

DIN V 42331



ICS 17.220.01

*Vornorm*

**Technischer Bericht über Magnetometrie mit gepulsten Feldern  
(IEC 62331:2003)**

Technical Report on Pulsed Field Magnetometry (IEC 62331:2003)

Gesamtumfang 28 Seiten

Eine Vornorm ist das Ergebnis einer Normungsarbeit, das wegen bestimmter Vorbehalte zum Inhalt oder wegen des gegenüber einer Norm abweichenden Aufstellungsverfahrens vom DIN noch nicht als Norm herausgegeben wird. Zu dieser Vornorm wurde kein Entwurf veröffentlicht. Erfahrungen mit dieser Vornorm sind erbeten an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

## Nationales Vorwort

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 171 „Magnetische Legierungen und Stahl“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE zuständig.

## Einleitung

Zur Messung aller magnetischen Kenngrößen von magnetisch harten Werkstoffen (Dauermagneten) ist ein Magnetfeld erforderlich, dessen Stärke ausreicht, die Probe zu sättigen.

Die Erzeugung dieses magnetischen Feldes kann zum praktisch begrenzenden Faktor und bestimmend für das geeignete Messverfahren werden.

Supraleitende Magnete können sehr hohe statische oder langsam veränderliche magnetische Feldstärken erzeugen, jedoch sind sie wegen der hohen Anschaffungskosten auf Grund ihrer hohen Komplexität und ebenfalls wegen hoher Betriebskosten auf Grund der erforderlichen Kryogase weit von einer Ideallösung entfernt. Die Feldänderungen müssen langsam erfolgen, um ein „Quenching“ des supraleitenden Magneten zu vermeiden.

Langsam sich ändernde konventionell gewickelte Elektromagnete haben ein schwerwiegendes Problem der Wärmeerzeugung durch  $I^2R$ -Verlust. Dies kann gemildert werden durch Verwendung eines hochpermeablen Eisenjochs. Jedoch macht die Sättigung des Eisens es unmöglich, die Kennzahlen von Selten-Erd-Dauermagneten bei maximaler Hystereseschleife zu bestimmen.

Ein System mit gepulsten Feldern minimiert bei Verwendung herkömmlichen Leitermaterials die Wärmeeffekte durch begrenzte Dauer des anstehenden Feldes und durch Begrenzen der Wärmeerzeugung auf ein akzeptables Maß. Auf diese Weise können Felder bis 40 Tesla erzeugt werden.

Jedoch muss den Messgeräten und dem Messverfahren sorgfältige Beachtung geschenkt werden, damit den dynamischen Effekten, die im Zusammenhang mit der kurzen Zeitdauer des anstehenden Feldes stehen, Rechnung getragen wird.

Während in vielen Teilen der Welt auf dem Gebiet der Magnetometrie mit gepulsten Feldern gearbeitet wird, sind MACCHARETEC in Europa und EMAJ (Electronic Materials Manufacturers Association of Japan) die beiden Hauptgruppen von Anwendern. Das japanische Konzept unterstützt eine Norm mit festgelegten Probengrößen, Feldern und Frequenzen bei einer begrenzten Anzahl von Konfigurationen.

Das Anliegen dieses technischen Berichts ist es, die Grundzüge und praktischen Gesichtspunkte der Magnetometrie mit gepulsten Feldern zu beschreiben, damit die Möglichkeiten des zu behandelnden Verfahrens einschließlich seiner Anwendung auf kleine und große Magnete verschiedener Geometrien, und auf verschiedene eingesetzte Felder und Frequenzen voll ausgeschöpft werden können.

## 1 Anwendungsbereich

Der vorliegende Technische Bericht gibt einen Überblick über Verfahren zum Messen an hartmagnetischen Werkstoffen mit Hilfe von Magnetometern mit gepulsten Feldern.

