet werden. Zusätzlich gibt es eine neue Klasse IE3, die in der alten Klassifizierung nicht existierte. Auch der Geltungsbereich wurde wesentlich erweitert, so gilt der neue IE-Code für einen größeren Leistungsbereich und auch für die in den USA üblichen 60 Hz-Klassen.

Der Hauptunterschied zwischen den beiden Wirkungsgradklassen (EFF und IE) liegt im Verfahren zu deren Ermittlung. Beim direkten Vergleich am selben Motor ist davon auszugehen, dass sich der nach den neuen Messverfahren ermittelte Wirkungsgrad reduziert. So ist z. B. ein 4-poliger, 11 kW, EFF1 Motor mit einem Wirkungsgrad von 91,0% physikalisch identisch mit einem IE2 Motor mit einem Wirkungsgrad von 89,8%.

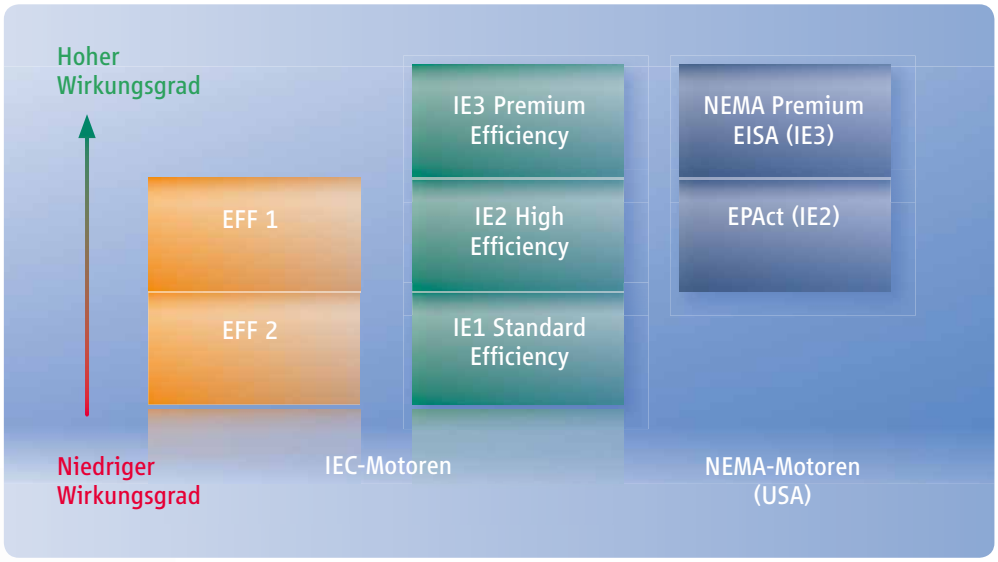


Bild 2: Wirkungsgradklassen

1.5 Geltungsbereich des neuen IEC Wirkungsgrad-klassen-Systems (IE-Code)

Das Wirkungsgradklassen-System nach IEC 60034-30 gilt für Niederspannungs-Drehstrommotoren mit Käfigläufer und folgenden Spezifikationen:

- Bemessungsspannungen bis 1000 V;
- Bemessungsleistungen von 0,75 kW bis 375 kW;
- Polzahl 2, 4 oder 6;
- Bemessen für Dauerbetrieb (S1) oder nahezu Dauerbetrieb (S3 mit Einschaltdauer von 80% oder mehr);
- Geeignet für direktes Einschalten am Netz;
- Geeignet für die in IEC 60034-1 definierten Umgebungsbedingungen (Temperatur, Aufstellhöhe etc.).

Motoren mit Flanschen, Füßen und/oder Wellenenden, deren mechanische Abmessung von den Festlegungen der Norm IEC 60072-1 abweichen, sind in der vorliegenden Norm eingeschlossen.

Getriebemotoren und Bremsmotoren fallen unter diese Norm, auch wenn besondere Wellenenden und Flansche in den Motoren eingesetzt werden.

Einige Motoren im Anwendungsbereich der Norm können mit Hilfseinrichtungen ausgerüstet sein. Solange diese kein integraler Bestandteil der Motorenkonstruktion sind, ist es praktisch nicht möglich, den Wirkungsgrad in allen möglichen Kombinationen zu bestimmen. Die Prüfung des Wirkungsgrades solcher modifizierten Standardmotoren muss daher am Basismotor ohne Hilfseinrichtung vorgenommen werden.

Ausgenommen von der Klassifizierung sind:

- Motoren für Kurzzeitbetrieb (S2) oder Schaltbetrieb (S3 < 80% bis S10);
- Motoren, die in Übereinstimmung mit IEC 60034-25 speziell für Umrichterbetrieb bemessen wurden, sowie
- Motoren, die so speziell für eine Anwendung konstruiert wurden, dass sie nicht eigenständig gemessen werden können (zum Beispiel Pumpenmotoren mit Nassläufern).

