

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <p align="center"><b>Supraleitfähigkeit</b></p> <p align="center">Teil 3: Messen des kritischen Stromes – Kritischer Strom (Gleichstrom)<br/>von Ag-ummantelten oxidischen Bi-2212- und Bi-2223-Supraleitern<br/>(IEC 61788-3:2000) Deutsche Fassung EN 61788-3:2001</p>                                       | <p align="center"><b>DIN</b></p> <p align="center"><b>EN 61788-3</b></p> |
| <p align="center"><b>VDE</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p>Diese Norm ist zugleich eine <b>VDE-Bestimmung</b> im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Vorstand beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter nebenstehenden Nummern in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der etz Elektrotechnische Zeitschrift bekannt gegeben worden.</p> | <p align="center">Klassifikation<br/><b>VDE 0390</b><br/>Teil 3</p>      |
| <p align="center">Diese Norm enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm <b>IEC 61788-3</b></p> <p>ICS 17.220.20; 29.050</p> <p>Superconductivity –<br/>Part 3: Critical current measurement – DC critical current of<br/>Ag-sheathed Bi-2212 and Bi-2223 oxide superconductors<br/>(IEC 61788-3:2000);<br/>German version EN 61788-3:2001</p> <p>Supraconductivité –<br/>Partie 3: Mesure du courant critique – Courant critique continu des<br/>oxydes supraconducteurs Bi-2212 et Bi-2223 avec gaine en argent<br/>(CEI 61788-3:2000);<br/>Version allemande EN 61788-3:2001</p> <p><b>Die Europäische Norm EN 61788-3:2001 hat den Status einer Deutschen Norm.</b></p> <p><b>Beginn der Gültigkeit</b><br/>Die EN 61788-3 wurde am 2000-12-01 angenommen.</p> <p><b>Nationales Vorwort</b><br/>Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 184 „Supraleiter“ der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE) zuständig.<br/>Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN IEC 90/54/CD (VDE 0390 Teil 3):1999-03.</p> <p align="right">Fortsetzung Seite 2 und<br/>18 Seiten EN</p> <p align="center">Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                          |

## 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 50 nun IEC 60050 geworden.

Tabelle NA.1

| Europäische Norm | Internationale Norm | Deutsche Norm                                       | Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk |
|------------------|---------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------|
| –                | IEC 60050-815       | E DIN IEC 1(Sec)1453-815:1995-09                    | –                                      |
| EN 61788-2:1999  | IEC 61788-2:1999    | <b>DIN EN 61788-2<br/>(VDE 0390 Teil 2):2000-03</b> | VDE 0390 Teil 2                        |

## Nationaler Anhang NB (informativ)

### Literaturhinweise

**DIN EN 61788-2 (VDE 0390 Teil 2)**, *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.

E DIN IEC 1(Sec)1453-815, *Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch; Kapitel 815: Supraleitung* (IEC 1/90(IEV 815)(Sec)1453/22:1994).

Deutsche Fassung

## Supraleitfähigkeit

Teil 3: Messen des kritischen Stromes –  
Kritischer Strom (Gleichstrom) von Ag-ummantelten  
oxidischen Bi-2212- und Bi-2223-Supraleitern  
(IEC 61788-3:2000)

Superconductivity –  
Part 3: Critical current measurement –  
DC critical current of Ag-sheathed Bi-2212 and  
Bi-2223 oxide superconductors  
(IEC 61788-3:2000)

Supraconductivité –  
Partie 3: Mesure du courant critique –  
Courant critique continu des oxydes supraconducteurs  
Bi-2212 et Bi-2223 avec gaine en argent  
(CEI 61788-3:2000)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2000-12-01 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, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, der Schweiz, Spanien, der Tschechischen 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 Schriftstückes 90/80/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 61788-3, ausgearbeitet von dem IEC TC 90 „Superconductivity“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2000-12-01 als EN 61788-3 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): 2001-10-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen,  
zurückgezogen werden müssen (dow): 2003-12-01

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norm-Inhalt.

Anhänge, die als „informativ“ bezeichnet sind, enthalten nur Informationen.

In dieser Norm ist Anhang ZA normativ und sind die Anhänge A und B informativ.

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

## Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61788-3:2000 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

## Inhalt

|                                                                                                                                                          | Seite |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Vorwort . . . . .                                                                                                                                        | 2     |
| Einleitung . . . . .                                                                                                                                     | 4     |
| 1 Anwendungsbereich . . . . .                                                                                                                            | 5     |
| 2 Normative Verweisungen . . . . .                                                                                                                       | 5     |
| 3 Begriffe . . . . .                                                                                                                                     | 5     |
| 4 Anforderungen . . . . .                                                                                                                                | 5     |
| 5 Prüfeinrichtung . . . . .                                                                                                                              | 6     |
| 6 Probenvorbereitung . . . . .                                                                                                                           | 6     |
| 7 Messungen . . . . .                                                                                                                                    | 7     |
| 8 Präzision und Richtigkeit des Prüfverfahrens . . . . .                                                                                                 | 8     |
| 9 Auswertung der Messergebnisse . . . . .                                                                                                                | 9     |
| 10 Prüfbericht . . . . .                                                                                                                                 | 9     |
| <br><b>Anhang A</b> (informativ) Zusätzliche Information zu den Abschnitten 1 bis 9 . . . . .                                                            | 11    |
| <b>Anhang B</b> (informativ) Magnetische Hysterese des kritischen Stroms von oxidischen<br>Hochtemperatursupraleitern . . . . .                          | 16    |
| <br><b>Literaturhinweise</b> . . . . .                                                                                                                   | 17    |
| <br><b>Anhang ZA</b> (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen<br>mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen . . . . . | 18    |
| <br><b>Bild 1</b> – Intrinsische $U$ - $I$ -Kennlinie. . . . .                                                                                           | 10    |
| <b>Bild 2</b> – $U$ - $I$ -Kennlinie mit einer Stromtransferkomponente . . . . .                                                                         | 10    |
| <b>Bild A.1</b> – Darstellung einer Messanordnung für eine Kurzprobe eines Supraleiters in der Klasse<br>von einigen 100 A . . . . .                     | 15    |
| <b>Bild A.2</b> – Darstellung einer Schaltung zur Simulation eines Supraleiters . . . . .                                                                | 15    |
| <br><b>Tabelle A.1</b> – Werte der thermischen Kontraktion von oxidischen Bi-Supraleitern und von<br>ausgewählten Werkstoffen . . . . .                  | 14    |

## 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 TWA16 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.

---

1) Die Zahlen in eckigen Klammern verweisen auf „Literaturhinweise“.