

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑪ DE 2901892 C2

⑤① Int. Cl. 4:
H01 F 7/22
H 01 H 1/00

⑳ Aktenzeichen: P 29 01 892.6-33
㉑ Anmeldetag: 18. 1. 79
㉒ Offenlegungstag: 31. 7. 80
㉓ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 30. 7. 87

DE 2901892 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:
Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München, DE

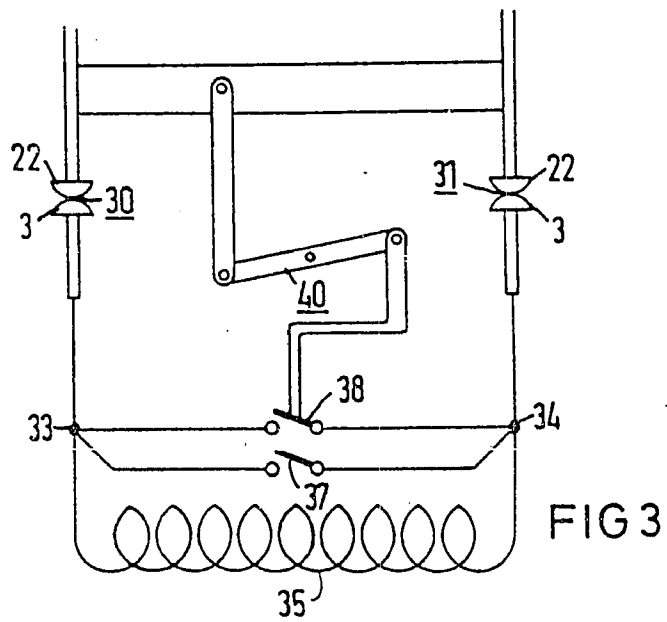
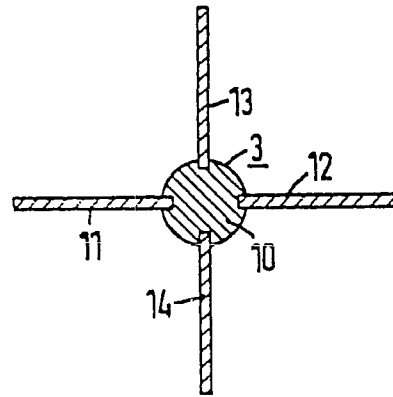
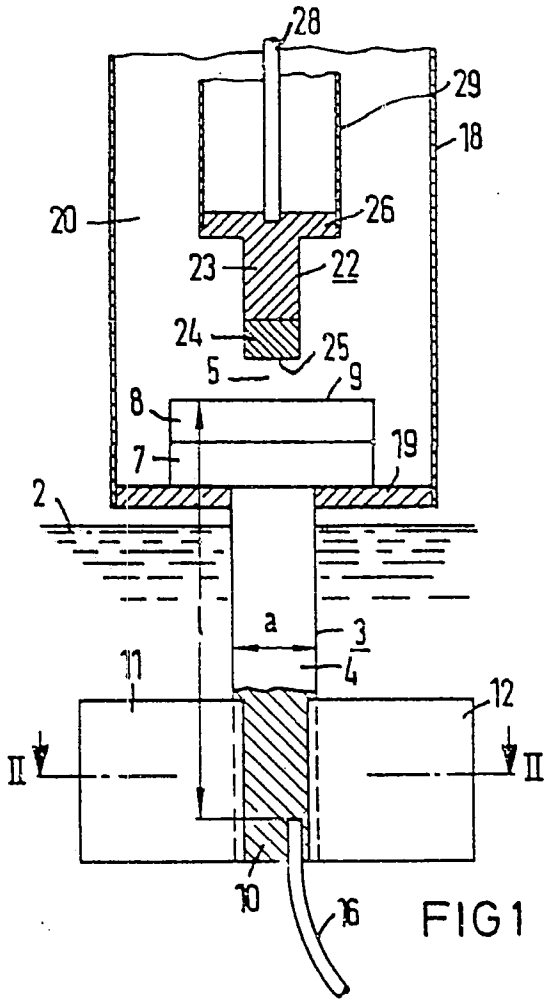
⑦② Erfinder:
Hieronymus, Hans, Ing.(grad.), 8520 Erlangen, DE

⑤⑥ Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene
Druckschriften nach § 44 PatG:

