

Kerne aus weichmagnetischen Materialien

MessverfahrenTeil 3: Messungen der magnetischen Eigenschaften im Leistungsapplikationsbereich
(IEC 62044-3:2000) Deutsche Fassung EN 62044-3:2001**DIN**

EN 62044-3

ICS 17.220.20; 29.100.10

Cores made of soft magnetic materials - Measuring methods
Part 3: Magnetic properties at high excitation level
(IEC 62044-3:2000) German version EN 62044-3:2001Noyaux en matériaux magnétiques doux - Méthodes de mesure
Partie 3: Propriétés magnétiques à niveau élevé d'excitation
(CEI 62044-3:2000) Version allemande EN 62044-3:2001**Die Europäische Norm EN 62044-3:2001 hat den Status einer Deutschen Norm.****Beginn der Gültigkeit**

Die EN 62044-3 wurde am 2001-03-01 angenommen.

Nationales Vorwort

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 625 „Magnetische Bauelemente und deren Komponenten“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE zuständig.

Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN IEC 51/493/CD:1998-04.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 51 „Magnetic components and ferrite materials“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zum Jahr 2006 unverändert bleiben soll. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Fortsetzung Seite 2
und 29 Seiten EN

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist nachstehend wiedergegeben. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm waren die angegebenen Ausgaben gültig.

IEC hat 1997 die Benummerung der IEC-Publikationen geändert. Zu den bisher verwendeten Normnummern wird jeweils 60000 addiert. So ist zum Beispiel aus IEC 68 nun IEC 60068 geworden.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 60050-221:1990 A1:1993 A2:1999	IEV Kapitel 221:1995	–
–	IEC 60205:1966 ((zurückgezogen)) Nachfolgedokument: IEC 60205:2001	–	–
–	IEC 60367-1:1982	–	–
–	IEC 60401:1993	–	–
–	IEC 60404-8-6:1999	–	–
EN 61332:1997	IEC 61332:1995	DIN EN 61332:1998-03	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 61332, *Werkstoffeigenschaften von Ferritmaterialien (IEC 61332:1995); Deutsche Fassung EN 61332:1997.*

IEV Kapitel 221, *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Kapitel 221: Magnetische Werkstoffe und Bauelemente; Identisch mit IEC 60050-221:1990.*

Deutsche Fassung

Kerne aus weichmagnetischen Materialien

Messverfahren

Teil 3: Messungen der magnetischen Eigenschaften im Leistungsapplikationsbereich
(IEC 62044-3:2000)

Cores made of soft magnetic materials –
Measuring methods
Part 3: Magnetic properties at high
excitation level
(IEC 62044-3:2000)

Noyaux en matériaux magnétiques doux –
Méthodes de mesure
Partie 3: Propriétés magnétiques à niveau
élevé d'excitation
(CEI 62044-3:2000)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2001-03-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, Tschechische Republik und dem Vereinigten Königreich.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 51/573/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 62044-3, ausgearbeitet von dem IEC TC 51 „Magnetic components and ferrite materials“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2001-03-01 als EN 62044-3 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2001-12-01
 - spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2004-03-01
-

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 62044-3:2000 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe und Symbole	5
3.1 Begriffe	5
3.2 Symbole	6
4 Allgemeine Voraussetzungen für Messungen im Leistungsapplikationsbereich	7
4.1 Allgemeine Angaben	7
4.2 Messspule	7
4.3 Montage aus Kernen, die aus mehr als einem Teil bestehen (gepaarte Kernformen)	8
4.4 Messgeräte	9
5 Prüflinge	11
6 Messablauf	11
6.1 Allgemeiner Ablauf	11
6.2 Messverfahren für die (effektive) Amplitudenpermeabilität	12
6.3 Messverfahren für die Verlustleistung	14
7 Erforderliche Angaben	16
8 Prüfbericht	17
 Anhang A (informativ) Grundsaltungen und zugehörige Messgeräte zur Messung der Amplitudenpermeabilität	 18
Anhang B (informativ) Effektivwert-Verfahren zur Messung der Verlustleistung – Beispiel einer Messschaltung und des zugehörigen Messverfahrens	19
Anhang C (informativ) Multiplizierende Verfahren zur Messung der Verlustleistung – Grundsaltungen und zugehörige Messverfahren	21
Anhang D (informativ) Reflexionsverfahren zur Messung der Verlustleistung – Grundsaltung und zugehörige Messverfahren	25
Anhang E (informativ) Kalorimetrisches Messverfahren zur Messung der Verlustleistung	26
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	29

