

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>DIN EN 61788-3</b><br><b>(VDE 0390-3)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Diese Norm ist zugleich eine <b>VDE-Bestimmung</b> im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden. |  |
| <div data-bbox="236 501 504 533" data-label="Text">ICS 17.220.20; 29.050</div> <div data-bbox="925 501 1334 622" data-label="Text">           Ersatz für<br/> <b>DIN EN 61788-3</b><br/> <b>(VDE 0390-3):2001-07</b><br/>           Siehe jedoch Beginn der Gültigkeit         </div> <div data-bbox="236 757 1369 972" data-label="Section-Header"> <p> <b>Supraleitfähigkeit –</b><br/> <b>Teil 3: Messen des kritischen Stromes –</b><br/> <b>Kritischer Strom (Gleichstrom) von Ag- und/oder Ag-Legierung ummantelten</b><br/> <b>oxidischen Bi-2212 und Bi-2223-Supraleitern</b><br/> <b>(IEC 61788-3:2006);</b><br/> <b>Deutsche Fassung EN 61788-3:2006</b> </p> </div> <div data-bbox="236 1003 1433 1160" data-label="Text"> <p>           Superconductivity –<br/>           Part 3: Critical current measurement –<br/>           DC critical current of Ag- and/or Ag alloy-sheathed Bi-2212 and Bi-2223 oxide superconductors<br/>           (IEC 61788-3:2006);<br/>           German version EN 61788-3:2006         </p> </div> <div data-bbox="236 1191 1426 1384" data-label="Text"> <p>           Supraconductivité –<br/>           Partie 3: Mesure du courant critique –<br/>           Courant critique continu des oxydes supraconducteurs Bi-2212 et Bi-2223 avec gaine Ag et/ou en alliage d'Ag<br/>           (CEI 61788-3:2006);<br/>           Version allemande EN 61788-3:2006         </p> </div> <div data-bbox="1133 1778 1433 1809" data-label="Text">Gesamtumfang 28 Seiten</div> <div data-bbox="309 1868 1359 1899" data-label="Text">DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE</div> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                     |

## **Beginn der Gültigkeit**

Die von CENELEC am 2006-06-01 angenommene EN 61788-3 gilt als DIN-Norm ab 2007-03-01.

Daneben darf **DIN EN 61788-3 (VDE 0390-3):2001-07** noch bis 2009-06-01 angewendet werden.

## **Nationales Vorwort**

*Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN IEC 61788-3 (VDE 0390-3):2005-01.*

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 184 „Supraleiter“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (<http://www.dke.de>) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 90 „Superconductivity“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ mit den Daten zu dieser Publikation angegebenen Datum (maintenance result date) unverändert bleiben soll. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

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

## **Änderungen**

Gegenüber **DIN EN 61788-3 (VDE 0390-3):2001-07** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

Es werden wie bisher oxidische Bi-2212 und Bi-2223-Supraleiter behandelt, die aber nunmehr gleichzeitig mit Silber und einer Silberlegierung ummantelt sein können, nicht mehr ausschließlich wahlweise. Begriffe und Definitionen wurden abgeändert bzw. einige neu eingeführt, Messprinzip und Messaufbau grundsätzlich erklärt. Kleinere Änderungen betreffen insbesondere die Thematik der Befestigung der Probe, der Durchführung der Messung bzw. der Anforderungen an ein verwendetes Magnetfeld.

Technische Änderungen:

- a) Die Spannungsführungen werden jetzt mit einem Durchmesser kleiner als 0,21 mm angegeben;
- b) die Forderung für die absolute Genauigkeit des Magnetfeldes ist jetzt als das Maximum von  $\pm 1\%$  und  $\pm 0,02\text{ T}$  statt bisher  $1\%$  festgelegt;
- c) die Forderung für die Wiederholgenauigkeit des Magnetfeldes ist jetzt als das Maximum von  $\pm 1\%$  und  $\pm 0,02\text{ T}$  statt bisher  $1\%$  festgelegt.

## **Frühere Ausgaben**

**DIN EN 61788-3 (VDE 0390-3):2001-07**

## 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.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

**Tabelle NA.1**

| Europäische Norm | Internationale Norm | Deutsche Norm                                  | Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk |
|------------------|---------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------|
| –                | IEC 60050-815       | –                                              | –                                      |
| EN 61788-2:1999  | IEC 61788-2:1999    | <b>DIN EN 61788-2<br/>(VDE 0390-2):2000-03</b> | VDE 0390-2                             |

## Nationaler Anhang NB (informativ)

### Literaturhinweise

**DIN EN 61788-2 (VDE 0390-2):2000-03**, *Supraleitfähigkeit – Teil 2: Messen des kritischen Stromes; Kritischer Strom (Gleichstrom) von Nb<sub>3</sub>Sn-Verbundsupraleitern (IEC 61788-2:1999); Deutsche Fassung EN 61788-2:1999*