DE-OS 24 51 949
US 38 39 689
US 35 51 861

⑤④ Stromzuführungsvorrichtung für eine supraleitende Magnetspule

DE 2901892 C2



Patentansprüche

1. Stromzuführungsvorrichtung für eine von einem kryogenen Medium gekühlte supraleitende Magnetspule, deren Spulenenden über einen Dauerstromschalter kurzzuschließen sind, mit einer Trennvorrichtung pro Spulenende,

α) die ein ortsfestes, mit dem jeweiligen Spulenende verbundenes Kontaktteil aufweist, das in Stromführungsrichtung langgestreckt und zylindrisch gestaltet und mit in das kryogene Medium eintauchenden Mitteln zur Oberflächenvergrößerung versehen ist,

β) die ein bewegliches, mit einer Stromversorgungseinrichtung verbundenes Kontaktteil enthält, das eine höhere Temperatur als das jeweilige Spulenende aufweist, und

γ) die eine mechanische Betätigungsvorrichtung zum Aneinanderfügen der entsprechenden Kontaktflächen der Kontaktteile bzw. zu deren Trennen nach erfolgtem Kurzschließen der Magnetspule umfaßt,

dadurch gekennzeichnet,

a) daß das Massenverhältnis von ortsfestem Kontaktteil (3) zu beweglichem Kontaktteil (22) mindestens 5 : 1 beträgt,

b) daß das ortsfeste Kontaktteil (3) als Mittel zur Oberflächenvergrößerung Kühlfahnen aufweist,

c) daß pro 1000 Ampere maximal zu übertragendem Strom der Wärmewiderstand des ortsfesten Kontaktteils (3) zwischen seiner Kontaktfläche mit dem beweglichen Kontaktteil und der Anschlußstelle des jeweiligen Spulenendes (16) mindestens 0,2 Kelvin pro Watt beträgt und

d) daß das Aneinanderfügen der Kontaktflächen mit vorbestimmter Kontaktkraft erfolgt.

2. Stromzuführungsvorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein Massenverhältnis von ortsfestem Kontaktteil (3) zu beweglichem Kontaktteil (22) von mindestens 10 : 1.

3. Stromzuführungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß pro 1000 Ampere maximal zu übertragendem Strom der Wärmewiderstand des ortsfesten Kontaktteils (3) mindestens 0,5 Kelvin pro Watt beträgt.

4. Stromzuführungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß pro 1000 Ampere maximal zu übertragendem Strom der Wärmewiderstand des ortsfesten Kontaktteils (3) höchstens 3 Kelvin pro Watt, vorzugsweise höchstens 1 Kelvin pro Watt, beträgt.

5. Stromzuführungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge (l) des ortsfesten Kontaktteils (3) in Stromführungsrichtung mindestens doppelt so groß wie seine mittlere Ausdehnung in dazu senkrechter Richtung ist.

6. Stromzuführungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der Kontaktflächen (25, 9) der beiden Kontaktteile (22 bzw. 3) gekrümmt, vorzugsweise kugelförmig gestaltet ist.

7. Stromzuführungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die einander zugewandten Seiten von Kontaktteilen (3, 22) aus Kupfer jeweils mit einem Kontaktstück (8 bzw. 24) aus Feinsilber versehen sind.

8. Stromzuführungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktfläche (9) des ortsfesten Kontaktteils (3) außerhalb eines Bades (2) des kryogenen Mediums liegt.

9. Stromzuführungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktkraft mindestens 500 N, vorzugsweise mindestens 1000 N, beträgt.

10. Stromzuführungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Hub des beweglichen Kontaktteils (22) gegenüber dem ortsfesten Kontaktteil (3) auf einen vorbestimmten Wert begrenzt ist.