1 Anwendungsbereich

Die vorliegende Norm beschreibt Messverfahren zur Messung der Verlustleistung und der Amplitudenpermeabilität von magnetischen Kernen, die geschlossene magnetische Kreise bilden und im Leistungsapplikationsbereich als Induktoren, Drosseln, Übertrager oder in ähnlichen Einrichtungen der Leistungselektronik eingesetzt werden.

Die Verfahren, die in dieser Norm angegeben werden, können Messungen der magnetischen Eigenschaften im Frequenzbereich von Gleichstrom bis 10 MHz und sogar noch darüber für Kalorimeter- und Reflexionsverfahren umfassen. Die Anwendbarkeit einzelner Verfahren für bestimmte Frequenzbereiche ist vom geforderten Genauigkeitsgrad abhängig.

Die in dieser Norm beschriebenen Verfahren stützen sich auf die am besten geeigneten sinusförmigen Aussteuerungen.

Andere periodische Signalformen können gleichfalls zur Aussteuerung eingesetzt werden, jedoch kann eine entsprechende Genauigkeit der Messverfahren bei diesen Signalformen nur dann gesichert werden, wenn die angewendeten Messkreise und -geräte die Aussteuerungsamplituden und Phasenverhältnisse der Signale verarbeiten können, die innerhalb des Frequenzspektrums den Wellenformen der vorgegebenen Flussdichte und Feldstärke nur mit geringfügig schlechterer Genauigkeit entsprechen.

ANMERKUNG Für einige weichmetallische Magnetwerkstoffe kann es erforderlich sein, bestimmte allgemeine Prinzipien zu beachten, die sich, spezifisch für diese Materialien, auf die Vorbereitung der Prüflinge und die vorgeschriebenen Berechnungen beziehen. Diese Prinzipien sind in IEC 60404-8-6 angegeben.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil dieser Internationalen Norm sind. Bei datierten Verweisungen gelten spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nicht. Anwender dieser Internationalen Norm werden jedoch gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, die jeweils neuesten Ausgaben der nachfolgend angegebenen normativen Dokumente anzuwenden. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen normativen Dokuments. Mitglieder von ISO und IEC führen Verzeichnisse der gültigen Internationalen Normen.

IEC 60050 (221):1999, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 221: Magnetic materials and components*
Amendment 1 (1993)
Amendment 2 (1999)

IEC 60205:1966, *Calculation of the effective parameters of magnetic piece parts*

IEC 60367-1:1982, *Cores for inductors and transformers for telecommunications – Part 1: Measuring methods*

IEC 60401:1993, *Ferrite materials – Guide on the format of data appearing in manufacturers' catalogues of transformer and inductor cores*

IEC 60404-8-6:1999, *Magnetic materials – Part 8-6: Specifications for individual materials – Soft magnetic metallic materials*

IEC 61332:1995, *Soft ferrite material classification*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieser Internationalen Norm gelten die in IEC 60050(221) angegebenen und die folgenden Begriffe.

3.1.1

(effektive) Amplitudenpermeabilität

(Symbole: Amplitudenpermeabilität: μ_a ; effektive Amplitudenpermeabilität: μ_{ea})

magnetische Permeabilität, die bei vorgegebenem Scheitelwert der magnetischen Flussdichte $\hat{B}_e$ und dem Scheitelwert der magnetischen Feldstärke $\hat{H}_e$, jeweils beim angegebenen Wert, erreicht wird, wenn sich magnetische Flussdichte und Feldstärke periodisch zeitlich verändern und deren Amplituden-Durchschnittswert null ist und das zu untersuchende Material zu Beginn in einem neutralen Zustand ist

ANMERKUNG 1 Diese Definition unterscheidet sich von der in der IEC 60050 (221-03-07).

ANMERKUNG 2 Es werden zwei verschiedene Definitionen der Amplitudenpermeabilität benutzt, nämlich:

- diejenige, bei der die Scheitelwerte für die realen Wellenformen von Flussdichte und Feldstärke gelten;
- diejenige, bei der die Scheitelwerte für die Grundwellenanteile von Flussdichte und Feldstärke gelten.

ANMERKUNG 3 Magnetische Flussdichte und Feldstärke und die daraus abgeleitete Amplitudenpermeabilität können sogar quasi-statische Größen sein, vorausgesetzt, dass der Kern zyklisch magnetisiert wird und keine Aufweitung der B-H-Kurve erfolgt.

3.1.2

maximale (effektive) Amplitudenpermeabilität

(Symbol: $\mu_{ea\max}$)

Höchstwert der (effektiven) Amplitudenpermeabilität, wenn die Amplitude der Anregung ($\hat{B}_e$ oder $\hat{H}_e$) verändert wird

ANMERKUNG Diese Definition unterscheidet sich von der in der IEC 60050 (221-03-10).

3.1.3

Aussteuerung

magnetische Flussdichte oder magnetische Feldstärke, bei der Wellenform und Amplitude innerhalb eines festgelegten Bereiches bleiben

ANMERKUNG Wenn die Flussdichte (Feldstärke) als Führungsgröße der Aussteuerung ausgewählt wird, dann kann die sich ergebende Wellenform der Feldstärke (Flussdichte) hinsichtlich der Aussteuerungswellenform auf Grund des nichtlinearen Verhaltens des magnetischen Materials verzerrt sein.

3.1.4

Leistungapplikationsbereich

Aussteuerung, bei der die Permeabilität von der Aussteuerungsamplitude (besonders bei niedrigen Frequenzen) abhängig ist und/oder bei der die Verlustleistung zu einer merklichen Erwärmung führt (besonders bei hohen Frequenzen)

3.1.5

sinusförmige Aussteuerung

Aussteuerung mit einem Oberwellengehalt kleiner als 1 %

3.1.6

Aussteuerungswicklung

Wicklung der Messspule, an die die Aussteuerungsspannung angelegt wird oder durch die der Aussteuerungsstrom fließt

3.1.7

Spannungsmesswicklung

unbelastete Wicklung einer Messspule, über der die durch die Aussteuerung induzierte elektromotorische Kraft bestimmt werden kann

3.1.8

Messwicklung

Wicklung, üblicherweise eine belastete oder unbelastete Sekundärwicklung, die für Messungen, unabhängig von Aussteuerungs- und/oder Spannungsmesswicklung, verwendet werden kann

3.1.9

Verlustleistung

vom Kern aufgenommene Leistung

3.2 Symbole

Für sämtliche Gleichungen in dieser Norm werden SI-Grundeinheiten benutzt. Bei der Anwendung von Vielfachen oder Bruchteilen müssen Potenzfaktoren zur Basis 10 verwendet werden.

A_e effektive magnetische Fläche des Kerns;

$\hat{B}_e$ Scheitelwert der effektiven magnetischen Flussdichte im Kern;

f Frequenz;

$\hat{H}_e$ Scheitelwert der effektiven magnetischen Feldstärke im Kern;

l_e effektive magnetische Weglänge des Kerns;

L Induktivität;

i Momentanwert des Stroms;

I Strom;

N Anzahl der Windungen der Messspulenwicklung;

P Verlustleistung im Kern;

Q_c Gütefaktor des Kerns bei einer vorgegebenen Frequenz;

R Widerstand;

t Zeit;

T Temperatur;

u Momentanwert der Spannung;

U Spannung;

V_e effektives magnetisches Volumen des Kerns;

δ relativer Fehler, relative Abweichung usw.;

Δ absoluter Fehler, absolute Abweichung usw.;

μ_{ea} (effektive) Amplitudenpermeabilität;

μ_0 magnetische Konstante $4\pi \times 10^{-7}$ H/m;

π die Zahl 3,14159....;

φ Phasenverschiebung;

ω Kreisfrequenz = $2\pi f$.