1.6 Wirkungsgradklassen IE1, IE2 und IE3

P_N in kW	IE1, 50 Hz			IE2, 50 Hz			IE3, 50 Hz		
	Anzahl der Pole								
	2	4	6	2	4	6	2	4	6
0,75	72,1	72,1	70,0	77,4	79,6	75,9	80,7	82,5	78,9
1,1	75,0	75,0	72,9	79,6	81,4	78,1	82,7	84,1	81,0
1,5	77,2	77,2	75,2	81,3	82,8	79,8	84,2	85,3	82,5
2,2	79,7	79,7	77,7	83,2	84,3	81,8	85,9	86,7	84,3
3	81,5	81,5	79,7	84,6	85,5	83,3	87,1	87,7	85,6
4	83,1	83,1	81,4	85,8	86,6	84,6	88,1	88,6	86,8
5,5	84,7	84,7	83,1	87,0	87,7	86,0	89,2	89,6	88,0
7,5	86,0	86,0	84,7	88,1	88,7	87,2	90,1	90,4	89,1
11	87,6	87,6	86,4	89,4	89,8	88,7	91,2	91,4	90,3
15	88,7	88,7	87,7	90,3	90,6	89,7	91,9	92,1	91,2
18,5	89,3	89,3	88,6	90,9	91,2	90,4	92,4	92,6	91,7
22	89,9	89,9	89,2	91,3	91,6	90,9	92,7	93,0	92,2
30	90,7	90,7	90,2	92,0	92,3	91,7	93,3	93,6	92,9
37	91,2	91,2	90,8	92,5	92,7	92,2	93,7	93,9	93,3
45	91,7	91,7	91,4	92,9	93,1	92,7	94,0	94,2	93,7
55	92,1	92,1	91,9	93,2	93,5	93,1	94,3	94,6	94,1
75	92,7	92,7	92,6	93,8	94,0	93,7	94,7	95,0	94,6
90	93,0	93,0	92,9	94,1	94,2	94,0	95,0	95,2	94,9
110	93,3	93,3	93,3	94,3	94,5	94,3	95,2	95,4	95,1
132	93,5	93,5	93,5	94,6	94,7	94,6	95,4	95,6	95,4
160	93,8	93,8	93,8	94,8	94,9	94,8	95,6	95,8	95,6
200 - 375	94,0	94,0	94,0	95,0	95,1	95,0	95,8	96,0	95,8

Tabelle 1: Wirkungsgradklassen 50Hz gemäß IEC 60034-30:2008

P_N in kW	IE1, 60 Hz			IE2, 60 Hz			IE3, 60 Hz		
	Anzahl der Pole								
	2	4	6	2	4	6	2	4	6
0,75	77,0	78,0	73,0	75,5	82,5	80,0	77,0	85,5	82,5
1,1	78,5	79,0	75,0	82,5	84,0	85,5	84,0	86,5	87,5
1,5	81,0	81,5	77,0	84,0	84,0	86,5	85,5	86,5	88,5
2,2	81,5	83,0	78,5	85,5	87,5	87,5	86,5	89,5	89,5
3,7	84,5	85,0	83,5	87,5	87,5	87,5	88,5	89,5	89,5
5,5	86,0	87,0	85,0	88,5	89,5	89,5	89,5	91,7	91,0
7,5	87,5	87,5	86,0	89,5	89,5	89,5	90,2	91,7	91,0
11	87,5	88,5	89,0	90,2	91,0	90,2	91,0	92,4	91,7
15	88,5	89,5	89,5	90,2	91,0	90,2	91,0	93,0	91,7
18,5	89,5	90,5	90,2	91,0	92,4	91,7	91,7	93,6	93,0
22	89,5	91,0	91,0	91,0	92,4	91,7	91,7	93,6	93,0
30	90,2	91,7	91,7	91,7	93,0	93,0	92,4	94,1	94,1
37	91,5	92,4	91,7	92,4	93,0	93,0	93,0	94,5	94,1
45	91,7	93,0	91,7	93,0	93,6	93,6	93,6	95,0	94,5
55	92,4	93,0	92,1	93,0	94,1	93,6	93,6	95,4	94,5
75	93,0	93,2	93,0	93,6	94,5	94,1	94,1	95,4	95,0
90	93,0	93,2	93,0	94,5	94,5	94,1	95,0	95,4	95,0
110	93,0	93,5	94,1	94,5	95,0	95,0	95,0	95,8	95,8
150	94,1	94,5	94,1	95,0	95,0	95,0	95,4	96,2	95,8
185 - 375	94,1	94,5	94,1	95,4	95,4	95,0	95,8	96,2	95,8