– Leerseite –

Supraleitfähigkeit –  
Teil 3: Messen des kritischen Stromes –  
Kritischer Strom (Gleichstrom) von Ag- und/oder Ag-Legierung ummantelten  
oxidischen Bi-2212 und Bi-2223-Supraleitern  
(IEC 61788-3:2006)

Superconductivity –  
Part 3: Critical current measurement –  
DC critical current of Ag- and/or Ag alloy-  
sheathed Bi-2212 and Bi-2223 oxide  
superconductors  
(IEC 61788-3:2006)

Supraconductivité –  
Partie 3: Mesure du courant critique –  
Courant critique continu des oxydes  
supraconducteurs Bi-2212 et Bi-2223 avec  
gaine Ag et/ou en alliage d'Ag  
(CEI 61788-3:2006)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2006-06-01 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, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

## CENELEC

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

**Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel**

© 2006 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 61788-3:2006 D

## Vorwort

Der Text des Schriftstücks 90/184/FDIS, zukünftige 2. Ausgabe von IEC 61788-3, ausgearbeitet von dem IEC/TC 90 „Superconductivity“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2006-06-01 als EN 61788-3 angenommen.

Diese Europäische Norm ersetzt EN 61788-3:2001.

Die Änderungen zu EN 61788-3:2001 betreffen im Wesentlichen den Wortlaut und beinhalten weniger technische Änderungen.

Beispiele für technische Änderungen sind die Spannungsführungen, die jetzt mit einem Durchmesser kleiner als 0,21 mm angegeben werden und die Forderung für die absolute Genauigkeit des Magnetfeldes, die besser sein muss als das Maximum von  $\pm 1\%$  und  $\pm 0,02\text{ T}$  statt bisher  $1\%$ . Die Forderung bezüglich der Wiederholgenauigkeit des Magnetfeldes wurde in gleicher Weise geändert.

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): 2007-03-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2009-06-01

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

---

## Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61788-3:2006 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

---

## Inhalt

|                                                                                        | Seite |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Vorwort .....                                                                          | 2     |
| Einleitung .....                                                                       | 5     |
| 1 Anwendungsbereich.....                                                               | 6     |
| 2 Normative Verweisungen .....                                                         | 6     |
| 3 Begriffe .....                                                                       | 6     |
| 4 Prinzip .....                                                                        | 7     |
| 5 Anforderungen .....                                                                  | 8     |
| 6 Prüfeinrichtung .....                                                                | 8     |
| 6.1 Probenhalter-Werkstoff .....                                                       | 8     |
| 6.2 Konstruktion des Probenhalters .....                                               | 9     |
| 6.3 Messaufbau.....                                                                    | 9     |
| 7 Probenvorbereitung.....                                                              | 9     |
| 7.1 Wärmebehandlung.....                                                               | 9     |
| 7.2 Befestigung der Probe für die Messung.....                                         | 9     |
| 8 Messungen.....                                                                       | 10    |
| 9 Präzision und absolute Genauigkeit des Messverfahrens.....                           | 11    |
| 9.1 Kritischer Strom.....                                                              | 11    |
| 9.2 Temperatur.....                                                                    | 11    |
| 9.3 Magnetfeld.....                                                                    | 12    |
| 9.4 Abstützung der Probe und des Probenhalters.....                                    | 12    |
| 9.5 Schutz der Probe .....                                                             | 12    |
| 10 Auswertung der Messergebnisse.....                                                  | 12    |
| 10.1 Kriterien für den kritischen Strom.....                                           | 12    |
| 10.2 $n$ -Wert (Exponent $n$ , optional) .....                                         | 13    |
| 11 Prüfbericht.....                                                                    | 13    |
| 11.1 Identifizierung der geprüften Probe.....                                          | 13    |
| 11.2 Bericht über die $I_c$ -Werte .....                                               | 13    |
| 11.3 Bericht über die Prüfbedingungen .....                                            | 14    |
| Anhang A (informativ) Zusätzliche Information zu den Abschnitten 1 bis 10.....         | 15    |
| A.1 Anwendungsbereich.....                                                             | 15    |
| A.2 Anforderungen .....                                                                | 15    |
| A.3 Messapparatur .....                                                                | 16    |
| A.3.1 Material des Probenhalters für die Messung .....                                 | 16    |
| A.3.2 Konstruktion des Probenhalters für die Messung .....                             | 16    |
| A.4 Probenvorbereitung.....                                                            | 17    |
| A.5 Messungen.....                                                                     | 17    |
| A.6 Präzision (Wiederholgenauigkeit) und absolute Genauigkeit des Prüfverfahrens ..... | 18    |
| A.7 Auswertung der Messergebnisse.....                                                 | 18    |