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Stromzuführungsvorrichtung für eine von einem kryogenen Medium gekühlte supraleitende Magnetspule, deren Spulenenden über einen Dauerstromschalter kurzzuschließen sind, mit einer Trennvorrichtung pro Spulenende, die ein ortsfestes, mit dem jeweiligen Spulenende verbundenes Kontaktteil aufweist, das in Stromführungsrichtung langgestreckt und zylindrisch gestaltet und mit in das kryogene Medium eintauchenden Mitteln zur Oberflächenvergrößerung versehen ist. Die Vorrichtung enthält ferner ein bewegliches, mit einer Stromversorgungseinrichtung verbundenes Kontaktteil mit einer höheren Temperatur als das jeweilige Spulenende. Ferner ist eine mechanische Betätigungsvorrichtung zum Aneinanderfügen der entsprechenden Kontaktflächen der Kontaktteile bzw. zu deren Trennen nach erfolgtem Kurzschließen der Magnetspule vorgesehen. Eine derartige Vorrichtung ist aus der US-PS 38 39 689 bekannt.

Unter einer in Stromführungsrichtung langgestreckten Gestalt des gekühlten Kontaktteils ist dabei eine Form zu verstehen, deren Länge zwischen dem Kontaktbereich und der Anschlußstelle für die Supraleiter wesentlich größer als deren mittlere Ausdehnung in dazu senkrechten Richtungen ist.

Bei der aus der US-PS 38 39 689 bekannten Stromzuführungsvorrichtung für einen supraleitenden Magneten, der mit einem Kurzschließer versehen ist, besteht eine lösbare Verbindung zwischen dem gekühlten, unbeweglichen Kontaktteil des Magneten und dem beweglichen Kontaktteil einer äußeren Stromzuführung, die sich im allgemeinen auf Normaltemperatur befindet. Das dem beweglichen Kontaktteil zugewandte Ende des Kontaktteils des Magneten ist mit einer Bohrung für eine Schraub- oder Steckverbindung versehen. Durch eine trichterförmige Öffnung der Bohrung ist der Außenmantel am Ende des Kontaktteils erweitert. Das bewegliche Kontaktteil ist stabförmig gestaltet und durch den Deckel eines Kryostaten gasdicht hindurchgeführt. Die Masse dieses beweglichen Kontaktteils ist wesentlich größer als die Masse des Kontaktteils des Magneten. Es kann somit eine entsprechend große Wärmemenge zum ortsfesten Kontaktteil, bei dem besondere Gestaltungsmerkmale für eine leichte Wärmeabführung nicht vorgesehen sind, übertragen werden, wenn diese Kontaktteile verbunden werden.

Für eine Stromeinspeisung in Magnetspulen mit tief-

gekühlten Supraleitern werden Stromzuführungsvorrichtungen benötigt, über die ein elektrischer Strom diesen Leitern von einer auf einem höheren Temperaturniveau, beispielsweise auf Raumtemperatur, befindlichen Stromversorgungseinheit zugeführt wird. Die Leiter der Magnetspule werden dabei mit Hilfe eines kryogenen Mediums, beispielsweise mit flüssigem Helium, auf einem Temperaturniveau unterhalb der sogenannten Sprungtemperatur ihres supraleitenden Materials gehalten. Da diese Sprungtemperatur der bekannten supraleitenden Materialien weit unter der Raumtemperatur liegt, werden zur Überbrückung der entsprechenden Temperaturdifferenzen in den Stromzuführungsvorrichtungen Leiterteile aus elektrisch normalleitendem Material, wie beispielsweise aus Kupfer oder Aluminium, verwendet. Diese normalleitenden Leiterteile sind dann mit den Supraleitern der Magnetspule an einer Stelle verbunden, die ebenfalls auf einem Temperaturniveau unterhalb der Sprungtemperatur des Supraleitermaterials gehalten wird.

Ist ein magnetisches Feld einer solchen Magnetspule aufgrund eines entsprechenden Stromes erzeugt, so kann die Spule über einen Dauerstromschalter kurzgeschlossen werden, da ihr dann von außen zur Aufrechterhaltung des Feldes praktisch keine Energie mehr zugeführt zu werden braucht. Nur der Energiebedarf der zur Aufrechterhaltung des supraleitenden Zustandes der Spule benötigten Kälteeinrichtungen ist dann noch zu decken. Um die Wärmeverluste gering zu halten, ist die Stromzuführungsvorrichtung mit einer Trennvorrichtung versehen, die ein ortsfestes, kaltes Kontaktteil und ein bewegliches, warmes Kontaktteil sowie eine mechanische Betätigungsvorrichtung enthält, mit der die Kontaktteile aneinandergesetzt und nach dem Kurzschließen der Magnetspule voneinander getrennt werden.

