

Handout

# Energieeffizienz mit elektrisch angetriebenen Arbeitsmaschinen – Norm EN 50598



November 2014

Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie

Die europäische Norm mit der Benennung EN 50598 legt die Ökodesignanforderungen (Energieeffizienz und Ökobilanzierung) für elektrische Antriebssysteme (Motorsysteme / Power-Drive-Systeme (PDS)) in einer elektrisch angetriebenen Arbeitsmaschine im Niederspannungsbereich fest.

## Die Norm besteht aus drei Teilen

Teil 1 und 2 beinhalten Festlegungen und Beschreibung der Energieeffizienz für elektrisch angetriebene Arbeitsmaschinen sowie Antriebssysteme und deren Komponenten.

Teil 1 Allgemeine Anforderungen zur Erstellung von Standards für energieeffiziente, elektrisch angetriebene Arbeitsmaschinen mit der Methodik des erweiterten Produktansatzes (semianalytische Modelle (SAM)). Beschreibt die Verantwortlichkeiten und die Aufgaben der verschiedenen Interessensgruppen, die diesen Standard verwenden, sowie den dazu notwendigen Datenfluss.

Teil 2 Bestimmung der Verluste und Effizienzklassen

Spezifiziert die Energieeffizienzindikatoren für Power-Drive-Systeme, Motorstarter und Leistungselektronik (z. B. Drive Controller = Complete Drive Module (CDM)), verwendet in einer elektrisch angetriebenen Arbeitsmaschine im Leistungsbereich 0,12 kW bis 1000 kW.

- Festlegung der Effizienzklassen von Motorsystem und Drive Controller
- Festlegung von 8 applikationsrelevanten Betriebspunkten
- Methoden zur Ermittlung (Messungen und Berechnung) der Verluste in den 8 Betriebspunkten eines kompletten Motorensystems und dessen Komponenten
- Messmethoden für Drive Controller
- Verluste des Referenzmotors, des Referenz-CDM und eines Referenz-PDSs in den festgelegten 8 Betriebspunkten.

Teil 3 Ökodesign und Umweltdeklaration

Umweltaspekte und Produktdeklaration der Antriebskomponenten von Power-Drive-Systemen und Motorstarter.

In diesem Teil der Norm wird das Thema ‚Öko-Design‘ und die Berücksichtigung wesentlicher Umweltaspekte beim Produktdesign von Motorsystemen (Motorstarter / Drive Controller, Motor) festgelegt.