Die Verfahren zur Messung der magnetischen Eigenschaften von hartmagnetischen Werkstoffen wurden für geschlossene magnetische Kreise in IEC 60404-5 und für offene magnetische Kreise in IEC 60404-7 festgelegt. Die Messung der magnetischen Eigenschaften hartmagnetischer Werkstoffe bei höheren Temperaturen ist im Technischen Bericht IEC TR 61807 angegeben.

Magnetometer mit gepulsten Feldern wurden entwickelt, um durch schnelles Messen hohe Produktionsgeschwindigkeiten bei 100 % Qualitätskontrolle zu ermöglichen.

## 2 Magnetometer mit gepulstem Feld (PFM)

Ein Magnetometer mit gepulstem Feld kann aus folgenden Teilen bestehen:

- a) dem Feldgenerator bestehend aus
  - A) der Leistungsquelle (normalerweise ein kapazitives Entladungssystem)
  - B) Magnetisierungs-Solenoid
- b) Magnetisierungs- und Feldstärke-Detektoren (Messspulen)
- c) Messgeräte für transiente Vorgänge und Digitalisierungseinrichtung für
  - A) Integration
  - B) Digitalisierung
- d) Datenbearbeitungskomponenten für
  - A) Nullsignal
  - B)  $M$ ,  $H$ -Schleifenpositionierung
  - C) Entmagnetisierungs-Korrektur
  - D) Tiefpassfilterung
  - E) Kalibrierungsfaktoren
  - F) Wirbelstrom-Korrektur

### 2.1 Allgemeine Grundzüge

Das Grundprinzip der Arbeitsweise des PFM wird dadurch bestimmt, dass man ein starkes transientes Magnetfeld mit Hilfe des benutzten Feld-Generators erzeugt und auf die zu messende Probe einwirken lässt. Die angewandte Feldstärke und die resultierende Magnetisierung der Probe werden aufgezeichnet und ausgewertet.

Während des Messzyklus durchsetzt der von der Probe erzeugte Fluss die  $J$ -Spule, deren Ausgangsspannung proportional zur zeitlichen Ableitung des durchsetzenden Flusses ist. Dieser Fluss ist großen Teils auf die Magnetisierung der Probe zurückzuführen, aber auch auf ein Null-Signal (siehe 7.1.1) und auf mögliche Wirbelströme (siehe 7.1.6) u.s.w. Folglich wird diese Spule als „ $J$ -Spule“, gelegentlich auch als „ $M$ -Spule“, bezeichnet. Tatsächlich handelt es sich um eine  $d\Phi/dt$ -Spule. In diesem Schriftstück wird der Ausdruck „ $J$ -Spule“ benutzt.

Bei der  $H$ -Spule ist das Ausgangssignal proportional zur zeitlichen Ableitung des sie durchsetzenden Flusses und ist weitgehend proportional der auf die Probe angewandten magnetischen Feldstärke. Diese Spule wird gewöhnlich als „ $H$ -Spule“ bezeichnet, wenngleich sie tatsächlich eine  $dH/dt$ -Spule ist.

Die Ausgangssignale dieser beiden Spulen werden integriert (siehe 6.2). Im Fall des integrierten Signals der  $J$ -Spule wird das Null-Signal abgezogen und das Ergebnis wird kalibriert, so dass sich ein  $M'$ -Signal ergibt, d. h., die Magnetisierung der Probe wird im offenen magnetischen Kreis gemessen. Durch Kombinieren dieses Signals mit dem  $H$ -Signal wird eine  $M$ ,  $H$ -Hystereseschleife erhalten.

Wenn die  $M'$ ,  $H$ -Schleife korrigiert wird bezüglich des Entmagnetisierungseffektes beim Messen im offenen magnetischen Kreis (siehe 7.1.3), dann können die intrinsischen  $M$ ,  $H$ - oder  $J$ ,  $H$ -Schleifen-Daten erhalten werden.

Die beiden Signal-Kanäle, d. h. die Wege von der Messspule über die Integration, Digitalisierung und die Akkreditierung und Verarbeitung der Daten im Computer, sind allgemein als „ $J'$ “- und „ $H'$ “-Kanäle bekannt.