



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 102 51 458 B4 2007.12.13

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 102 51 458.5

(22) Anmelddatum: 05.11.2002

(43) Offenlegungstag: 12.06.2003

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 13.12.2007

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: F25D 3/10 (2006.01)

H01F 6/04 (2006.01)

G01R 33/3815 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(66) Innere Priorität:  
**101 57 105.4      21.11.2001**

(73) Patentinhaber:  
**Siemens AG, 80333 München, DE**

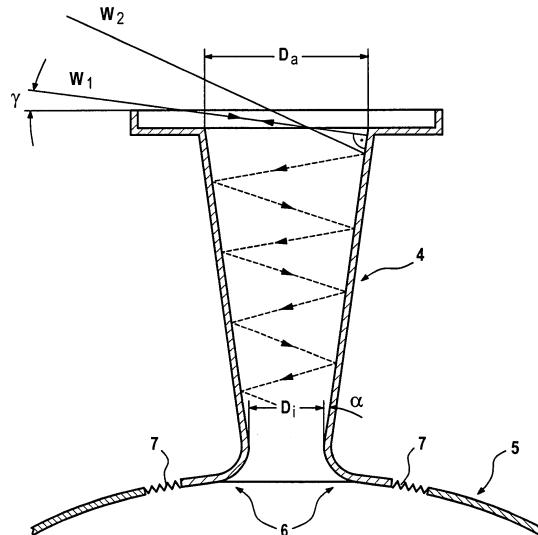
(72) Erfinder:  
**Huber, Norbert, Dr., 91056 Erlangen, DE;  
Röcklein, Rudolf, 91058 Erlangen, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 43 14 806 C2  
DE 39 24 579 A1  
US 42 91 541 A  
US 48 27 217  
EP 07 36 778 B1  
EP 05 87 423 B1

### (54) Bezeichnung: Kryostat

(57) Hauptanspruch: Kryostat (2) mit einer mit einem Kühlmittel gefüllten Kühlmittelkammer, einem innerhalb der Kühlmittelkammer angeordneten, von dem Kühlmittel gekühlten supraleitenden Magneten und einem mit der Kühlmittelkammer kommunizierenden endseitig offen Anschlussstutzen (4, 9, 11), dadurch gekennzeichnet, dass der Anschlussstutzen (4, 9, 11) einen derart bemessenen Innendurchmesser  $D_i$  aufweist, dass im Fall eines Quenches des supraleitenden Magneten entstehendes gasförmiges Kühlmittel ungehindert aus der Kühlmittelkammer entweichen kann und der Anschlussstutzen (4, 9, 11) sich von einem Innendurchmesser  $D_i$  auf einen Außendurchmesser  $D_a$  düsenartig unter Ausbildung eines Öffnungswinkels  $\alpha$  zwischen der Mittelachse des Anschlussstutzens (4, 9, 11) und dessen Innenwandung erweitert, wobei der Öffnungswinkel ( $\alpha$ ) derart gewählt ist, dass der Wärmeeintritt durch den Anschlussstutzen (4, 9, 11) deutlich verringert ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Kryostaten mit einer Kühlmittelkammer und einem endseitig offenen Anschlussstutzen, z.B. gemäß der DE 39 24 579 A1.

**[0002]** Solche Kryostaten sind bekannt und kommen überall dort zum Einsatz, wo ein Gegenstand auf eine sehr niedrige Temperatur gekühlt werden muss. Üblicherweise dient als Kühlmittel, das in einer Kühlmittelkammer des Kryostaten vorgesehen ist, flüssiger Stickstoff mit einer Temperatur von 77 K oder flüssiges Helium mit einer Temperatur von 4,3 K. Ein Kryostat kommt beispielsweise bei einer Magnetresonanzuntersuchungseinrichtung, die vornehmlich zu medizinischen Zwecken verwendet wird (vgl. z.B. DE 39 24 579 A1, EP 0 587 423 B1 oder EP 0 736 778 B1), oder aber bei Untersuchungseinrichtungen für analytische Zwecke im Bereich der Chemie (vgl. z.B. US 4,291,541 A) zum Einsatz. Auch diese bekannten Kryostaten weisen einen mit einer Kühlmittelkammer kommunizierenden, endseitig offenen Anschlussstutzen auf.

