

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
19. Januar 2012 (19.01.2012)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2012/006645** \* A 2

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**  
F25D 19/00 (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/AT201 1/000298
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**  
12. M i 201 1 (12.07.201 1)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**  
A 1177/2010 12. Juli 2010 (12.07.2010) AT
- (72) **Erfinder; und**
- (71) **Anmelder : WILD, Johannes** [AT/AT]; Gr. Mohrengasse 30/25, A-1020 Wien (AT).
- (74) **Anwalt: KESCHMANN, Marc;** Haffner und Keschmann, Patentanwälte OG, Schottengasse 30, A-1014 Wien (AT).
- (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,

DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) **Title:** COOLING APPARATUS

(54) **Bezeichnung :** KÜHLVORRICHTUNG

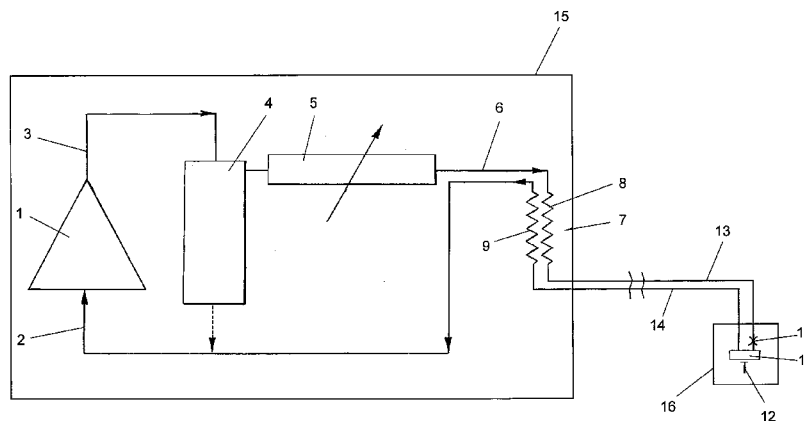


Fig. 1

(57) **Abstract:** In a cooling apparatus with a closed cooling circuit for cooling objects to semi-cryogenic or cryogenic temperatures of 230K to 80K, the cooling apparatus comprising a compressor for compressing a coolant, to which compressor the coolant is supplied in a gaseous State and from which the coolant emerges in a compressed gaseous State, an after-cooler which is connected downstream of the compressor and from which most of the coolant emerges in gaseous form, a counterflow heat exchanger comprising a feed line and a return line, which are arranged in such a manner that the compressed coolant is liquefied in the feed line by the expanded coolant flowing through the return line being heated, and a cooling head which is connected to the feed line and the return line and through which the coolant flows and in which the coolant is evaporated, the cooling head (11) is arranged in a vacuum Chamber (16) which can be connected to a negative pressure source and is connected to the feed line and the return line (8, 9) of the counterflow heat exchanger (7) via flexible connecting lines (13, 14).

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/006645 A2



---

Bei einer Kühlvorrichtung mit einem geschlossenen Kühlkreislauf zum Kühlen von Objekten auf semi-kryogene bzw. kryogene Temperaturen von 230K bis 80K umfassend einen Kompressor zum Komprimieren eines Kühlmittels, dem das Kühlmittel in gasförmigem Zustand zugeführt ist und aus dem das Kühlmittel in verdichtetem gasförmigen Zustand austritt, einen dem Kompressor nachgeschalteten Nachkühler, aus dem das Kühlmittel größtenteils gasförmig austritt, einen Gegenstromwärmetauscher umfassend eine Zu- und eine Rückleitung, die derart angeordnet sind, dass das verdichtete Kühlmittel in der Zuleitung unter Erwärmung des durch die Rückleitung fließenden entspannten Kühlmittels verflüssigt wird, und einen mit der Zu- und der Rückleitung in Verbindung stehenden, vom Kühlmittel durchströmten Kühlkopf, in dem das Kühlmittel verdampft, ist der Kühlkopf (11) in einer mit einer Unterdruckquelle verbindbaren Vakuunkammer (16) angeordnet, die über flexible Verbindungsleitungen (13,14) mit der Zu- und der Rückleitung (8,9) des Gegenstromwärmetauschers (7) verbunden ist.

Kühlvorrichtung

Die Erfindung betrifft eine Kühlvorrichtung mit einem geschlossenen Kühlkreislauf zum Kühlen von Objekten auf semi-kryogene bzw. kryogene Temperaturen von 230 K bis 80 K umfassend einen Kompressor zum Komprimieren eines Kühlmittels, dem das Kühlmittel in gasförmigem Zustand zugeführt ist und aus dem das Kühlmittel in verdichtetem gasförmigen Zustand austritt, einen dem Kompressor nachgeschalteten Nachkühler, einen Gegenstromwärmetauscher umfassend eine Zu- und eine Rückleitung, die derart angeordnet sind, dass das verdichtete Kühlmittel in der Zuleitung unter Erwärmung des durch die Rückleitung fließenden entspannten Kühlmittels verflüssigbar ist, und einen mit der Zu- und der Rückleitung in Verbindung stehenden, vom Kühlmittel durchströmten Kühlkopf, in dem das Kühlmittel verdampft.

Eine derartige Kühlvorrichtung ist beispielsweise dem Dokument EP 650574 AI zu entnehmen.

In kommerziellen Kühlsystemen werden der Gegenstromwärmetauscher und der Kühlkopf zu einer baulichen Einheit zusammengefasst und in einer Vakuumkammer angeordnet, in der auch das zu kühlende Objekt platziert wird. Der in der Vakuumkammer angeordnete Gegenstromwärmetauscher wird dabei über flexible Gaszuleitung in den Kühlkreislauf eingebunden. Da sich das Kühlmittel in den flexiblen Gaszuleitungen auf Raumtemperatur befindet und erst in der Vakuumkammer auf semi-kryogene bzw. kryogene Temperaturen gebracht wird, entfällt das Erfordernis der Isolierung dieser Leitungen. Die mit dem Transport von auf semi-kryogene bzw. kryogene Temperaturen gekühltem Kühlmittel über flexible Leitungen verbundenen Probleme, wie z.B. das Vereisen, die Entstehung von Kondenswasser sowie das Auftreten von Wärmeverlusten, werden somit vermieden. Der Nachteil liegt aber darin, dass die Geräte eine große Vakuumkammer benötigen, die für

viele Prozesse unerwünscht oder gar unbrauchbar ist. Die in solchen Geräten verwendeten Wärmetauscher sind in der Regel nämlich mehrere Meter lang und werden in einer Spirale gewickelt, um eine gewisse Kompaktheit des Kühlkopfes mit dem Wärmetauscher zu erreichen. Nichtsdestotrotz sind die Wärmetauscher schon bei kleinen Leistungen (z.B.  $-130^{\circ}\text{C}$  bei 30W) relativ groß (ca. 200mm hoch mit einem Durchmesser von 80mm). Weiters erfordert ein solches Kühlungssystem ein gutes Vakuumsystem, da das Volumen der Vakuumkammer dementsprechend groß sein muss.

5 Bei bestehenden Geräten (z.B. Polycold-Cryotiger), die das Mixed Gas Joule Thomson Verfahren nützen (siehe EP 650574 AI) und den Gegenstromwärmetauscher mit Kühkopf in der Vakuumkammer haben, geht eine Erhöhung der Kühlleistung mit einer deutlichen Vergrößerung des Wärmetauschers einher. Insbesondere bei

15 höheren Kühlleistungen (ca.  $>50\text{W}$ ) sind solche Geräte wirtschaftlich nicht mehr sinnvoll bzw. unattraktiv, insbesondere für wissenschaftliche Anwendungen (z.B. Hochleistungs-Laserverstärker, z.B. 150W bei 130K, Laserkristalle mit Abmessungen von z.B. 3mmx6mm), bei denen kleine Vakuumkammern erwünscht sind.

20

Die Erfindung zielt daher darauf ab, eine Kühlvorrichtung derart zu verbessern, dass eine Abkühlung eines Objekts in effizienter Weise auf möglichst tiefe semi-kryogene bzw. kryogene

25 Temperaturen gelingt, wobei die Vakuumkammer gleichzeitig möglichst klein und handlich ausgebildet sein soll und zugleich eine wesentliche Leistungssteigerung erzielt werden soll (z.B. statt 30W/140K, 200W/140K). Weiters sollen die Verluste beim Transport des Kühlmittels möglichst gering gehalten werden.

30 Zur Lösung dieser Aufgabe ist die Kühlvorrichtung der eingangs genannten Art erfindungsgemäß im Wesentlichen dahingehend weitergebildet, dass der Kühkopf in einer mit einer Unterdruckquelle verbindbaren Vakuumkammer angeordnet ist, die über fle-

xible Verbindungsleitungen mit der Zu- und der Rückleitung des Gegenstromwärmetauschers verbunden ist, sodass der Gegenstromwärmetauscher außerhalb der Vakuumkammer angeordnet ist. Die Erfindung beruht also auf der Idee, das herkömmliche Mixed JT-Verfahren zu nutzen und den Prozess der Verflüssigung des Kühlmittels mittels des Gegenstromwärmetauschers abgetrennt von der Vakuumkammer durchzuführen. Die Verflüssigung des Kühlmittels erfolgt somit außerhalb der Vakuumkammer, wobei das verflüssigte Kühlmittel der Vakuumkammer über flexible Verbindungsleitungen zugeführt wird. Dabei ist lediglich dafür Sorge zu tragen, dass der Wärmetauscher und die Verbindungsleitungen in geeigneter Weise thermisch isoliert sind. Der Wärmetauscher kann beispielsweise mit Hilfe einer eigenen Vakuumkammer mit Vakuumpumpe oder einfacher mittels Dämmstoffen aus expandiertem Polystyrol (EPS), Dämmstoffen aus extrudiertem Polystyrol (XPS), Dämmstoffen aus Polyurethan (PUR) oder mittels einer Vakuumdämmplatte (VIP) isoliert werden. Da die Kühlleistungen auf Grund der erfindungsgemäßen Ausbildung vervielfacht werden können, spielen Verluste auf Grund einer allenfalls schlechteren Isolierung des Wärmetauschers nur eine untergeordnete Rolle. Es wurden z.B. Leistungen auf einem Kühlkopf mit (Zylinder: H 35mm x D 35mm) 300W/140K realisiert. