

	DIN EN 61788-22-1 (VDE 0390-22-1)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung 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.	VDE
ICS 29.050 Supraleitfähigkeit – Teil 22-1: Supraleitende elektronische Bauelemente – Generische Spezifikation für Sensoren und Detektoren (IEC 61788-22-1:2017); Deutsche Fassung EN 61788-22-1:2017 Superconductivity – Part 22-1: Superconducting electronic devices – Generic specification for sensors and detectors (IEC 61788-22-1:2017); German version EN 61788-22-1:2017 Supraconductivité – Partie 22-1: Composants électroniques supraconducteurs – Spécification générique pour capteurs et détecteurs (IEC 61788-22-1:2017); Version allemande EN 61788-22-1:2017 Gesamtumfang 32 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE		

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2017-08-31 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2018-08-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 61788-22-1 (VDE 0390-22-1):2016-03.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 184 „Supraleiter“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (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 Datum (stability date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu dieser Publikation angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

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

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Da trotz vielfacher Verwendung des Begriffes „SQUID“ im Originaldokument dieser nur indirekt erklärt wird, erachten es die deutschen Experten des K 184 „Supraleiter“ für sinnvoll, die Definition nach IEC 815-16-46 hier wiederzugeben:

SQUID (en: superconducting quantum interference device)

geschlossener elektrischer Stromkreis mit einem oder mehreren Josephson-Kontakten

ANMERKUNG SQUID sind äußerst empfindliche Magnetfeldsensoren, die zur Messung biomagnetischer Felder und zur zerstörungsfreien Werkstoffprüfung eingesetzt werden.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit europäischen und internationalen Dokumenten

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

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

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ist nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60027 (alle Teile)	IEC 60027 (alle Teile)	DIN EN 60027 (alle Teile)	—
—	IEC 60050-815	^a	—
—	IEC 60417 DB ^b	—	—
—	IEC 60617 DB ^b	—	—
—	ISO 1000	—	—
—	ISO 7000	—	—
—	ISO/TS 80004 2:2015	—	—
^a „Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Deutsche Ausgabe“, Online-Zugang: http://www.dke.de/dke-iev .			
^b IEC-Online-Datenbank, gebührenpflichtig.			

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60027 (alle Teile), *Formelzeichen für die Elektrotechnik*

Supraleitfähigkeit –
Teil 22-1: Supraleitende elektronische Bauelemente –
Generische Spezifikation für Sensoren und Detektoren
(IEC 61788-22-1:2017)

Superconductivity –
Part 22-1: Superconducting electronic devices –
Generic specification for sensors and detectors
(IEC 61788-22-1:2017)

Supraconductivité –
Partie 22-1: Composants électroniques
supraconducteurs –
Spécification générique pour capteurs et
détecteurs
(IEC 61788-22-1:2017)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2017-08-31 angenommen. 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 CEN-CENELEC Management Centre 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 CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2017 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 61788-22-1:2017 D

Europäisches Vorwort

Der Text des Dokuments 90/388/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe der IEC 61788-22-1, erarbeitet vom IEC/TC 90 „Superconductivity“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN 61788-22-1:2017 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2018-05-31
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2020-08-31

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CENELEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61788-22-1:2017 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung ist unter „Literaturhinweise“ zu der aufgelisteten Norm die nachstehende Anmerkung einzutragen:

ISO/TS 80004-2:2015 ANMERKUNG Harmonisiert als CEN ISO/TS 80004-2:2017 (nicht modifiziert).

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort	2
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Symbole	9
5 Terminologie und Klassifizierung	10
5.1 Terminologie	10
5.2 Klassifizierung	12
6 Kryogene Betriebsbedingungen	13
7 Kennzeichnung	13
7.1 Identifizierung der Bauelemente	13
7.2 Verpackung	13
8 Test- und Messprozeduren	14
Anhang A (informativ) Kohärente Detektion	15
A.1 Typ Supraleitendes Hot-Electron-Bolometer (en: SHEB; superconducting hot electron Bolometer)	15
A.2 Supraleitender Tunnelkontakt (STJ)	16
A.3 Supraleitender Quanteninterferenz-Typ (SQUID type)	17
Anhang B (informativ) Direkte Detektion	19
B.1 Detektortyp Metallisch-Magnetisches-Kalorimeter (MMC)	19
B.2 Detektortyp Mikrowellen-Kinetische-Induktivität (MKI)	20
B.3 Detektortyp Supraleitender Streifen (SS) (en: superconducting strip)	21
B.4 Detektortyp Supraleitender-Tunnel-Kontakt (STJ) (en: superconducting tunnel junction)	22
B.5 Detektortyp Kantenbolometer (TES) (en: transition edge sensor)	23
Anhang C (normativ) Graphische Symbole zur Verwendung auf Geräten und Diagrammen	25
C.1 Supraleitender Bereich, eine supraleitende Verbindung	25
C.2 Supraleitender Bereich, eine normalleitende Verbindung	25
C.3 Kontakt zwischen Normalleiter und Supraleiter	25
C.4 Eine Variante von C.3	26
C.5 Josephson-Kontakt	26
Literaturhinweise	27
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	28
Bilder	
Bild A.1 – SHEB-Mischer	16
Bild A.2 – STJ-Mischer	17
Bild A.3 – DC-SQUID	18

	Seite
Bild B.1 – MMC-Detektor	19
Bild B.2 – MKI-Detektor	20
Bild B.3 – SS-Detektor	21
Bild B.4 – STJ-Detektor	22
Bild B.5 – TES-Detektor.....	23
Bild C.1 – Supraleitender Bereich, eine supraleitende Verbindung	25
Bild C.2 – Supraleitender Bereich, eine normalleitende Verbindung	25
Bild C.3 – Supraleitender Bereich, eine supraleitende Verbindung und eine normalleitende Verbindung (Kontakt Normalleiter-Supraleiter, IEC 60417-6370).....	25
Bild C.4 – Reihenschaltung	26
Bild C.5 – Supraleitender Bereich, zwei supraleitende Verbindungen mit extrem kleinem nicht- supraleitenden Bereich (Josephson-Kontakt, IEC 60417-6371).....	26
Tabellen	
Tabelle 1 – Messgrößen	10
Tabelle 2 – Klassifizierung der Messgrößen	11
Tabelle 3 – Nomenklatur der supraleitenden Sensoren und Detektoren: Typ, kompletter Name und Abkürzung	11
Tabelle 4 – Klassifizierung der Detektionsprinzipien	13

Einleitung

Das physikalische Phänomen „Supraleitung“ bietet unterschiedliche Möglichkeiten für die Realisierung von Detektion und Messung verschiedenster Messgrößen. Eine Reihe von Sensoren und Detektoren wurden bisher entwickelt, unter Ausnutzung von Eigenschaften wie supraleitenden Energiebandlücken, scharfen Übergängen zwischen Normal- und Supraleitung, nichtlinearen Strom-Spannungs-Kennlinien, kohärenten Supraleitungszuständen sowie der Quantisierung des magnetischen Flusses. Alle diese Eigenschaften können durch die Wechselwirkung mit elektromagnetischen Feldern, Photonen, Ionen usw. beeinflusst werden. Supraleitende Sensoren und Detektoren erreichen eine extrem hohe Leistungsfähigkeit bei der Energie- und Zeitauflösung und weisen ein sehr geringes Eigenrauschen auf. Die meisten dieser Eigenschaften sind mit anderen physikalischen Effekten nicht erreichbar.

Der Begriff „Sensor“ wird üblicherweise für die Messung stationärer oder langsam veränderlicher elektromagnetischer Felder bzw. physikalischer Größen wie z. B. Strom oder Temperatur gebraucht. Der Begriff „Detektor“ wird hingegen meist im Kontext der Messung einzelner Quanten, wie z. B. von Photonen von Infrarot bis Gammastrahlung und einzelner Teilchen verwendet. Eine eindeutige Abgrenzung zwischen den Begriffen „Sensor“ und „Detektor“ ist allerdings nicht möglich. Im vorliegenden Dokument werden daher sowohl „Sensor“ als auch „Detektor“ verwendet. Zusätzlich kann zum Beispiel auch ein Detektor auf dem Einsatz eines Sensors beruhen. Ein Beispiel hierfür ist ein Röntgendetektor, welcher ein Kantenbolometer (en. transition edge sensor; TES) als Sensor einsetzt, um den Temperaturanstieg durch die Absorption der Photonenenergie zu messen. In diesem Dokument wird z. B. die Terminologie „TES-Röntgendetektor“ für die Detektion von Röntgenstrahlung mit Hilfe von Kantenbolometern (TES) verwendet.

Supraleitende Sensoren und Detektoren werden in einer Vielzahl von Anwendungsfeldern eingesetzt, z. B. in der medizinischen Diagnostik, der Telekommunikation, der geologischen Erkundung, in astronomischen Geräten, in der quantenbasierten Informationsverarbeitung sowie in analytischen Messgeräten. Für Anwender in diesen Feldern ist die internationale Normung erforderlich, da die Terminologie bislang uneinheitlich und nicht eindeutig ist, keine graphischen Symbole für bildliche Darstellungen festgelegt sind und keine Prüfverfahren existieren.

1 Anwendungsbereich

Der hier vorliegende Teil 22-1 der internationalen Normenreihe IEC 61788 „Supraleitfähigkeit“ (en: „Superconductivity“) beschreibt allgemeine Elemente bezüglich der Spezifikationen für supraleitende Sensoren und Detektoren, welche die Basis für Spezifikationen für verschiedene Sensoren und Detektoren in anderen Teilen von IEC 61788 darstellen. Die beschriebenen Sensoren und Detektoren bestehen im Wesentlichen aus supraleitenden Materialien und beruhen in ihrer Funktion auf Phänomenen der Supraleitung oder verwandten Phänomenen. Die zu bestimmenden Messgrößen beinhalten magnetische Felder, elektromagnetische Wellen, Photonen, Elektronen, Ionen, α -Teilchen und andere.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60027 (alle Teile), *Letter symbols to be used in electrical technology*

IEC 60050-815, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 815: Superconductivity*

IEC 60417, *Graphical symbols for use on equipment* (available at: <http://www.graphical-symbols.info>)

IEC 60617, *Graphical symbols for diagrams* (available at: <http://std.iec.ch/iec60617>)

ISO 1000, *SI units and recommendations for the use of their multiples and of certain other units*

ISO 7000, *Graphical symbols for use on equipment – Registered symbols* (available at: <http://www.graphical-symbols.info>)

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60050-815 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

zusätzliche positive Rückkopplung

APF (en: additional positive feedback)

Methode zur Vergrößerung des Fluss-Spannungs-Transferfaktors eines SQUID-Rings mittels einer Rückkoppelschleife aus Widerstand und Koppelspule

3.2

Modulationstiefenparameter

β_L (en: critical current modulation parameter)

Parameter, definiert als $2LI_c/\Phi_0$ für DC-SQUID, wobei L die Induktivität des SQUID-Washers und I_c der kritische Strom eines Josephson-Kontaktes ist, bzw. als $2\pi LI_c/\Phi_0$ für RF SQUID

Anmerkung 1 zum Begriff: Es kann auch der Begriff Abschirmungsparameter verwendet werden.

3.3

Stewart-McCumber-Parameter

β_C

Parameter, definiert als $2\pi I_c R_n^2 C / \Phi_0$, wobei R_n der Normalleitungswiderstand und C die Kapazität eines Josephson-Kontaktes ist

3.4

Brückenkontakt

Kontakt, gebildet aus zwei Supraleitern, die nur über eine schmale supraleitende Brücke verbunden sind

Anmerkung zum 1 Begriff: Der Begriff Mikrobrücke kann ebenfalls verwendet werden.

3.5

kritischer Strom

I_c

Maximalwert der Stromstärke eines Gleichstroms durch einen Josephson-Kontakt, der als praktisch widerstandsfrei fließender Strom betrachtet werden kann

3.6

kritische Stromdichte

J_c

kritischer Strom geteilt durch den Leiterquerschnitt oder die Kontaktfläche des Josephson-Kontaktes

3.7

Rückkoppelspule

Spule, die magnetisch an einen in einer Flussregelschleife (en. flux-locked loop; FLL) betriebenen SQUID gekoppelt ist

3.8

Flussregelschleife

FLL (en: flux-locked loop)

Methode zur Verbesserung der Linearität und des Dynamikbereiches eines SQUID durch negative Rückkopplung des magnetischen Flusses zum Erhalt einer konstanten Anzahl von Flussquanten im SQUID-Ring

3.9

Gradiometer

Anordnung von supraleitenden Schleifen gekoppelt an ein SQUID-Magnetometer, oder von mehreren SQUID-Magnetometern, die so angeordnet sind, dass sie gegen homogene magnetische Felder unempfindlich sind, oder dass sie empfindlich sind gegenüber Gradienten magnetischer Felder.

3.10

Detektortyp Metallisch-Magnetisches-Kalorimeter

Typ eines supraleitenden Bauelementes, in dem der Temperaturanstieg eines metallischen Absorbers infolge des Energieeintrags durch das Messobjekt mittels Messung der Magnetisierungsänderung im Absorber bestimmt wird

3.11

Detektortyp Mikrowellen-Kinetische-Induktivität

Typ eines supraleitenden Bauelementes, das die Änderung der Mikrowellen-Oberflächenimpedanz eines supraleitenden Streifenleiters infolge des Energieeintrags durch das Messobjekt ausnutzt

3.12

Normalleitungswiderstand

Widerstand eines Supraleiters oder eines Josephson-Kontaktes im normalleitenden Zustand

Anmerkung 1 zum Begriff: In einem Supraleiter oder einem TES handelt es sich um den Widerstand bei einer Temperatur unmittelbar oberhalb des supraleitenden Überganges.