**[0003]** Kryostaten werden auch als thermisch isolierenden Behälter zum Transport und/oder zur Aufbewahrung insbesondere von verflüssigtem Helium verwendet. DE 43 14 806 C2 offenbart einen solchen isolierenden Behälter, wobei das verflüssigte Helium über einen Entnahmehuber aus dem Behälter entnehmbar ist, und jener Entnahmehuber aus zwei Teilen besteht. Dabei ist zumindest ein Teil des Entnahmehubers fest in dem isolierenden Behälter integriert und thermisch von der Umgebung entkoppelt.

**[0004]** Bei Einsatz eines Kryostaten bei einem Magnetresonanztomographen dient der Kryostat zum Kühlen des supraleitenden Magneten, der für die Erzeugung des Grundfelds dient. Der in Rede stehende Kryostat besitzt einen offenen Anschlussstutzen, d.h. es handelt sich um ein offenes System, bei dem die Kühlmittelkammer in der das flüssige Kühlmittel ist mit der Umgebung kommuniziert. Dass das flüssige Kühlmittel über den offenen Anschlussstutzen nicht schnell abdampft liegt daran, dass sich ein Siedegleichgewicht einstellt, und die Wärme- bzw. Energiezufuhr zum Kühlmittel über den Anschlussstutzen relativ gering ist, so dass sehr wenig Kühlmittel verdampft. Übliche Wartungszyklen, innerhalb welcher Kühlmittel nachgefüllt werden muss, betragen bei bekannten Magnetresonanztomographen rund ein Jahr.

**[0005]** Dem Anschlussstutzen kommen bei einem solchen Kryostaten eines Magnetresonanztomographen mehrere Eigenschaften zu. Zum einen kann über ihn die Erstbefüllung der Kühlmittelkammer mit Kühlmittel und ein Nachfüllen des Kühlmittels erfolgen. Zum anderen kann über ihn verdampfendes Kühlmittel abdampfen, das bei einem offenen System zur Vermeidung eines unzulässig hoch ansteigenden

Innendrucks in der Kühlmittelkammer abdampfen muss. Darüber hinaus dient der Anschlussstutzen gegebenenfalls auch zur Aufnahme einer Elektrode, die mit dem supraleitenden Magneten beim Hochfahren der Anlage verbunden ist. Über diese Elektrode und eine zweite, ebenfalls mit dem supraleitenden Magneten verbundene Elektrode wird ein Strom über den supraleitenden Magneten geführt, der nach Erreichen der Sprungtemperatur bei hinreichender Abkühlung des Magneten verlustfrei im Magneten geführt wird, wonach die beiden Elektroden vom supraleitenden Magneten getrennt werden.

**[0006]** Dabei sind im Wesentlichen drei Erfordernisse vom Anschlussstutzen zu erfüllen. Zum einen soll er sich bei einer Aufnahme einer Elektrode möglichst wenig aufheizen, um zu vermeiden, dass ein unzulässig hoher Wärmetransport über den Anschlussstutzen in Richtung der Kühlmittelkammer oder die Kühlmittelkammer nach außen isolierenden Schilde erfolgt. Ferner soll ein geringer Wärmetransport von der Umgebung über den Anschlussstutzen in das Kryostatinne während des Betriebs erfolgen. Schließlich muss ein möglichst geringer Druckverlust beim Durchströmen des Anschlussstutzens mit abdampfendem Kühlmittel beispielsweise im Falle eines Quench's gegeben ist. Bei einem Quench wird der supraleitende Magnet an einer Stelle unzulässig warm und geht in den normalleitenden Zustand über, was mit einer lokalen Erwärmung, die sich ausbreitet und dazu führt, dass im schlimmsten Fall der gesamte supraleitende Magnet in den normalleitenden Zustand übergeht, verbunden ist. Vor allem der Wärmetransport in das Kryostatinne über den Anschlussstutzen besitzt einen großen Einfluss auf die Wartungszyklusdauer. Je geringer der Wärmeeintrag desto länger können die Wartungszyklen sein, was sich deutlich auf die Konkurrenzfähigkeit des Produktes auswirkt.

**[0007]** Um die Wärmeeinkopplung durch Wärmestrahlung zu verringern ist es bekannt, Strahlungsschutzschilder im Inneren des im Wesentlichen zylindrischen Anschlussstutzens anzubringen, die so angeordnet sind, dass der Anschlussstutzen von außen gesehen optisch geschlossen ist. D.h. Wärmestrahlung kann nur bedingt nach innen geführt werden und wird zum größten Teil von den Strahlungsschutzschildern reflektiert.

**[0008]** US 5,265,430 offenbart einen Kryostaten für einen supraleitenden Magneten, dessen Anschlussstutzen mit aktiv gekühlten Strahlungsschilden zur Verminderung des Wärmeeintrags ins Innere des Kryostaten versehen ist. US 4,827,217 offenbart einen weiteren Kryostaten, dessen Halsbereich mit einer Vielzahl von Wärmeschilden gegenüber der Umgebung abgeschirmt ist.