Bei der Gestaltung einer solchen Stromzuführungsvorrichtung mit Trennvorrichtung ist zu berücksichtigen, daß das entfernte und etwa auf Raumtemperatur erwärmte Kontaktteil das gekühlte Kontaktteil erwärmt, sobald die thermische Verbindung hergestellt ist. Dabei müssen besonders die unterschiedlichen spezifischen Wärmen dieser beiden Kontaktteile mit berücksichtigt werden. Es besteht dann gegebenenfalls die Gefahr, daß zuviel Wärme in das gekühlte Kontaktteil und somit in den mit ihm verbundenen Spulenanschluß eingeleitet wird und dann das supraleitende Material zumindest an dieser Stelle normalleitend wird. Diese Gefahr ist hauptsächlich vor einem Entregungsvorgang gegeben, wenn noch der volle Strom in der Magnetspule fließt.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, eine Stromzuführungsvorrichtung mit einer Trennvorrichtung anzugeben, bei der nach dem Aneinanderfügen des warmen Kontaktteiles an das gekühlte Kontaktteil die Wärmeübertragung an der Verbindungsstelle vom normalleitenden zum supraleitenden Kontaktteil so begrenzt wird, daß bei entsprechender Kühlung der Zuleitungsstelle die Gefahr eines Normalleitend-Werdens der Supraleiter praktisch ausgeschlossen ist.

Die Erfindung ist gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- a) Das Massenverhältnis von ortsfestem Kontaktteil (3) zu beweglichem Kontaktteil (22) beträgt mindestens 5 : 1,
- b) das ortsfeste Kontaktteil (3) ist als Mittel zur Oberflächenvergrößerung mit Kühlfahnen versehen,

hen,

c) pro 1000 Ampere maximal zu übertragendem Strom beträgt der Wärmewiderstand des ortsfesten Kontaktteils (3) zwischen seiner Kontaktfläche mit dem beweglichen Kontaktteil und der Anschlußstelle des jeweiligen Spulenendes (16) mindestens 0,2 Kelvin pro Watt und

d) das Aneinanderfügen der Kontaktflächen erfolgt mit vorbestimmter Kontaktkraft.

Es ist an sich aus der DE-OS 24 51 949 bekannt, daß die Wärmeübertragung durch Kühlfahnen verbessert werden kann. Man hat deshalb dort die Oberfläche von gekühlten Kontaktstücken für supraleitende Magnete mit Kühlfahnen versehen.

Ein Vorteil der Stromzuführungsvorrichtung besteht darin, daß auch bei einem Aneinanderfügen der Kontaktteile die Wärmeeinleitung verhältnismäßig gering ist, da aufgrund des gewählten großen Massenverhältnisses zwischen warmem und kaltem Kontaktteil nur eine entsprechend kleine Wärmemenge von dem warmen auf das kalte Kontaktteil übergehen kann. Außerdem gelangt diese Wärmemenge nicht unmittelbar zu dem angeschlossenen supraleitenden Spulenende, weil das gekühlte Kontaktteil einen vorbestimmten Mindestwärmewiderstand hat. Es bildet sich so unmittelbar nach dem Zusammenfügen des warmen und kalten Kontaktteiles über das kalte Kontaktteil ein Temperaturgefälle aus, und die auf das kalte Kontaktteil übertragene Wärmemenge wird an dessen dem Kontaktbereich abgewandten Ende großflächig über Kühlfahnen an das kühlende kryogene Medium abgegeben, bevor sie das angeschlossene supraleitende Spulenende erwärmen kann. Die Gefahr eines Normalleitend-Werdens der Supraleiter der Magnetspule ist somit gering.

Darüber hinaus ist auch die Zeit bis zur völligen Wiederabkühlung des kalten Kontaktteiles verhältnismäßig kurz und liegt beispielsweise bei nur einigen 10 Sekunden, falls der Wärmewiderstand des gekühlten Kontaktteiles pro 1000 A zu übertragendem Strom höchstens 3 K/W beträgt.

Das Massenverhältnis zwischen warmem und kaltem Kontaktteil wird vorteilhaft sehr groß gewählt und liegt beispielsweise über 10 : 1. Die obere Grenze dieses Massenverhältnisses wird insbesondere durch die mechanische Belastbarkeit des kleineren warmen Kontaktteiles unter Einfluß der Kontaktkraft festgelegt. Die Kontaktkraft kann im geschlossenen Zustand der Trennvorrichtung vorteilhaft mindestens 500 N, vorzugsweise mindestens 1000 N betragen.

Gemäß einer Weiterbildung der Stromzuführungsvorrichtung nach der Erfindung kann wenigstens eine der Kontaktflächen der beiden Kontaktteile gekrümmt, vorzugsweise kugelförmig gestaltet sein. Unter Einfluß einer verhältnismäßig großen Kontaktkraft wird so ein geringer Übergangswiderstand zwischen den beiden Kontaktteilen der Trennvorrichtung erreicht.

Dieser Übergangswiderstand ist dann besonders gering, wenn die einander zugewandten Seiten der Kontaktteile, die beispielsweise aus Kupfer bestehen, jeweils mit einem Kontaktstück aus Feinsilber versehen sind.

Weitere Ausbildungen der Stromzuführungsvorrichtung nach der Erfindung sind in den übrigen Unteransprüchen gekennzeichnet.

Anhand der schematischen Zeichnung wird nachfolgend die Erfindung noch weiter erläutert. Dabei ist in den

Fig. 1 und 2 eine Stromzuführungsvorrichtung für eine supraleitende Magnetspule veranschaulicht, während in

Fig. 3 solche Stromzuführungsvorrichtungen in Verbindung mit einem zusätzlichen Kurzschlußschalter angedeutet sind.

Mit der in Fig. 1 nur teilweise als Längsschnitt ausgeführten Stromzuführungsvorrichtung kann eine in der Figur nicht dargestellte supraleitende Magnetspule an eine ebenfalls nicht gezeigte, auf Raumtemperatur liegende Stromversorgungseinrichtung angeschlossen werden. Die Magnetspule befindet sich innerhalb eines Kryostaten in einem Bad 2 eines kryogenen Mediums wie beispielsweise flüssigen Heliums, mit dem die supraleitenden Leiter der Spule unterhalb des für ihr supraleitendes Material charakteristischen Sprungpunktes vom supraleitenden in den normalleitenden Zustand gehalten werden. Die Stromzuführungsvorrichtung enthält ein ortsfestes, im wesentlichen in dem Bad 2 verlaufendes und somit gekühltes Kontaktteil 3 mit einem in Stromführungsrichtung langgestreckten, vollzylindrischen Bauteil 4, das an seinem oberen, aus dem Bad 2 herausragenden und einem Kontaktbereich 5 zugewandten Ende in ein scheibenförmiges, horizontal verlaufendes Bauteil 7 übergeht. Die dem Kontaktbereich 5 zugewandte Seite dieses scheibenförmigen Bauteils ist mit einem Kontaktstück 8 mit ebener Kontaktfläche 9 versehen. An dem dem Kontaktbereich 5 abgewandten Ende 10 des langgestreckten Bauteils 4 des Kontaktteils 3 sind mehrere Kühlfahnen befestigt, von denen in der Darstellung der Fig. 1 nur zwei Fahnen 11 und 12 ersichtlich sind. Gemäß dem in Fig. 2 dargestellten Querschnitt (entlang II-II in Fig. 1) durch diese Kühlfahnen können jedoch an dem unteren Ende 10 des Kontaktteils 3 auch noch weitere Kühlfahnen 13 und 14 angebracht sein. Mit Hilfe der Kühlfahnen wird eine großflächige Kühlung des unteren Endes 10 des Kontaktteiles 3 erreicht, so daß dieses Ende stets zumindest annähernd die Temperatur des kryogenen Mediums in dem Bad 2 hat. An diesem Ende ist deshalb vorteilhafterweise das supraleitende Endstück 16 der Magnetspule angeschlossen.

Die ortsfeste Lage des gekühlten Kontaktteils 3 wird mit Hilfe eines dünnwandigen, vertikal verlaufenden Stahlrohres 18 gewährleistet, dessen oberes Ende an einem in der Figur nicht dargestellten Gehäuse und dessen unteres Ende an einer mit dem scheibenförmigen, außerhalb des Bades 2 liegenden Bauteil 7 des Kontaktteils 3 verbundenen Platte 19 befestigt ist.