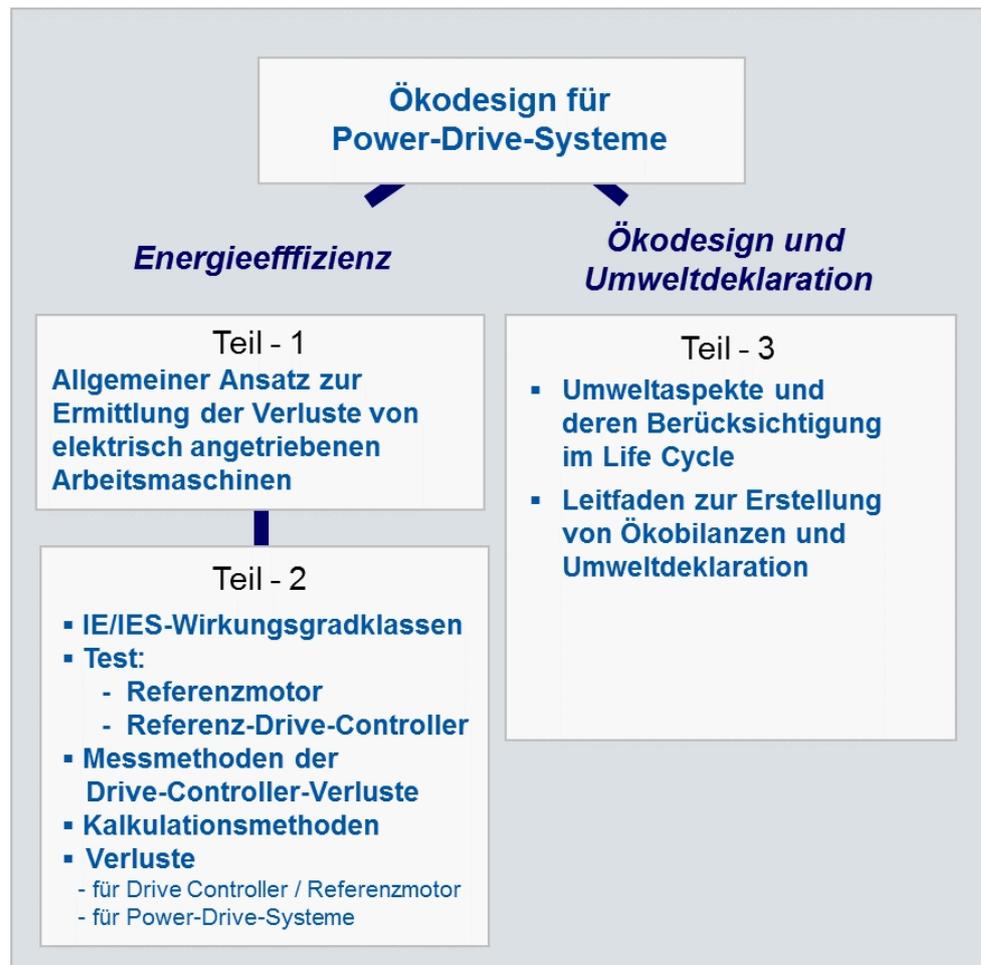


Bild 1 Übersicht Ökodesign-Produktnorm für Motorsysteme / Power-Drive-Systeme

## Festlegung der IE/IES-Effizienzklassen

### Wirkungsgradklassen der Motoren

Die Standardmessmethoden zur Bestimmung der Verluste und der Wirkungsgrade der Motoren sind in der IEC 60034-2 beschrieben. Die Normwerte der IE-Klassen bei 100 % Last (100 % Drehzahl / 100 % Drehmoment) für Netzbetrieb sind in der IEC 60034-30-1 festgelegt.

### Effizienzklassen der Drive Controller

Die Effizienzklassen der Drive Controller beziehen sich auf Grund der Vermeidung von Übermodulation und der dadurch möglichen Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Drive-Controller-Fabrikate auf den 90 / 100-Betriebspunkt (100 % Drehmomentenstrom / 90 % Motorstatorfrequenz). Die Norm EN 50598-2 legt die relativen Verluste der Drive Controller in den Effizienzklassen IE0 bis IE2 fest. Bezogen auf den Wert eines IE1-Drive-Controllers (Referenz-Drive-Controller) hat der IE2-Drive-Controller 25 % weniger, der IE0 25 % höhere Verluste.

## Effizienzklassen eines Antriebssystems (Motorsystems)

Die Effizienzklassen der Antriebssysteme beziehen sich auf 100 % Last. Die Norm EN 50598-2 legt die relativen Verluste des Antriebssystems der Effizienzklassen IES0 bis IES2 fest. Bezogen auf die Verluste eines IES1-Antriebes (Referenzantrieb) hat das IES2-Antriebssystem 20 % weniger, das IES0-Antriebssystem 20 % höhere Verluste.

Die Addition der Effizienzklassen (z.B. IE2-Drive-Controller + IE2-Motor) ergibt nicht zwangsläufig ein IES2-Antriebssystem!

## Ermittlung der Verluste

Um den Mess- und Berechnungsaufwand zu vereinfachen, sind die Verluste der Antriebssysteme (Motorsysteme) und der Antriebskomponenten Motor, Drive Controller und Softstarter in 8 festgelegten Betriebspunkten im Drehmoment über Drehzahl Kennlinienfeld, die alle gängigen elektrisch angetriebenen Arbeitsmaschinentypen abdecken sollen (quadratischer, konstanter, linearer und hyperbolischer Drehmomentenverlauf), festgelegt.

Da die Drive Controller keine Daten über Drehmomente und Drehzahl liefern, sondern über Strom und Spannung am Ausgang, werden die Verluste der Drive Controller im Momentenstrom über Motorstatorfrequenz Kennlinienfeld festgelegt.

## Ermittlung der Verluste eines Power-Drive-Systems:

Die in den 8 Betriebspunkten ermittelten absoluten Verluste eines PDS werden durch die Addition der jeweiligen absoluten Verluste des Drive Controllers, des Motors und der zusätzlichen anfallenden Hilfseinrichtungen (z. B. Eingangsrossel, Zwischenkreisverluste) ermittelt.

Die Norm gibt die Umrechnungsformeln und Referenzparameter zur Berechnung der Verluste der Komponenten Drive Controller, Motor und des Power-Drive-Systems vor.

- **Verlustermittlung eines Power-Drive-Systems ohne verfügbaren Motor:**

Für diesen Fall sind zur Berechnung der Antriebssystemverluste in den 8 Betriebspunkten in der Norm Tabellen der entsprechenden Verluste eines Referenzmotors (3-Phasen-Asynchronmotor, 4 polig der Wirkungsgradklasse IE2, bei 50 Hz für Drive-Controller-Speisung) festgelegt.