**[0009]** Jedoch führen diese Strahlungsschutzschild-

der zu einem schlechteren Quench-Verhalten, da sie, wenngleich der Strömungskanal nach wie vor offen ist, dennoch einen hinreichenden Strömungswiderstand bilden, was zu einem relativ hohen Druckverlust beim Durchströmen des abgedampften Kältemittels im Falles eines Quenches führt.

**[0010]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Kryostaten anzugeben, der einen Anschlussstutzen aufweist, der gegenüber den aus dem Stand der Technik bekannten Lösungen zum einen hinsichtlich eines verringerten Wärmeeintrages durch Wärmestrahlung und zum anderen hinsichtlich seines Verhaltens im Fall eines Quenches eines in dem Kryostaten angeordneten supraleitenden Magneten verbessert ist.

**[0011]** Diese Aufgabe wird mit den in Anspruch 1 angegebenen Maßnahmen gelöst. Erfindungsgemäß wird ein Kryostat mit einer mit einem Kühlmittel gefüllten Kühlmittelkammer und einem innerhalb der Kühlmittelkammer angeordneten von dem Kühlmittel gekühlten supraleitenden Magneten und einem mit der Kühlmittelkammer kommunizierenden endseitig offenen Anschlussstutzen angegeben. Der Anschlussstutzen weist einen derart bemessenen Innendurchmesser D auf, dass im Fall eines Quenches des supraleitenden Magneten entstehendes gasförmiges Kühlmittel ungehindert aus der Kühlmittelkammer entweichen kann und der Anschlussstutzen sich von einem Innendurchmesser auf einen Außendurchmesser düsenartig unter Ausbildung eines Öffnungswinkels zwischen der Mittelachse des Anschlussstutzens und dessen Innenwand erweitert, wobei der Öffnungswinkel derart gewählt ist, dass der Wärmeeintrag durch den Anschlussstutzen deutlich verringert ist.

**[0012]** Die Erfindung schlägt einen divergierenden, sich düsenartig nach außen erweiternden Anschlussstutzen im Vergleich zu bisher verwendeten zylindrischen Anschlussstutzen vor. Dieser divergierende Wandverlauf führt dazu, dass in den Anschlussstutzen eintretende Wärmestrahlung anders reflektiert wird als dies bei einem zylindrischen Anschlussstutzen der Fall wäre. Hierüber kann der Winkel der einkoppelbaren Strahlung, die durch Reflexion in das Kryostateninnere eingekoppelt werden kann, deutlich verkleinert werden. Insgesamt kann hierdurch sowohl diffuse Wärmestrahlung als auch reflektierte und reemittierte Wärmestrahlung deutlich verringert werden.

**[0013]** Nach einer ersten Erfindungsausgestaltung kann sich dabei der Durchmesser linear erweitern, d.h. der Anschlussstutzen ist kegelstumpfartig ausgeführt. Alternativ dazu besteht auch die Möglichkeit, einen sich konkav oder konvex erweiternden Anschlussstutzen zu verwenden.

**[0014]** Zur Modifizierung des Querschnittes des Anschlussstutzens kann in diesem nach einer Weiterbildung des Erfindungsgedankens ein längliches, sich vorzugsweise axial erstreckendes, vornehmlich konzentrisch mit diesem angeordnetes Bauteil vorgesehen sein, wobei sein Durchmesser sich – umgekehrt zum Verlauf des Anschlussstutzendurchmessers – von einem Innendurchmesser  $d_i$  auf einen Außendurchmesser  $d_a$  verjüngt. D.h. der Durchmesser nimmt von innen nach außen ab. Dies führt ebenfalls zu einem etwas veränderten Reflektionsverhalten, so dass sich durch diese Maßnahme der Wärmestrahlungseintrag insgesamt weiter verringern lässt. Auch bei diesem Bauteil kann sich der Durchmesser linear, konvex oder konkav verjüngen.

**[0015]** Eine zweckmäßige Weiterbildung des Erfindungsgedankens sieht vor, dass die Innenwand des Anschlussstutzens und/oder die Außenwand des Bauteils zur Beeinflussung des Absorptions- bzw. Emissionsverhaltens zumindest teilweise beschichtet oder oberflächlich behandelt ist. Die Wärmestrahlung trifft auf die Innen- oder die Außenwand des jeweiligen Elements. Je nachdem wie nun das Absorptions- oder Emissionsverhalten des Wandabschnitts, auf den die Wärmestrahlung trifft, ist wird die Wärmestrahlung unterschiedlich beeinflusst. D.h. diese Erfindungsausgestaltung lässt eine gezielte Einstellung der Absorptions- bzw. Emissionsparameter der jeweiligen Wand oder bestimmter Wandabschnitte zu. Als Beschichtung kann beispielsweise eine stark absorbierende Beschichtung aufgebracht werden, beispielsweise eine nicht-metallische Beschichtung aus einem Metalloxid, z.B.  $ZrO_2$  oder einem keramischen Material oder dergleichen. Eine solche Beschichtung wird zweckmäßigerweise im Stutzenbereich oder im Bauteilbereich am oberen offenen Austrittsende vorgesehen, da dort eine leichte strahlungsbedingte Erwärmung keine allzu großen Auswirkungen auf die Gesamtwärmebilanz, über die der Wärmeeintrag definiert wird, hat. Im Rahmen der oberflächlichen Behandlung kann beispielsweise auch eine Schwarzfärbung durch entsprechende chemische Behandlung des Anschlussstutzens oder die Ausbildung einer reflektierenden Oberfläche beispielsweise durch Polieren oder Aufbringen einer spiegelnden Schicht oder dergleichen vorgesehen sein. Auch hierdurch kann der Wärmetransport durch Wärmestrahlung verringert werden.

**[0016]** Weiterhin ist es zweckmäßig, wenn der Anschlussstutzen über einen gekrümmten Verbindungsgebiet mit einem Gehäuseabschnitt des Kryostaten verbunden ist. Dies ist im Hinblick auf eine Minimierung des Druckverlusts über den Anschlussstutzen vorteilhaft. Führt bereits die Vermeidung der Strahlungsschutzschilder zu einer Verbesserung hinsichtlich der Druckverhältnisse, so bringt die erfindungsgemäße Verbindung des Anschlussstutzens über den gekrümmten Verbindungsgebiet eine wei-

tere Verbesserung, da sich hierdurch ein verbessertes Strömungsprofil des Kühlmittalgases am Eintritt in den Anschlussstutzen ergibt. Abdampfendes Kühlmittel, das seinerseits zu einer Rückkühlung des sich erwärmenden Anschlussstutzens bzw. des Bauteils führt (sogenannte Abgaskühlung), kann nun noch ungehinderter und strömungstechnisch besser in den Anschlussstutzen ein- und durch diesen hindurchströmen, so dass sich auch das Kühlergebnis verbessert.

**[0017]** Neben dem Kryostaten betrifft die Erfindung ferner eine Magnetresonanzeinrichtung, umfassend einen Kryostaten der beschriebenen Art.

**[0018]** Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus den im folgenden beschriebenen Ausführungsbeispielen sowie anhand der Zeichnungen. Dabei zeigen:

**[0019]** [Fig. 1](#) eine Prinzipskizze einer erfindungsgemäßen Magnetresonanzeinrichtung ohne Gehäuse mit Darstellung des Kryostaten,

**[0020]** [Fig. 2](#) eine Detailansicht eines erfindungsgemäßen Anschlussstutzens einer ersten Ausführungsform in Form einer Prinzipskizze,

**[0021]** [Fig. 3](#) eine Darstellung des Anschlussstutzens aus [Fig. 2](#) mit einem zusätzlichen in ihm angeordneten zentralen Bauteil, und

**[0022]** [Fig. 4](#) eine Prinzipskizze zur Darstellung anderer Öffnungsgeometrien des Anschlussstutzens bzw. eines in ihm angeordneten zentralen Bauteils.

**[0023]** [Fig. 1](#) zeigt eine erfindungsgemäße Magnetresonanzeinrichtung 1, bei der aus Übersichtlichkeitsgründen das Gehäuse nicht dargestellt ist. Gezeigt ist ein Kryostat 2, der bereits um den supraleitenden Grundfeldmagneten der Magnetresonanzeinrichtung 1 herum angeordnet ist. Ersichtlich umgibt der Kryostat 2 den Magneten sowie die sonstigen Bauteile vollständig, d.h. sowohl an den Wandflächen als auch den Stirnseiten. Im oberen Bereich des Kryostaten 2 ist ein Turm 3 vorgesehen, in dem sich ein nachfolgend noch beschriebener Anschlussstutzen befindet, der mit einer Kühlmittelkammer des Kryostaten 2, in der sich im Betrieb ein Kühlmittel, beispielsweise flüssiger Stickstoff oder vornehmlich flüssiges Helium befindet, kommuniziert. Über den Anschlussstutzen kann also dieses Kühlmittel in die Kühlmittelkammer eingebracht und im Bedarfsfall nachgefüllt werden.

**[0024]** [Fig. 2](#) zeigt einen erfindungsgemäßen Anschlussstutzen 4 einer ersten Ausführungsform. Der Anschlussstutzen ist im Wesentlichen düsenförmig ausgebildet. Er vergrößert seinen Durchmesser von einem schmalen Innendurchmesser  $D_i$  im Bereich

des Übergangs des Anschlussstutzens 4 zur Wand 5 des Kryostaten auf einen Außendurchmesser  $D_a$  am offenen Ausgang des Anschlussstutzens 4. Der Durchmesser nimmt linear zu, d.h. der Anschlussstutzen ist im Wesentlichen kegelstumpfartig ausgebildet. In seinem Übergangsbereich zur Wand 5 des Kryostaten (die hier nur exemplarisch dargestellt ist und normalerweise aus mehreren Wandabschnitten umfassend Vakuumkammern und Isolierschilde besteht und zum Isolieren der sich anschließenden Kühlmittelkammer, in der z.B. flüssiger Stickstoff (77 K) oder flüssiges Helium (4,3 K) vorliegt, dient) ist der Anschlussstutzen 4 über einen gekrümmten Verbindungsabschnitt 6 mit der Wand verbunden. Insgesamt ist die Konfiguration des Anschlussstutzens 4 sowie seines Verbindungsbereichs der einer Laval-Düse ähnlich. Im gezeigten Beispiel schließt sich an den Verbindungsabschnitt 6 ein faltenbalgartiger Dehnungsabschnitt 7 an, der zum Aufnehmen etwaiger Material- oder Warendehnungen dient.

**[0025]** Aufgrund der Konizität des Anschlussstutzens 4 steht die Normale der Wandoberfläche unter einem Winkel  $\gamma$  zur Horizontalen. Der Öffnungswinkel des Anschlussstutzens beträgt  $\alpha$ , wobei  $\alpha$  in diesem Fall gleich  $\gamma$  ist.

**[0026]** Wird nun Wärmestrahlung in den Anschlussstutzen eingekoppelt, so wird ein Teil der Wärmestrahlung, der unter einem Winkel  $\leq \gamma$  bezogen auf die Horizontale eingekoppelt wird, von der schrägstehenden Wand reflektiert. [Fig. 2](#) zeigt einen idealisierten Wärmestrahl  $W_1$ , der genau entlang der Normale verläuft. Trifft er auf die Wand des Anschlussstutzens 4, so wird er reflektiert, wie in [Fig. 2](#) dargestellt ist. Wärmestrahlung, die unter einem kleineren Winkel eintritt, wird ebenfalls vollständig nach Außen, also nicht in den Anschlussstutzen reflektiert.

**[0027]** Lediglich Wärmestrahlung, die unter einem größeren Winkel eintritt (wie im gezeigten Beispiel der Wärmestrahl  $W_2$ ) wird ebenfalls reflektiert, jedoch in das Innere des Anschlussstutzens 4. Aufgrund der divergierenden Form des Anschlussstutzens 4 erfolgt im Anschlussstutzen selbst jedoch eine Mehrfachreflektion, wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist. Der Strahlungsweg wird also aufgrund der divergierenden Form deutlich verlängert, so dass aufgrund der bei jedem Reflektionsvorgang erfolgenden reflektionsbedingten Energieübertragung an die Wand des Anschlussstutzens 4 die Energie- oder Wärmemenge, die tatsächlich im unteren Bereich des Anschlussstutzens 4 ankommt, gering ist. Im Idealfall läuft sich die Wärmestrahlung während des Reflektionsweges tot.

**[0028]** Der Öffnungswinkel des Anschlussstutzens 4 sollte nicht zu groß gewählt werden, um ein Ablösen der Strömung zu verhindern. Er sollte aber gleichzeitig groß genug sein, um den beschriebenen Effekt gut auszunutzen. Je größer der Öffnungswinkel

kel  $\alpha$  ist, desto größer ist der Winkelabschnitt, innerhalb welchem Wärmestrahlung nach außen reflektiert wird.