Tabelle 2: Wirkungsgradklassen 60Hz gemäß IEC 60034-30:2008

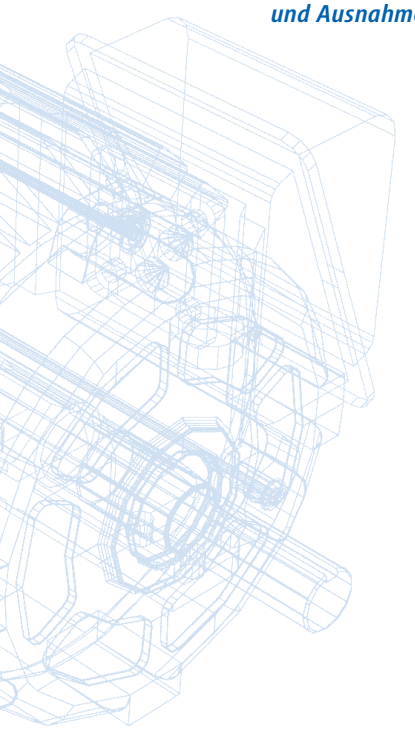
2. EuP-Richtlinie und EU Motoren-Verordnung

Die Europäische Union hat sich das umweltpolitische Ziel gesetzt, den Treibhausgasausstoß bis zum Jahr 2020 um 20 Prozent zu senken. Erste Maßnahmen zur Erreichung dieses Ziels sind u. a. das Glühlampenverbot und Vorgaben zur Reduzierung der Standby-Verluste. Die gesetzliche Grundlage hierfür ist die am 6. Juli 2005 verabschiedete EuP-Richtlinie (2005/32/EG), die Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte festlegt. Die EuP-Richtlinie bildet den Rahmen für eine Vielzahl von produktbezogenen Verordnungen. Am 21. Oktober 2009 trat eine Neufassung in Kraft (2009/125/EG), die die Anforderungen auf die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte erweitert (ErP – Energyrelated Products). Die nationale Umsetzung in Deutschland ist das Energiebetriebene-Produkte-Gesetz (EBPG), das umgangssprachlich als Ökodesign-Richtlinie bezeichnet wird.

2.1 EU Verordnung für Motoren Nr. 640/2009

In der Verordnung Nr. 640/2009 der Kommission vom 22. Juli 2009 werden Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Elektromotoren und den Einsatz von elektronischer Drehzahlregelung festgelegt. Diese gelten auch, wenn sie in andere Produkte eingebaut werden (z. B. Maschinen).

2.2 Geltungsbereich und Ausnahmen



Im Vergleich mit der IEC 60034-30 hat die EuP-Motorenverordnung einen reduzierten Geltungsbereich. Beide umfassen Drehstrom-Niederspannungsmotoren mit Käfigläufer 50-Hz oder 50/60-Hz mit folgenden Eigenschaften:

- Bemessungsspannungen bis 1000 V;
- Bemessungsleistungen von 0,75 kW bis 375 kW
- Polzahl 2, 4 oder 6;
- Bemessen für Dauerbetrieb

Die Unterschiede liegen in den Ausnahmen und der zusätzlichen Betriebsart S3 (Einschaltdauer ≥ 80 %).

Ausgenommen aus der EuP-Motorenverordnung sind:

a) Motoren, die dafür ausgelegt sind, ganz in eine Flüssigkeit eingetaucht betrieben zu werden;
b) vollständig in ein Produkt eingebaute Motoren, deren Energieeffizienz nicht unabhängig von diesem Produkt erfasst werden kann;
c) Motoren, die speziell für den Betrieb unter folgenden Bedingungen ausgelegt sind:
   i) in Höhen über 1.000 Meter über dem Meeresspiegel;
   ii) bei Umgebungstemperaturen über 40 °C;
   iii) bei Betriebshöchsttemperaturen über 400 °C;
   iv) bei Umgebungstemperaturen unter – 15 °C (beliebiger Motor) bzw. bei Umgebungstemperaturen unter 0 °C (luftgekühlter Motor);*
   v) bei Kühlflüssigkeitstemperaturen am Einlass eines Produkts unter 5 °C oder über 25 °C;
   vi) in explosionsgefährdeten Bereichen im Sinne der Richtlinie 94/9/EG des Europäischen Parlaments und des Rates (3);
d) Bremsmotoren

2.3 Anforderungen und Zeitplan

Die einzelnen Anforderungen treten nach folgendem Zeitplan in Kraft:

- Ab 16. Juni 2011 müssen neu in Verkehr gebrachte Motoren mindestens die Wirkungsgradklasse IE2 erreichen.
- Ab 1. Januar 2015 gilt: Neu in den Verkehr gebrachte Motoren mit einer Nennausgangsleistung von 7,5 bis 375 kW müssen entweder mindestens die Wirkungsgradklasse IE3 erreichen oder der Wirkungsgradklasse IE2 entsprechen, dürfen dann aber nur mit einer elektronischen Drehzahlregelung betrieben werden.
- Ab 1. Januar 2017 gilt: Neu in Verkehr gebrachte Motoren mit einer Nennausgangsleistung von 0,75 bis 375 kW müssen entweder mindestens die Wirkungsgradklasse IE3 erreichen oder der Wirkungsgradklasse IE2 entsprechen, dürfen dann aber nur mit einer elektronischen Drehzahlregelung betrieben werden.

Die elektronische Drehzahlregelung erfolgt mit einem Frequenzumrichter, der die Drehzahl des Motors und damit die abgegebene Leistung an den unterschiedlichen Bedarf anpasst. Die detaillierte Umsetzung des Zeitplans ist in Kapitel 3 beschrieben.

* Anmerkung: Die Europäische Kommission hat bestätigt, dass es sich bei dem Ausdruck „luftgekühlter Motor" um einen Schreibfehler handelt, der zu „wassergekühlter Motor" korrigiert werden muss. Bis zur offiziellen Klärung gilt der aktuelle Verordnungstext.

2.4 Geltungsbereiche Norm und Verordnung

Normen haben den Charakter von Empfehlungen, deren Beachtung zunächst jedermann freisteht. Sie haben an sich keine rechtliche Verbindlichkeit, können aber durch Rechtsvorschriften eines Gesetzgebers oder durch Verträge, in denen ihre Einhaltung vereinbart wurde, verbindlich werden. Sie dienen häufig der Ausfüllung unbestimmter Rechtsbegriffe, zum Beispiel des Begriffs „Stand der Technik", und erlangen dadurch rechtliche Bedeutung.

Bild 3: Geltungsbereich Norm und Verordnung

Die Norm IEC 60034-30:2008 definiert Wirkungsgradklassen von Motoren und sorgt damit für eine weltweit einheitliche Vorgabe. Sie legt aber nicht fest, ob Motoren eine bestimmte Mindestwirkungsgradklasse haben müssen. Das wird in den entsprechenden nationalen Gesetzen und Verordnungen festgelegt. In Europa regelt die Motorenverordnung 640/2009 die Mindestanforderungen.

Zu beachten ist, dass der Geltungsbereich der EU Motorenverordnung (Kapitel 2.2) kleiner ist als der Geltungsbereich der IEC 60034-30.

	Welcher Motor fällt in welchen Geltungsbereich?	Norm IEC 60034-30: 2008 Kennzeichnung der Klassen: IE1, IE2, IE3	EuP-Richtlinie/ Verordnung 640/2009 Gesetzliche Mindestanforderung
1.	Standard-Drehstrom-Asynchronmotor 0,75 – 375 kW 2, 4, 6 – polig, Dauerbetrieb *(Anmerkung: Gilt auch, wenn der Motor in eine Maschine eingebaut ist)*	Ja *Anmerkung: zusätzlich Betriebsart S3 (Einschaltdauer ≥ 80 %)*	Ja
2.	Standard-Drehstrom-Asynchronmotor mit Hilfseinrichtungen (Wellendichtringe, Rücklaufsperren, Drehgeber etc.) 0,75 – 375 kW, 2, 4, 6 – polig, Dauerbetrieb *(Anmerkung: Messung des Wirkungsgrades ohne Hilfseinrichtungen)*	Ja *Anmerkung: zusätzlich Betriebsart S3 (Einschaltdauer ≥ 80 %)*	Ja
3.	Getriebemotor	Ja	Ja
4.	Explosionsgeschütze Motor	Ja	Nein
5.	Bremsmotor: Ein Motor mit einer elektromechanischen Bremseinrichtung, die ohne Kupplungen direkt auf die Antriebswelle eingreift.	Ja	Nein
6.	Motoren die vollständig in eine Maschine integriert sind (z. B. Pumpen, Lüfter, Getriebe und Kompressoren) und deren Wirkungsgrad nicht unabhängig von dieser Maschine gemessen werden kann;	Nein	Nein
7.	Andere Motorenarten (z. B. Permanentmagnetmotoren, polumschaltbare Motoren, Motoren für Schaltbetrieb wie z. B. Servomotoren)	Nein	Nein

Tabelle 3: Gegenüberstellung der Geltungsbereiche IEC/EU-Motorenverordnung

2.5 Wirkungsgradkennzeichnung am Motor

Jeder Motor muss mit einem Leistungsschild ausgerüstet sein. Die Angaben auf dem Leistungsschild werden in der Norm IEC 60034-1 festgelegt, u.a. die Angabe des Wirkungsgrades η bei 100% Nennlast. Die Motorenverordnung verlangt zusätzlich die Angabe des Wirkungsgrades bei 75% und 50% Nennlast.

Der ZVEI ist der Meinung, dass die nach IEC 60034-1 geforderte Angabe des Wirkungsgrades auf dem Leistungsschild bei 100% Nennlast ausreichend ist. Die Angabe des Wirkungsgrades bei 75% und 50% Nennlast in der Dokumentation genügen aus. Der ZVEI hat die Europäische Kommission um Prüfung gebeten. Bis zur Klärung gilt der aktuelle Verordnungstext.

3. Umsetzung der Anforderungen aus der EU Motoren-Verordnung

Bild 4: CE-Kennzeichnung

Der Hersteller oder sein Bevollmächtigter muss die Konformität der Motoren mit den Anforderungen der Verordnung 640/2009 sicherstellen. Maßgeblich für das Wirksamwerden der Anforderungen ist, ebenso wie bei anderen europäischen Produktvorschriften („CE-Richtlinien"), der Zeitpunkt des „erstmaligen Inverkehrbringens" und in bestimmten Fällen der „Inbetriebnahme".

Die nachstehenden Abschnitte 3.1 bis 3.5 sind ZVEI-Positionen, die auf Basis der gesetzlichen Bestimmung und Veröffentlichung der Kommission im Rahmen der CE-Richtlinien erstellt wurden.

3.1 Zeitpunkt des erstmaligen Inverkehrbringens

Motoren, die vor dem Stichtag 16. Juni 2011 in Verkehr gebracht wurden, dürfen auch noch nach Ablauf des Stichtags weiterverkauft und nach den vor dem Stichtag geltenden Regeln in Betrieb genommen und eingesetzt werden.

Praxisbeispiel
Der Hersteller A ausgewiesen durch seinen Namen auf oder bei dem Produkt kann bis zum 15. Juni 2011 Motoren im Geltungsbereich der Verordnung 640/2009 mit einem Wirkungsgrad unterhalb der Klasse IE2 in Verkehr bringen. Diese Motoren gelten als rechtmäßig in Verkehr gebracht, wenn sie an eine andere juristische Person (z. B. Händler, Vertriebs-GmbH des Herstellers) bis zu diesem Datum übergegangen sind. Sie können auch noch nach dem Stichtag 16. Juni 2011 weiter verkauft, in Betrieb genommen und eingesetzt werden.

3.2 Eingebaute Motoren

Motoren, die vor dem Stichtag 16. Juni 2011 in Verkehr gebracht wurden, dürfen auch noch nach Ablauf des Stichtags in Geräte eingebaut und mit diesen verkauft werden.

Praxisbeispiel
Eine Maschine (z. B. Kompressor, Pumpe) beinhaltet einen eingebauten Motor der Effizienzklasse IE1 gemäß dem Geltungsbereich der Verordnung 640/2009. Der Hersteller dieses Motors ist durch seinen Namen auf oder bei dem eingebauten Motor ausgewiesen. Der Motor wurde vor dem 16. Juni 2011 rechtmäßig in Verkehr gebracht. Die Pumpe kann auch noch nach dem Stichtag 16. Juni 2011 mit dem eingebauten Motor mit einem Wirkungsgrad der Klasse IE1 in Verkehr gebracht und eingesetzt werden.

Durch die Einbeziehung von Motoren, die in andere Geräte eingebaut sind und zunächst nicht als Motor in Verkehr gebracht werden, wird sichergestellt, dass es keine Umgehung der gesetzlichen Regelung bei importierten Produkten (z. B. Maschinen) möglich ist.

Praxisbeispiel
Eine Pumpe beinhaltet als fertiges Produkt einen Motor – gemäß dem Geltungsbereich der Verordnung 640/2009 – und wird in die Europäische Gemeinschaft importiert. Der eingebaute Motor muss den Anforderungen der Verordnung 640/2009 entsprechen. In diesem Fall wird der Motor im Europäischen Wirtschaftsraum als eingebauter Motor erstmalig bereit gestellt.

3.3 Ersatzbeschaffung

Für Ersatzmotoren gibt es in der Verordnung keine Ausnahmereglung. Es sind die Vorgaben gemäß Kapitel 3.1 Zeitpunkt des Inverkehrbringens zu beachten.

Praxisbeispiel
Ein Motor der Effizienzklasse IE1 im Geltungsbereich der Verordnung 640/2009 darf nach dem Stichtag 16. Juni 2011 auch als Ersatzmotor nicht mehr in (Erst-) Verkehr gebracht werden.

3.4 Konsignationslager

Die Verträge für Konsignationslager sind verschieden. In der Praxis versteht man unter einem Konsignationslager ein Warenlager eines Lieferanten oder Dienstleisters, welches sich im Unternehmen des Kunden (Abnehmers) befindet. Die Ware verbleibt solange im Eigentum des Lieferanten, bis der Kunde sie aus dem Lager entnimmt. Erst zum Zeitpunkt der Entnahme findet eine Lieferung als Grundlage der Rechnungsstellung statt. Jedoch ist bereits mit dem Überlassen im Konsignationslager eine erstmalige Bereitstellung (diese kann entgeltlich oder unentgeltlich sein) eines energiebetriebenen Produkts gegeben, wodurch von einem Inverkehrbringen auszugehen ist.