ANMERKUNG 1 Zusätzliche Indizierung (tief- oder hochgestellt) gibt die nähere Bedeutung eines entsprechenden Symbols an.

ANMERKUNG 2 Symbole, die nur vorübergehend im Text benutzt werden, sind an der betreffenden Stelle im Text definiert.

ANMERKUNG 3 Effektive Parameter, wie effektive magnetische Weglänge l_e , effektive magnetische Fläche des Kerns A_e und effektives magnetisches Volumen des Kerns V_e werden nach IEC 60205 berechnet.

ANMERKUNG 4 Im weiteren Text dieser Norm werden die Begriffe Flussdichte und Feldstärke in abgekürzter Form für magnetische Flussdichte und magnetische Feldstärke verwendet.

4 Allgemeine Voraussetzungen für Messungen im Leistungapplikationsbereich

4.1 Allgemeine Angaben

4.1.1 Bezug zur Praxis

Die Messbedingungen, -verfahren und -abläufe müssen so ausgewählt werden, dass die Messergebnisse für die Vorhersage des Verhaltens des Kerns unter praktischen Anwendungsbedingungen anwendbar sind. Dies bedeutet nicht, dass alle Messbedingungen, besonders die Wellenformen der Aussteuerung, mit den praktischen Bedingungen übereinstimmen müssen.

4.1.2 Effektive Kernparameter und Materialeigenschaften

Die meisten Kernformen haben weder einen gleichförmigen magnetischen Kernquerschnitt noch haben sie gleichmäßig verteilte Wicklungen entlang der magnetischen Weglänge, so dass die Messwerte nicht die Amplitudenpermeabilität und die Verlustleistung des Materials liefern, sondern effektive Werte dieser Parameter, die der effektiven Flussdichte $\hat{B}_e$ und der effektiven Feldstärke $\hat{H}_e$ im Kern entsprechen.

Für die Messung der materialspezifischen Amplitudenpermeabilität und Verlustleistung muss der Kern Ring- oder Torroidform besitzen, bei der das Verhältnis von Außen- zu Innendurchmesser nicht größer als 1,4 sein sollte und die Wicklungen, eng am Kern anliegend, so gleichmäßig wie möglich verteilt sein sollten, damit der Kopplungsfaktor so nah wie möglich bei 1 liegt.

4.1.3 Reproduzierbarkeit des magnetischen Zustandes

Die Messung muss bei einem klar definierten und reproduzierbaren magnetischen Zustand durchgeführt werden, um alle möglichen zeitabhängigen Effekte und Remanenzerscheinungen auszuschließen.

Jede durchzuführende Messung mit vorgegebener Aussteuerung muss, wenn nicht anders festgelegt, nach einer Zeit $t_m = t_c + \Delta t$ nach einer magnetischen Konditionierung durchgeführt werden; t_c ist dabei diejenige Zeitspanne, in der die magnetische Konditionierung durchgeführt wird und nach der die vorgegebene Aussteuerung angelegt wird; Δt ist die Zeitspanne während der der Kern konstant der vorgegebenen Aussteuerung ausgesetzt wird.

4.2 Messspule

4.2.1 Die Windungsanzahl jeder Wicklung der Messspule muss hinsichtlich der Messbedingungen, verwendeten Messgeräte und beabsichtigter Genauigkeit festgelegt werden. Die Wicklungen müssen so dicht wie möglich am Kern anliegen, um den Kopplungsfaktor (magnetische Flusskopplung) zwischen den Messspulenwicklungen und dem Kern und zwischen den Windungen der Messspulenwicklung so gut wie möglich 100 % anzunähern.

Widerstand, Eigenkapazität und Wicklungskapazität jeder Wicklung sollten so klein wie möglich sein, um daraus resultierende Abweichungen des Messergebnisses so gering wie möglich zu halten.

Im Fall von Ring- oder Torroidkernen müssen die Wicklungen gleichmäßig um den Kernumfang verteilt werden.

Die Anschlüsse, besonders die der Aussteuerungswicklung, sollten aus isolierter Litze bestehen, wenn dies für Hochfrequenzmessungen erforderlich ist.

ANMERKUNG Wenn ein Kern mit scharfkantigen Ecken und Kanten bewickelt werden muss, so ist besonders darauf zu achten, dass die Drahtisolierung nicht beschädigt wird und dass bei der Anwendung von Litze keine Einzeldrähte gebrochen sind.

4.2.2 Die Anwendung einer gemeinsamen Wicklung für Aussteuerung und Spannungsmessung wird empfohlen, wenn:

- die Kopplung zwischen Aussteuerungswicklung und Spannungsmesswicklung soweit reduziert ist, dass sie zu nicht vernachlässigbaren Fehlern bei der Bestimmung der gemessenen Flussdichte B im Kern führt;
- die Wicklungskapazität zu groß ist;
- keine Gründe vom Aufbau des Messschaltkreises dagegen sprechen, die Eingänge der Messgeräte mit der Aussteuerungswicklung direkt zu verbinden.

ANMERKUNG Wird eine gemeinsame Wicklung benutzt, so muss deren Wicklungswiderstand so klein wie möglich gehalten werden, um die ohmschen Wicklungsverluste im Vergleich zur Verlustleistung im Kern vernachlässigbar klein zu halten.

Wenn unbedingt eine galvanische Trennung zwischen Aussteuerungswicklung und Spannungsmesswicklung (doppelte Wicklung) und den Eingängen von Spannungs- und Strommessgeräten gefordert ist, zum Beispiel wenn ein schwebendes Potential oder eine DC-Verbindung vermieden werden soll, so kann dies nur durch zwei getrennte Wicklungen realisiert werden.

ANMERKUNG 1 Die Verwendung von getrennten Aussteuer- und Spannungsmesswicklungen ist kritisch, da eine 100%ige Kopplung praktisch kaum zu erreichen ist.

ANMERKUNG 2 Wird die zur Berechnung der Flussdichte im Kern benötigte Spannung über einer Spannungsmesswicklung gemessen, so stellt die gemessene Verlustleistung allein die Kernverlustleistung ohne die ohmschen Wicklungsverluste in der stromführenden Wicklung (Aussteuerungswicklung) dar.

ANMERKUNG 3 Bei Frequenzen über 200 kHz wird die Anwendung von zwei Wicklungen empfohlen.

4.3 Montage aus Kernen, die aus mehr als einem Teil bestehen (gepaarte Kernformen)

Ein aus mehreren Teilen bestehender Kern, der um die Messspule herum zu montieren ist, muss durch Kleben, ein Band oder durch eine Klemmvorrichtung während der gesamten Messung dauerhaft zusammengehalten werden.

Für jedes dieser Fügeverfahren zum Zusammenhalten der Kernteile gelten folgende Anforderungen:

- die Zusammenhaltekraft muss sich gleichmäßig über die Berührungsflächen verteilen, ohne dass Biegespannungen im Kern erzeugt werden;
- die Kernteile müssen fest und unverrückbar in ihrer Position zueinander festgehalten werden;
- wenn ein festgelegtes Klemmverfahren angewendet wird, so muss eine anfänglich um 10 % erhöhte Kraft bei Zusammenfügen des Kerns wirksam sein, um feine Oberflächenirregularitäten auf den geschliffenen Kontaktflächen abubrechen. Anschließend sollte die vorgegebene Klemmkraft mit einer Grenzabweichung von $\pm 5\%$ wirksam sein;
- die Haltekraft darf sich nur mit einer Grenzabweichung von $\pm 1\%$ während des gesamten Messvorganges unter allen Messbedingungen, einschließlich innerhalb des gesamten Temperaturbereichs, ändern.

Die Montage derartiger Kerne muss nach den folgenden Anweisungen erfolgen:

Die Kontaktflächen der Kernteile müssen hinsichtlich Beschädigungen und Sauberkeit untersucht werden. Beschädigte Kernteile dürfen nicht verwendet werden. Die Kontaktflächen müssen durch einen nicht