**[0029]** Die Innenwand des Anschlussstutzens **4** kann mit einer Beschichtung belegt oder oberflächlich behandelt sein. Beispielsweise kann sie mit einer absorbierenden Beschichtung belegt sein, vornehmlich im oberen Eintrittsbereich, so dass dort auftreffende Wärmestrahlung weitestgehend oder vollständig absorbiert wird. Auch besteht die Möglichkeit, die Innenwand durch oberflächliche Behandlung schwarz zu färben, was einen ähnlichen Effekt hat. Auch eine reflektierende Oberfläche beispielsweise durch Polieren kann erzeugt werden. Die jeweiligen Beschichtungen oder Oberflächenbehandlung kann nur abschnittsweise vorgesehen sein, auch unterschiedliche Kombinationen sind denkbar. Dies ist je nach gegebener Problemstellung, ob also der Wärmetransport durch Wärmestrahlung oder durch Wärmeleitung überwiegt, zu optimieren.

**[0030]** Aufgrund dieser erfindungsgemäßen Ausgestaltung des Anschlussstutzens kann vorteilhaft auf die Verwendung etwaiger Strahlungsblenden verzichtet werden, da die tatsächlich eingetragene Wärmemenge auch ohne die Verwendung dieser Strahlungsschilder deutlich verringert werden kann. Die direkte Wärmestrahlung (gerichtet, unreflektiert) ist letztlich vernachlässigbar. Diffuse Wärmestrahlung, sowohl in Form reflektierter als auch reemittierter Wärmestrahlung, wird wie beschrieben aufgrund der erfindungsgemäßen Maßnahmen deutlich verringert, so dass insgesamt ein geringer Wärmeeintrag in den Kryostaten sowie ein sehr geringer Druckverlust im Falle eines Quenches ergibt.

**[0031]** [Fig. 3](#) zeigt den Anschlussstutzen **4** aus [Fig. 2](#). In diesem ist ein Bauteil **8**, im Wesentlichen konzentrisch angeordnet, vorgesehen. Dieses zentrale Bauteil **8** ist länglich und stabförmig. Es besitzt ebenfalls eine sich konisch verjüngende Form, jedoch verjüngt sich der Durchmesser von einem großen Innendurchmesser  $d_i$  auf einen kleineren Außen durchmesser  $d_a$ . D.h. der Verlauf ist gegengleich dem des Anschlussstutzens. Da es auch an diesem Bauteil **8** zu Reflexionen kommen kann, wie in [Fig. 3](#) gezeigt, ist es vorteilhaft, auch hier eine entsprechende divergierende Form zu wählen, die zu einer Verlängerung des Reflektionsweges führt. Der zwischen dem Anschlussstutzen **4** und dem Bauteil **8** im Inneren befindliche engste Teil des düsenartigen Ringspalts sollte auf den erforderlichen freien Strömungsquerschnitt angepasst sein.

**[0032]** Während im Vorliegenden vornehmlich der Reflektionsfall beschrieben wurde, gilt Entsprechendes natürlich auch bezüglich der Emission von Wärmestrahlung aus der sich lokal gegebenenfalls erwärmenden Wand des Anschlussstutzens. Auch hier

wird die Richtungsabhängigkeit vorteilhaft ausgenutzt.

**[0033]** Wie die Wand des Anschlussstutzens kann auch die Außenwand des Bauteils **8** entsprechend beschichtet oder oberflächlich behandelt sein. Man nutzt also zweckmäßigerweise an allen Reflektions- oder Emissionsflächen, die innerhalb des Anschlussstutzens vorliegen, die gezielte Veränderung wärmeoptischer Oberflächeneigenschaften aus, um den strahlungsbedingten Wärmetransport bzw. Wärmeeintrag in den Kryostaten zu verringern.

**[0034]** [Fig. 4](#) zeigt schließlich zwei weitere mögliche Stutzen- und Bauteilgeometrien, die gleichermaßen zur Erzielung des beschriebenen vorteilhaften Effekts dienlich sind. Wie die ausgezogene Darstellung des Anschlussstutzens **9** zeigt, ist es möglich, dass sich der Anschlussstutzen in seinem Durchmesser von innen nach außen hin vergrößert und dabei eine konkav gewölbte aufweist. Das entsprechende Bauteil **10** verjüngt sich in seinem Durchmesser von innen nach außen, weist jedoch in diesem Fall eine konvex nach außen gewölbte Außenwand auf.

**[0035]** Diese Konfiguration kann auch umgedreht werden. So zeigt der Anschlussstutzen **11** eine konkav nach außen gewölbte Form, während das entsprechend gegengleich geformte Bauteil **12** eine konvex nach innen gewölbte Außenwand besitzt.

## Patentansprüche

1. Kryostat (**2**) mit einer mit einem Kühlmittel gefüllten Kühlmittelkammer, einem innerhalb der Kühlmittelkammer angeordneten, von dem Kühlmittel gekühlten supraleitenden Magneten und einem mit der Kühlmittelkammer kommunizierenden endseitig offenen Anschlussstutzen (**4, 9, 11**), dadurch gekennzeichnet, dass der Anschlussstutzen (**4, 9, 11**) einen derart bemessenen Innendurchmesser  $D_i$  aufweist, dass im Fall eines Quenches des supraleitenden Magneten entstehendes gasförmiges Kühlmittel ungehindert aus der Kühlmittelkammer entweichen kann und der Anschlussstutzen (**4, 9, 11**) sich von einem Innendurchmesser  $D_i$  auf einen Außendurchmesser  $D_o$  düsenartig unter Ausbildung eines Öffnungswinkels  $\alpha$  zwischen der Mittelachse des Anschlussstutzens (**4, 9, 11**) und dessen Innenwandung erweitert, wobei der Öffnungswinkel ( $\alpha$ ) derart gewählt ist, dass der Wärmeeintrag durch den Anschlussstutzen (**4, 9, 11**) deutlich verringert ist.

2. Kryostat (**2**) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Durchmesser linear erweitert.

3. Kryostat (**2**) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Anschlussstutzen (**9, 11**) konvex oder konkav erweitert.

4. Kryostat (**2**) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Anschlussstutzen (**4, 9, 11**) ein längliches Bauteil (**8, 10, 12**) vorgesehen ist, dessen Durchmesser sich von einem Innendurchmesser ( $d_i$ ) auf einen Außendurchmesser ( $d_a$ ) verjüngt.

5. Kryostat (**2**) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Durchmesser linear (8), konvex (10) oder konkav (12) verjüngt.

6. Kryostat (**2**) nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Bauteil (**8, 10, 12**) und der Anschlussstutzen (**4, 9, 11**) konzentrisch miteinander angeordnet sind.

7. Kryostat (**2**) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenwand des Anschlussstutzens (**4, 9, 11**) und/oder die Außenwand des Bauteils (**8, 10, 12**) zur Beeinflussung des Absorptions- bzw. Emissionsverhaltens zumindest teilweise beschichtet oder oberflächlich behandelt ist.

8. Kryostat (**2**) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass als Beschichtung eine stark absorbierende Beschichtung aufgebracht ist.

9. Kryostat (**2**) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine nicht-metallische Beschichtung aufgebracht ist.

10. Kryostat (**2**) nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenwand oder die Außenwand durch oberflächliche Behandlung schwarz gefärbt oder reflektierend ist.

11. Kryostat (**2**) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Anschlussstutzen (**4**) über einen gekrümmten Verbindungsreich (**6**) mit einem Gehäuse- oder Wandabschnitt (**5**) des Kryostaten (**2**) verbunden ist.

12. Magnetresonanzanzeleinrichtung (**1**), umfassend eine Kryostaten nach einem der Ansprüche 1 bis 11.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