Praxisbeispiel
Motoren im Geltungsbereich der Verordnung 640/2009 mit einem Wirkungsgrad unterhalb der Effizienzklasse IE2, die vor dem Stichtag 16. Juni 2011 in einem Konsignationslager eingelagert sind und über die der Kunde die uneingeschränkte Verfügungsgewalt hat, können auch nach dem Stichtag vom Kunden aus dem Lager entnommen und genutzt werden.

3.5 Inbetriebnahme von Motoren mit Frequenzumrichter zur Drehzahlregelung

Motoren der Effizienzklasse IE2 dürfen auch noch nach Stichtag dem 1. Januar 2015 unter bestimmten Voraussetzungen in Verkehr gebracht werden. Die Voraussetzungen sind, dass der Hersteller entsprechend der Verordnung auf dem Motor und in den Produktinformationen darauf hinweist, dass der Motor nur mit einer Drehzahlregelung in Betrieb genommen werden darf. Für Motoren der Klasse IE2, die vor dem 1. Januar 2015 (2017) in Verkehr gebracht wurden, gelten die Aussagen unter Punkt 3.1 „Zeitpunkt des erstmaligen Inverkehrbringens“.

3.6 Export außerhalb des Europäischen Wirtschaftsraums

In folgenden Fällen handelt es sich nicht um ein Inverkehrbringen:

- wenn das Produkt von einem Hersteller in einem Mitgliedstaat in ein Drittland außerhalb des Europäischen Wirtschaftsraums (EWR) exportiert wird;
- wenn ein Produkt eines Herstellers einem Exporteur (Händler oder Weiterverarbeiter) überlassen wird, der es eigenständig oder im eingebauten Zustand außerhalb des EWR exportiert.

Praxisbeispiele

- Ein im Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) ansässiger Hersteller kann Motoren der Klasse IE1 im Geltungsbereich der Verordnung 640/2009 auch nach dem 16. Juni 2011 produzieren und vertreiben, sofern diese Motoren eindeutig für den Export außerhalb des EWR bestimmt sind. In diesem Fall darf kein CE-Kennzeichen angebracht werden.
- Ein im Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) ansässiger Hersteller von Maschinen baut Motoren in seine Maschine ein und exportiert diese ausschließlich in Länder außerhalb des EWR. Die eingebauten Motoren müssen nicht die Verordnung 640/2009 und andere CE-Richtlinien einhalten und dürfen nicht mit einem CE-Kennzeichen gekennzeichnet werden.

Anmerkung:
Es ist dafür Sorge zu tragen, dass diese Motoren ausschließlich außerhalb des Europäischen Wirtschaftsraum genutzt werden.

3.7 Marktaufsicht

Die Marktaufsicht ist Aufgabe der Mitgliedstaaten der EU. Sie benennen die für die Marktaufsicht zuständigen Behörden und legen die Aufgaben, Befugnisse und organisatorischen Vorkehrungen fest. In Deutschland obliegt die Marktüberwachung den zuständigen Landesbehörden. Die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) koordiniert den Informationsaustausch zwischen den Marktüberwachungsbehörden der Bundesländer und den anderen Mitgliedsstaaten der EU. Die BAM unterstützt die Länderbehörden bei der Erarbeitung ihres Überwachungskonzeptes und bei der Überprüfung der Effektivität der Marktüberwachung.

4. Weltweite Vorschriften für Energiesparmotoren

Weltweit gibt es verschiedene Regelungen für den Einsatz von Energiesparmotoren, die bereits in Kraft getreten oder noch in Arbeit sind. Die Tabelle 4 gibt einen Überblick über die Regelungen in wichtigen Industrieländern. Sie erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit, da das Thema von einer sehr dynamischen Entwicklung geprägt ist.

Land	Informationen:
Australien	http://www.energyrating.gov.au/man1.html
Brasilien	http://www.inmetro.gov.br
Chile	http://www.sec.cl http://www.clasponline.org/clasp.online.worldwide.php?teststandard=1086
China	http://www.cnis.gov.cn http://www.energylabel.gov.cn
Kanada	http://www.oee.nrcan.gc.ca/regulations/home_page.cfm
Korea	http://www.mke.go.kr/ http://www.co2.kemco.or.kr/
Mexiko	http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/ndex.jsp?id=19
Schweiz	http://www.bfe.admin.ch/themen/00507/04257/index.html?lang=de
Süd-Afrika	http://www.sabs.co.za http://www.sabs.co.za/index.php?page=electrorotating
U.S.A.	http://www.nema.org/gov/energy/efficiency/premium/

Tabelle 4: Übersicht/Ausschnitt der weltweiten Energieeffizienz-Vorschriften für Motoren

5. Materialzusammensetzung bei Motoren

Die Ökodesign-Richtlinie beschäftigt sich auch mit der Materialzusammensetzung von Produkten. Motoren wurde in einer Studie im Auftrag der Europäischen Kommission untersucht, mit dem Ergebnis, dass die Nutzungsphase und nicht die Herstellungsphase für die Umweltbetrachtung entscheidend ist. Das europäische Sektor-Komitee für elektrische Antriebe CEMEP hat durchschnittliche Werte für die Materialzusammensetzung ermittelt. In den Tabellen 5 bis 7 werden die wesentlichen Materialien von Motoren der Leistungsbereiche 1,1 kW, 11 kW und 110 kW in den Wirkungsgradklassen IE1 und IE2 dargestellt.