### **Bedeutung für die Drive-Controller-Hersteller:**

Ermöglicht dem Drive-Controller-Hersteller die Bestimmung der IES-Klasse eines PDS mit seinem Drive Controller, indem er die Drive-Controller-Verluste misst oder berechnet und die Verluste eines Referenzmotors addiert. Der Hersteller muss in seiner Dokumentation Auskunft über die Ermittlungsmethoden der IE-Klassen seiner Antriebskomponenten geben. Er kann die mit einem Referenzmotor ermittelten Werte der zu erwartenden IES-Klassen nach Norm dem Abnehmer zur Verfügung stellen, oder die zu erwartende IES-Klasse mit dem Motor des Kunden berechnen.

- **Verlustermittlung eines Power-Drive-Systems ohne verfügbaren Drive Controller:**

Für diesen Fall sind zur Berechnung der Antriebssystemverluste in den 8 Betriebspunkten in der Norm Tabellen der entsprechenden Verluste eines Referenz-CDM (400 V, Effizienzklasse IE1) festgelegt.

### Bedeutung für die Motorhersteller:

Ermöglicht dem Motorenhersteller die Bestimmung der IES-Klasse eines PDS mit seinem Motor unter Zuhilfenahme eines Referenz CDM.

- **Verlustermittlung eines Power-Drive-Systems ohne verfügbaren Drive Controller und Motor:**

Hier kommt das in der Norm festgelegte Referenz-PDS zum Einsatz.

### Bedeutung für den Maschinenbauer und Betreiber:

Der Anwender kann mit Kenntnis der Verluste des Motors und des Drive Controllers die Verluste jeder beliebigen Kombination bestimmen.

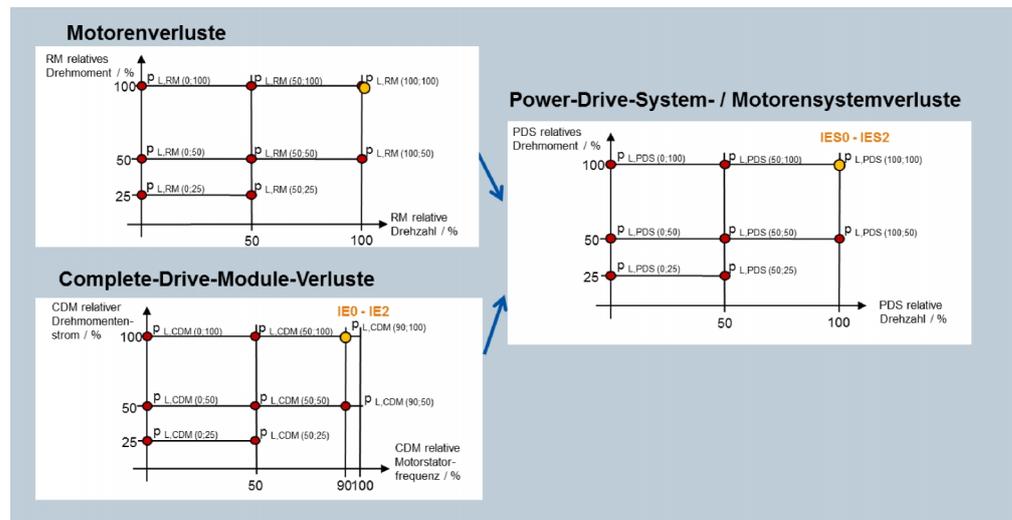


Bild 2 Darstellung der Antriebssystemverluste

## Energieeffizienzindex (EEI)-Ermittlung einer elektrisch angetriebenen Arbeitsmaschine

Um die effizienteste Lösung einer elektrisch betriebenen Arbeitsmaschine (Extended Product) herauszufinden, müssen zur EEI-Ermittlung die Verluste des eingesetzten Motorsystems vorliegen.

### Methoden zur Ermittlung der Verluste

Die Norm gibt den Antriebskomponenten- und Motorsystemherstellern eine Auswahlmöglichkeit von verschiedenen Methoden zur Ermittlung der Verluste vor:

- Drive Controller: rechnerisches Verfahren / messtechnisches Verfahren (kalorimetrisch, Eingang-Ausgangsleistung)
- Motorsystem und PDS: Messung Eingang- / Ausgangsleistung, rechnerisch
- Motor: IEC 60034-2

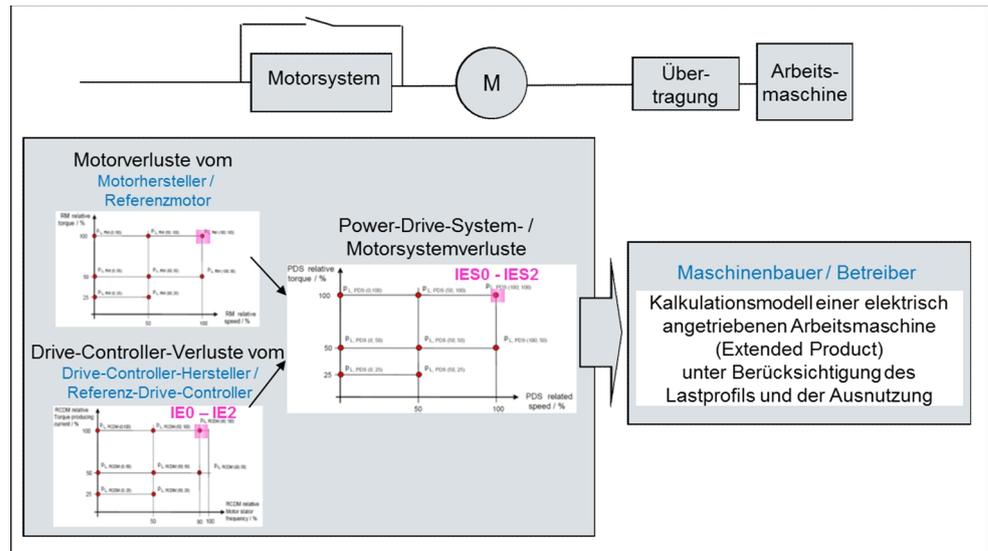


Bild 3 Energieeffizienzindex (EEL) einer elektrisch angetriebenen Arbeitsmaschine

## Fragen zur EN 50598

### 1. Was beinhaltet die Norm EN 50598?

Die Norm umfasst 3 Teile. Der Teil 2 trifft Festlegungen für die Bewertung der Energieeffizienz von Antriebs- und Motorsystemen für Anwendungen im Leistungsbereich von 0,12 kW bis 1.000 kW. Er beinhaltet außerdem einen Vorschlag für das Vorgehen zur Charakterisierung der energieeffizientesten Lösung für das sogenannte erweiterte Produkt aus Motorantriebssystem und angetriebener Einrichtung. Diese Norm stellt eine Methodik zur Ermittlung der Verluste für Antriebs- und Motorsysteme (PDS, Power-Drive-System) sowie für vollständige Antriebsmodule (CDM, Complete Drive Modul) dar. Sie legt Effizienzklassen für die PDS (IES-Klassen) beziehungsweise das CDM (IE-Klassen) fest und definiert Grenzwerte und Prüfverfahren für deren Klassifizierung. Die Bestimmung der Verluste der Systeme beruht auf einem semianalytischen Modellansatz, mit dem sich die Gesamteffizienz auf Basis der Architektur des Motorantriebssystems, des Drehzahl/Last-Profiles und der Belastungsprofile der Anwendung charakterisieren lässt.

Der Teil 1 der Norm legt die Anforderungen an die semianalytischen Modelle im Allgemeinen fest, um damit den erweiterten Produktansatz bearbeiten zu können.

Der Teil 3 der Norm legt die Anforderungen zur Erstellung eines ökologischen Fußabdruckes der Antriebsprodukte fest.

### 2. Was ist ein PDS und ein CDM?

Ein PDS ist ein Power-Drive-System. Es besteht aus dem Motor und einem CDM (Complete Drive Module). Das CDM beinhaltet den Drive Controller inklusive Eingangs- und Ausgangskomponenten sowie Einspeiseeinheit und Zubehör.

### **3. Wie sind die IES-Effizienzklassen definiert?**

Die IES-Klassen sind relativ zu einem Referenz-PDS definiert. Liegen die Verluste eines realen PDS in einem Bereich von +/-20 % der Verlustleistung des Referenz-PDS liegt es in der Klasse IES1. Sind die Verluste des realen PDS kleiner als 20 % des Referenz-PDS kann das PDS in die Klasse-IES2 eingestuft werden, sind die Verluste um mehr als 20 % höher handelt es sich um ein PDS der Klasse IES0.

### **4. Für welche PDS gibt es Referenzen und wo finde ich diese Angaben?**

Die EN 50598-2 definiert Referenz-PDS, die auf einem 400-V-Referenz-CDM und einem vierpoligen Referenzmotor der Wirkungsgradklasse IE2 beruhen. Für PDS und CDM im Leistungsbereich von 0,12 bis 1.000 kW sind die Referenzwerte im Anhang A des Standards angegeben.

### **5. Wie erklärt man den Vorteil der Verlustbetrachtung, da bislang doch immer von Wirkungsgraden geschrieben wurde?**

Die Wirkungsgrade der Motoren werden für 50-Hz- oder 60-Hz-Netzbetrieb angegeben. Das ist, obwohl auch hier die Verlustleistung nach Norm bestimmt werden muss, für netzbetriebene Motoren eine gute Möglichkeit die Energieeffizienz der Motoren unterschiedlicher Hersteller miteinander zu vergleichen.

Geregelte Antriebe bestehen aus vielen Einzelkomponenten. Neben dem Motor sind das das komplette Antriebsmodul mit dem Drive Controller und dem Zubehör, wie z. B. Ein- und Ausgangsbaugruppen. In der Vergangenheit wurden die Wirkungsgrade der Drive Controller immer sehr allgemein mit z. B.  $\leq 97,5\%$  angegeben. Die Angabe beschränkte sich dann auch meist nur auf das Basismodul, also das Leistungsteil ohne Zubehör. Die Angabe von Verlustleistungen in Watt war die Ausnahme. Bei Kabeln ist die Angabe des Wirkungsgrads ohnehin unüblich.

Durch die einheitliche Angabe der Verlustleistung in Watt wird die Vergleichbarkeit und Handhabung, z. B. die Addition der einzelnen Verlustleistungsfaktoren, wesentlich vereinfacht und übersichtlicher gestaltet.

Zusätzlich erlaubt der Ansatz eine Betrachtung eines Motors, der bei Drehzahl Null z. B. ein Haltemoment erzeugt. Der Wirkungsgrad ist in diesem Fall immer Null, die Verlustleistung kann sich aber unterscheiden.

### **6. Welche Motoren (z. B. auch permanentmagneterregte Synchronmotoren) werden in dieser Norm berücksichtigt?**

Die EN 50598-2 bezieht sich zunächst nur auf Systeme mit Asynchronmaschinen im LV-Bereich. Die grundlegenden Prinzipien des Standards sind aber technologieunabhängig.

**7. Ab dem 1.1.2015 müssen innerhalb der europäischen Gemeinschaft IE3-Motoren im Bereich  $\geq 7,5$  kW für Netzbetrieb in Verkehr gebracht werden. Werden auch bei IE3-Motoren die Referenzwerte der IE2-Motoren als Basis für die IES-Effizienzklassenermittlung herangezogen?**

Ja. Auch wenn in einem PDS ein IE3-Motor eingesetzt wird, gelten die gleichen Referenzwerte, die auch für den IE2-Motor gelten. Es kann sein, dass dadurch das PDS in eine höhere Effizienzklasse eingruppiert werden kann.

**8. Macht es bei einem Systemansatz überhaupt noch Sinn eine einzelne Komponente alleine zu klassifizieren?**

Ja. Es ist weiterhin möglich und sinnvoll ein Gesamtsystem aus Komponenten unterschiedlicher Hersteller zusammenzustellen. Zur Klassifizierung des Gesamtsystems (IES-Klasse) ist die Kenntnis der Daten der Einzelkomponenten allerdings notwendig.

**9. Wann ist damit zu rechnen, dass aus der (europäischen) EN-Norm eine weltweite IEC-Norm wird? Inwieweit werden sich die Normen unterscheiden?**

Im besten Fall rechnen wir Mitte/Ende 2015 mit einer ersten IEC-Fassung. Die IEC-Norm wird voraussichtlich auf großen Teilen der EN-Norm beruhen. Eine globale Anpassung, wie z. B. die Aufnahme von 60-Hz-Bedingung ist zu erwarten.

**10. Ist es sinnvoll, auf die IEC-Norm zu warten?**

Nein. Große Abweichungen zu einer künftigen IEC-Norm sind aus heutiger Sicht nicht zu erwarten. Hersteller werden nach dem Erscheinen der Norm damit beginnen, sie nach und nach umzusetzen.



Ansprechpartner:  
Gunther Koschnick  
Geschäftsführer Fachverband  
Automation

ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik-  
und Elektronikindustrie e. V.  
Fachverband Automation  
Lyoner Straße 9, 60528 Frankfurt am Main  
Telefon: 069 6302-466, Fax: 069 6302-386  
E-Mail: automation@zvei.org

Grafiken: ZVEI, November 2014

Trotz größtmöglicher Sorgfalt kann keine Haftung für Inhalt und Vollständigkeit der Angaben übernommen werden.