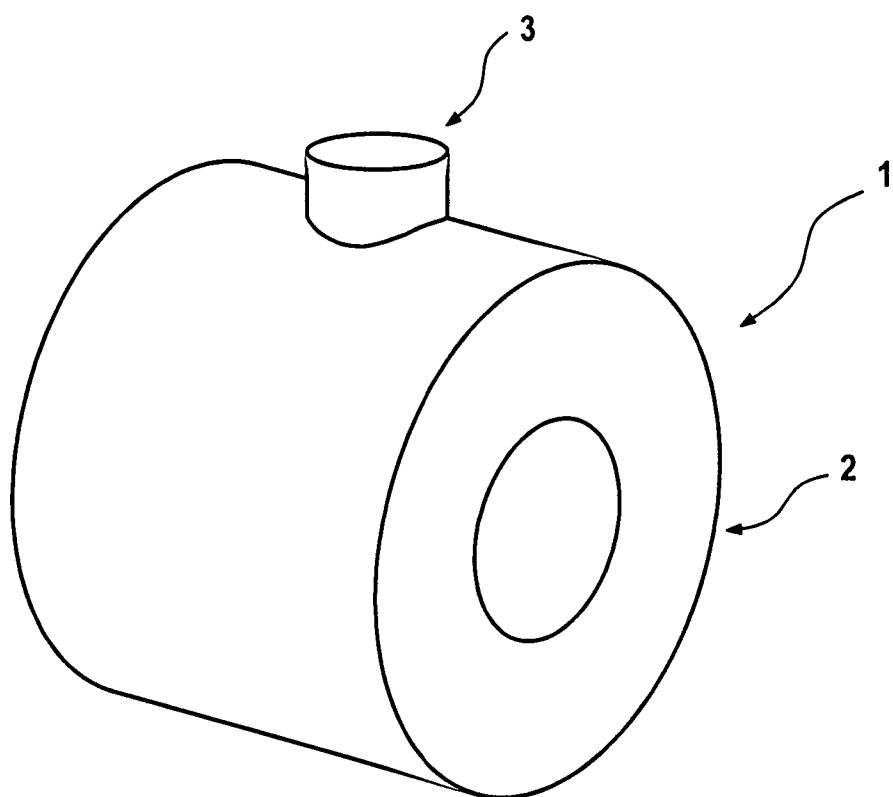


FIG 1

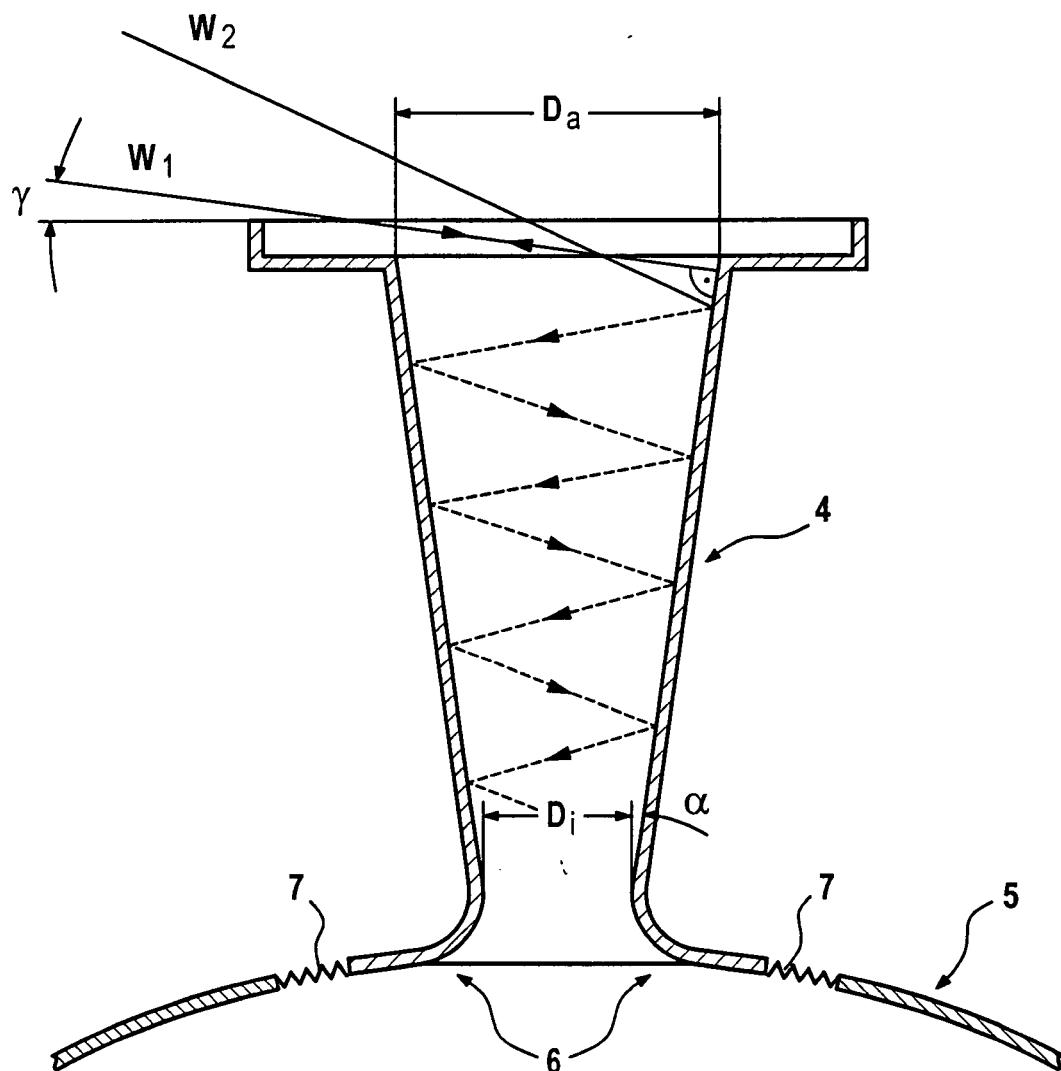


FIG 2