	1,1 kW Motor, IE1		1,1 kW Motor, IE2	
	Durchschnitt kg/per kW	Toleranz	Durchschnitt kg/per kW	Toleranz
Elektroblech	5,40	-	8,00	-
Andere Stahlwerkstoffe	1,50	-	1,60	-
Grauguss (Eisen)*	2,50	0,0 – 5,0	2,50	0,0 – 5,0
Aluminium*	1,70	0,5 – 2,5	2,00	0,5 – 4,0
Kupfer	1,24	-	1,90	-
Isolationsmaterial	0,05	-	0,05	-
Verpackungsmaterial	1,00	-	1,00	-
Imprägnierharz	0,30	-	0,30	-
Lack/Farbe	0,10	-	0,10	-

Tabelle 5: Typische Materialzusammensetzung eines 1,1 kW Motors der Klasse IE1 und IE2

	11 kW Motor, IE1		11 kW Motor, IE2	
	Durchschnitt kg/per kW	Toleranz	Durchschnitt kg/per kW	Toleranz
Elektroblech	3,60	-	4,80	-
Andere Stahlwerkstoffe	0,95	-	1,00	-
Grauguss (Eisen)*	1,30	0,0 – 2,0	1,30	0,0 – 2,0
Aluminium*	0,90	0,2 – 1,5	1,00	0,25 – 1,8
Kupfer	0,64	-	0,90	-
Isolationsmaterial	0,02	-	0,02	-
Verpackungsmaterial	0,90	-	0,90	-
Imprägnierharz	0,10	-	0,10	-
Lack/Farbe	0,05	-	0,05	-

Tabelle 6: Typische Materialzusammensetzung eines 11 kW Motors der Klasse IE1 und IE2

	110 kW Motor, IE1		110 kW Motor, IE2	
	Durchschnitt kg/per kW	Toleranz	Durchschnitt kg/per kW	Toleranz
Elektroblech	3,10	-	3,60	-
Andere Stahlwerkstoffe	0,67	-	0,70	-
Grauguss (Eisen)	3,00	-	3,00	-
Aluminium	0,18	-	0,20	-
Kupfer	0,54	-	0,60	-
Isolationsmaterial	0,01	-	0,01	-
Verpackungsmaterial	0,50	-	0,50	-
Imprägnierharz	0,05	-	0,05	-
Lack/Farbe	0,01	-	0,01	-

Tabelle 7: Typische Materialzusammensetzung eines 110 kW Motors der Klasse IE1 und IE2

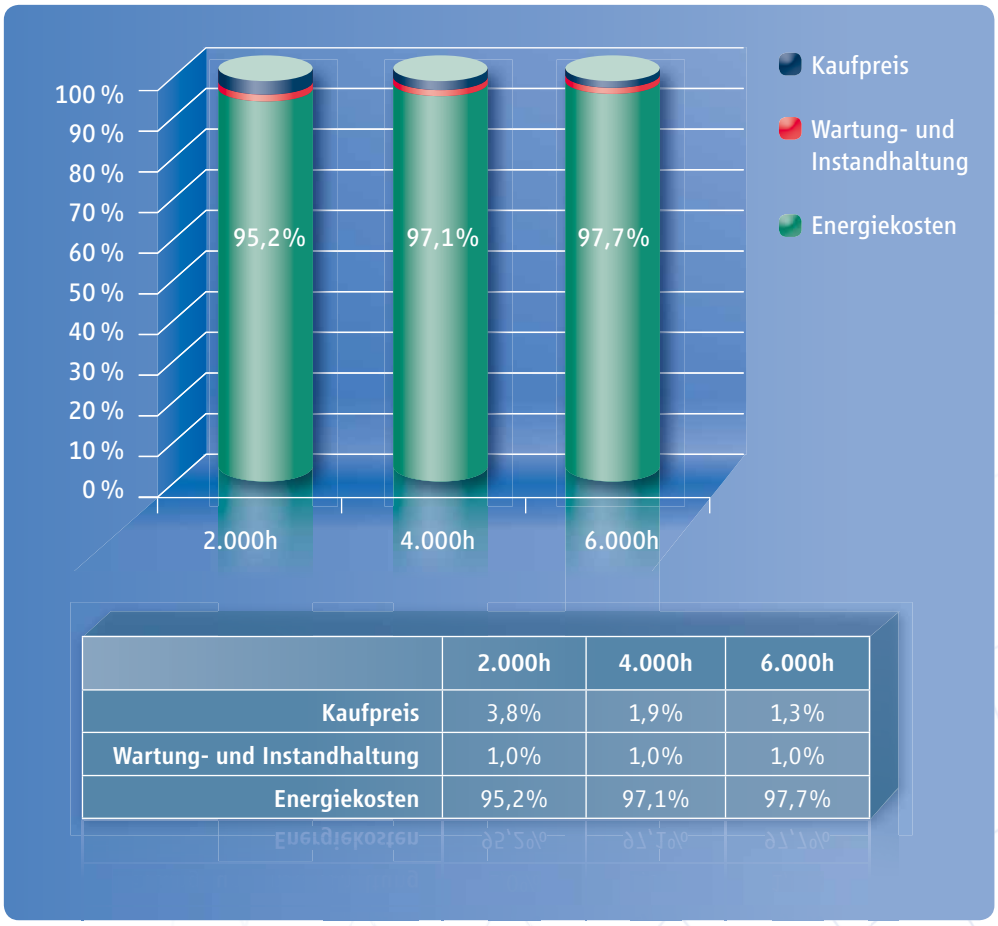
**Die Toleranz bei den beiden Materialien Grauguss und Aluminium ist damit begründet, dass für bestimmte Teile der Motoren (z. B. Gehäuse) beide Materialien geeignet sind.*

Der Materialeinsatz steigt mit höherer Wirkungsgradklasse an. Motoren der Klasse IE3 erfordern einen wesentlich höheren Materialeinsatz als Motoren der Klasse IE2. Damit steigen auch die Anschaffungskosten für höhere Wirkungsgradklassen. Bezogen auf die gesamten Lebenszykluskosten amortisiert sich der höhere Anschaffungspreis jedoch in relativ kurzer Zeit (siehe Kapitel 6).

6. Lebenszykluskosten-Betrachtung

Die höheren Anschaffungskosten für energieeffiziente Antriebssysteme amortisieren sich aufgrund der Energiekosteneinsparungen meist innerhalb kurzer Zeit. Daher sollte bei Investitionsentscheidungen stets die Gesamtwirtschaftlichkeit eines Antriebssystems mit einer Lebenszykluskosten-Betrachtung (LCC-Betrachtung) bewertet werden.

Für die Komponente Motoren kann eine recht einfache LCC- Betrachtung angestellt werden. Die Energiekosten während der Nutzungsphase sind dominant und führen daher zu relativ kurzen Amortisationszeiten.



	2.000h	4.000h	6.000h
Kaufpreis	3,8%	1,9%	1,3%
Wartung- und Instandhaltung	1,0%	1,0%	1,0%
Energiekosten	95,2%	97,1%	97,7%

Bild 5: LCC-Betrachtung, 11kW Motoren Lebensdauer 15 Jahre, IE2
(Quelle: Preparatory Studies, EUP- Lot 11 Motors)

Weitere Beispiele zum Energieeinsparpotenzial von Antrieben durch elektronische Drehzahlregelung und energieeffiziente Motoren sind in der ZVEI-Publikation „Energiesparen mit elektrischen Antrieben" veröffentlicht (Bezugsadresse: antriebe@zvei.org).

7. Quellenverzeichnis

- IEC 60034-1:2010, Drehende elektrische Maschinen - Teil 1: Bemessung und Betriebsverhalten
- IEC 60034-2-1:2007, Drehende elektrische Maschinen - Teil 2-1: Standardverfahren zur Bestimmung der Verluste und des Wirkungsgrades aus Prüfungen
- IEC 60034-30:2008, Drehende elektrische Maschinen - Teil 30: Wirkungsgrad-Klassifizierung von Drehstrommotoren mit Käfigläufern
- Leitfaden für die Umsetzung der nach dem neuen Konzept und dem Gesamtkonzept verfassten Richtlinien, ISBN 92-828-7449-0
- Preparatory Studies, EUP- Lot 11 Motors, Aníbal T. de Almeida, Fernando J. T. E. Ferreira, João Fong, Paula Fonseca, ISR- University of Coimbra (18.2.2008)
- RICHTLINIE 2005/32/EG zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte
- RICHTLINIE 2009/125/EG zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchsrelevanter Produkte
- Verordnung (EG) Nr. 640/2009 zur Durchführung der Richtlinie 2005/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Elektromotoren

ZVEI:
Automation

ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik-
und Elektronikindustrie e.V.
Fachverband Automation
Fachbereich Elektrische Antriebe
Lyoner Straße 9
60528 Frankfurt am Main

Fon: 069 6302-377
Fax: 069 6302-279
Mail: antriebe@zvei.org
www.zvei.org