In dem von dem ortsfesten Stahlrohr 18 und der Platte 19 begrenzten, nach oben offenen Raum 20 ist ein in vertikaler Richtung längs der Rohrachse mittels einer in der Figur nicht dargestellten Betätigungsvorrichtung bewegliches Kontaktteil 22 der Stromzuführungsvorrichtung angeordnet. Dieses Kontaktteil enthält ein ebenfalls vollzylindrisches Bauteil 23, das an seinem unteren, dem Kontaktbereich 5 zugewandten Ende mit einem Kontaktstück 24 mit gekrümmter, vorzugsweise leicht kugelformig gewölbter Kontaktfläche 25 versehen ist. Das obere, dem Kontaktbereich 5 abgewandte Ende des Kontaktteils 22 ist zu einem scheibenförmigen Bauteil 26 verbreitert, an dem eine elektrische Zuleitung 28 angeschlossen ist, über die das Kontaktteil 22 mit der externen Stromversorgungseinrichtung verbunden ist. Diese Zuleitung besteht beispielsweise aus einem Kupfernetz, dessen Querschnitt wegen der entstehenden Joule'schen Verluste vorbestimmt ist und das von verdampfendem Helium gekühlt wird. Diese Zulei-

tung 28 ist von einem dünnwandigen, am Außenrand des scheibenförmigen Bauteils 26 befestigten starren Stahlrohr 29 konzentrisch umgeben, das eine mechanisch feste Verbindung zwischen der in der Figur nicht dargestellten Betätigungsvorrichtung und dem Kontaktteil 22 darstellt. Mit dieser Betätigungsvorrichtung wird das Kontaktteil 22 vorteilhaft mit einer Kraft von mindestens 500 N, vorzugsweise von mindestens 1000 N, beispielsweise 2000 N auf das Kontaktstück 8 des feststehenden, kalten Kontaktteils 3 gepreßt bzw. von diesem getrennt. Durch eine Festlegung des Hubs kann gegebenenfalls die Temperatur des warmen Kontaktteils 22 im hochgezogenen Zustand beeinflußt werden.

Wird als Material für die Kontaktstücke 8 und 24 Feinsilber gewählt, so wird aufgrund der hohen Kontaktkraft und der entsprechenden Gestaltung der Kontaktflächen 9 und 25 ein besonders geringer Übergangswiderstand zwischen den Kontaktteilen 22 und 3 gewährleistet. Die Bauteile 23 und 26 des Kontaktteils 22 sowie die Bauteile 4 und 7 des Kontaktteils 3 und auch die Kühlfahnen 11 bis 14 bestehen zweckmäßig aus einem normalleitenden, elektrisch und thermisch gut leitenden Material, beispielsweise Kupfer.

Die Masse des unteren, durch das Helium-Bad 2 auf Tieftemperatur gehaltenen Kontaktteils 3 ist sehr groß im Vergleich zu dem oberen, beweglichen warmen Kontaktteil 22. Das Massenverhältnis zwischen diesen Kontaktteilen beträgt mindestens 5 : 1, vorzugsweise mindestens 10 : 1. Die obere Grenze dieses Verhältnisses ist durch die mechanische Stabilität des warmen Kontaktteils 22 unter Einwirkung der vorbestimmten Kontaktkraft festgelegt. Mit dieser Maßnahme wird erreicht, daß bei einem Aneinanderfügen des noch warmen Kontaktteils 22 an das kalte Kontaktteil 3 eine entsprechend begrenzte Wärmemenge auf das Kontaktteil 3 übertragen wird. Um dann eine unmittelbare Weiterleitung dieser Wärmemenge auf das supraleitende Spulenende 16 zu verhindern, ist ferner das kalte Kontaktteil 3 so gestaltet, daß es pro 1000 A maximal zu übertragenden Strom einen Wärmewiderstand von mindestens 0,2 K/W, vorzugsweise von mindestens 0,5 K/W aufweist. Der obere Grenzwert des Wärmewiderstandes ist hauptsächlich durch die erzeugte Joule'sche Wärme und die maximal zulässige Zeit zur Wiederabkühlung des Kontaktteils 3 festgelegt. Zweckmäßig werden Werte von 3 K/W, vorzugsweise 1 K/W, pro 1000 A Strom nicht überschritten. Es ist so gewährleistet, daß sich das Kontaktteil 3 innerhalb einer verhältnismäßig kurzen Zeit, beispielsweise unter 1 Minute, auch an dem mit dem beweglichen Kontaktteil 22 verbundenen Ende ausreichend wiederabkühlt. Der gewünschte Wärmewiderstand des Kontaktteils 3 wird bei vorgegebenen Materialeigenschaften dadurch erreicht, daß seine Länge l in vertikaler Richtung mindestens doppelt so groß wie seine mittlere Ausdehnung in horizontaler Richtung ist. Das kalte Kontaktteil 3 enthält deshalb ein langgestrecktes, vollzylindrisches Bauteil 4 mit einer geringen horizontalen Ausdehnung a . Aufgrund der zusätzlich noch an seinem unteren Ende 10 angebrachten Kühlfahnen 11 bis 14 wird dabei gewährleistet, daß sich dieses Ende 10 mit dem an ihm angeschlossenen supraleitenden Endstück 16 der Magnetspule stets zumindest annähernd auf der Temperatur des Helium-Bades 2 befindet. Es bildet sich dann über das langgestreckte Bauteil 4 des Kontaktteils 3 kurzfristig nach dem Aneinanderfügen der beiden Kontaktteile 3 und 22 ein Temperaturgefälle aus, das in verhältnismäßig kurzer Zeit praktisch voll-