|                                                                                                                                          | Seite |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| A.7.1 Kriterien des kritischen Stroms.....                                                                                               | 18    |
| A.7.2 $n$ -Wert.....                                                                                                                     | 19    |
| Anhang B (informativ) Magnetische Hysterese des kritischen Stroms von oxidischen<br>Hochtemperatursupraleitern.....                      | 21    |
| B.1 Magnetische Hysterese.....                                                                                                           | 21    |
| B.2 Reihenfolge bei den Messungen.....                                                                                                   | 21    |
| B.3 Verminderung von magnetischer Hysterese.....                                                                                         | 22    |
| B.4 Abhängigkeit von dem Winkel der Feldrichtung.....                                                                                    | 22    |
| Literaturhinweise.....                                                                                                                   | 23    |
| Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren<br>entsprechenden europäischen Publikationen..... | 24    |
| Bild 1 – Intrinsische $U$ - $I$ -Kennlinie.....                                                                                          | 14    |
| Bild 2 – $U$ - $I$ -Kennlinie mit einer Stromtransferkomponente.....                                                                     | 14    |
| Bild A.1 – Darstellung einer Messanordnung für eine Kurzprobe eines Supraleiters in der Klasse<br>von einigen 100 A.....                 | 20    |
| Bild A.2 – Darstellung einer Schaltung zur Simulation eines Supraleiters.....                                                            | 20    |
| Tabelle A.1 – Werte der thermischen Kontraktion von oxidischen Bi-Supraleitern und von<br>ausgewählten Werkstoffen.....                  | 19    |

## Einleitung

Im Jahr 1986 entdeckten J. G. Bednorz und K. A. Müller, dass einige zur Klasse der Perowskite zählende Cu-haltige Oxide Supraleitung zeigen bei Temperaturen weit oberhalb der Temperaturen, die metallische Supraleiter aufweisen. Seitdem werden extensive Forschungs- und Entwicklungsarbeiten weltweit über oxidische Hochtemperatur-Supraleiter durchgeführt, und ihre Anwendungen für die Erzeugung hoher Magnetfelder in Maschinen und Geräten, für die elektrische Energieübertragung mit niedrigen Verlusten, Anwendungen in der Elektronik und auf vielen anderen technischen Gebieten machen Fortschritte [1]<sup>1</sup>.

Die Technologie der Herstellung von oxidischen Supraleitern ist wesentlich für ihre Anwendung. Unter den bisher entwickelten oxidischen Hochtemperatur-Supraleitern sind BiSrCaCu-Oxid-Supraleiter (Bi-2212 und Bi-2223) die erfolgreichsten; sie lassen sich als Drähte und bandförmige Leiter in technisch interessanten Längen mit supraleitenden Eigenschaften herstellen. Diese Leiter können für die Wicklung von Magneten zur Erzeugung von Magnetfeldern von mehreren Tesla [2] eingesetzt werden. Es ist auch demonstriert worden, dass mit Hilfe von Bi-2212- und Bi-2223-Supraleitern die Grenzwerte der Magnetfelder in supraleitenden Magneten wesentlich gesteigert werden können [3].

Im Sommer 1993 begann VAMAS-TWA 16 mit Arbeiten über Verfahren zur Messung der kritischen Ströme von oxidischen Bi-Supraleitern. Im September 1997 hat die TWA 16 eine Richtlinie (VAMAS Guideline) zu einem Messverfahren für den kritischen Strom von Ag-ummantelten oxidischen Bi-2212- und Bi-2223-Supraleitern ausgearbeitet. Diese Vorarbeit von VAMAS für eine Normung wurde als Ausgangsbasis für die in dem vorliegenden Dokument beschriebene IEC-Norm zu dem Prüfverfahren für den kritischen Strom (Gleichstrom) von Ag-ummantelten oxidischen Bi-2212- und Bi-2223-Supraleitern genommen.

Mit dem Prüfverfahren, das in dieser Internationalen Norm behandelt ist, wird beabsichtigt, denjenigen Ingenieuren, die auf dem Gebiet der Supraleitertechnologie arbeiten, eine zweckmäßige und vereinbare Arbeitsgrundlage zu geben.

Der kritische Strom von Verbundsupraleitern wie Ag-ummantelten oxidischen Bi-Supraleitern hängt von vielen Variablen ab. Diese Variablen müssen sowohl bei der Prüfung als auch bei der Anwendung dieser Materialien beachtet werden. Die Prüfbedingungen wie äußeres Magnetfeld, Temperatur und Ausrichtung der Probe relativ zum Magnetfeld werden bestimmt durch die spezielle Anwendung. Die Konfiguration der Prüfanordnung darf auf den speziellen Leiter innerhalb bestimmter Toleranzen abgestimmt werden. Das spezielle Kriterium für den kritischen Strom darf durch den besonderen Anwendungsfall festgelegt werden. Es kann zweckmäßig sein, eine Reihe von Proben durchzumessen, wenn Unregelmäßigkeiten bei den Messungen auftreten.

---

<sup>1</sup> Die Nummern in eckigen Klammern verweisen auf die Literaturhinweise.