ständig wieder abgebaut wird. Durch den Wärmewiderstand vorbestimmter Größe zwischen den aneinandergefühten Kontaktflächen 9 und 25 einerseits sowie dem supraleitenden Anschluß 16 der Magnetspule andererseits wird somit eine sprunghafte Temperaturzunahme an den Leitern der Magnetspule verhindert.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel einer 1000 A-Stromzuführungsvorrichtung nach den Fig. 1 und 2 bestehen die Kontaktteile 3 und 22 im wesentlichen aus Elektrolytkupfer mit aufgelöteten Kontaktstücken 8 bzw. 25 aus Feinsilber. Die Kontaktfläche 9 ist dabei plan, während die Kontaktfläche 25 kugelig gestaltet ist mit einem Kugelradius von etwa 80 bis 100 mm. Die Masse des kalten Kontaktteils 3 einschließlich der Kühlfahnen 11 bis 14 beträgt etwa 300 g, während das bewegliche Kontaktteil 22 eine Masse von etwa 30 g hat. Die Kühlfläche der Kühlfahnen ist etwa 100 cm² groß, und der Wärmewiderstand zwischen der Kontaktstelle und der Anschlußstelle des Supraleiters 16 liegt zwischen 0,5 und 1 K/W. Wird dann das warme, zunächst auf einer Temperatur von etwa 280 bis 300 K liegende Kontaktteil 22 mit dem kalten Kontaktteil 3 auf der Temperatur des Helium-Bades 2 von etwa 4 K zusammengefügt, so baut sich das dabei entstehende Temperaturgefälle längs des kalten Kontaktteils 3 nach etwa 30 sec praktisch wieder vollständig ab.

In Fig. 3 sind zwei Stromzuführungsvorrichtungen 30 und 31 angedeutet, die der Stromzuführungsvorrichtung gemäß Fig. 1 entsprechen und die an Enden 33 und 34 einer supraleitenden Magnetspule 35 angeschlossen sind. Diese Spulenenden 33 und 34 können über einen Dauerstromschalter 37 elektrisch kurzgeschlossen werden. Dem Dauerstromschalter 37 ist ein weiterer Kurzschlußschalter 38 parallel geschaltet, der mittels einer in der Figur nur angedeuteten mechanischen Stellvorrichtung 40 mit den beweglichen Kontaktteilen 22 der Stromzuführungsvorrichtungen 30 und 31 derart verbunden ist, daß er nur im geschlossenen Zustand der Kontaktteile 3 und 22 der Stromzuführungsvorrichtungen zu öffnen ist, jedoch unmittelbar vor und während einer Trennung dieser Kontaktteile immer geschlossen bleibt. Mit dieser Maßnahme wird verhindert, daß im abgetrennten Zustand der Stromzuführungsvorrichtungen, wenn durch die Spule 35 und den Dauerstromschalter 37 ein Dauerstrom fließt, bei versehentlichem Öffnen dieser Schalter beschädigt oder sogar zerstört wird und sehr hohe elektrische Spannungen an den Spulenenden 33 und 34 auftreten.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen
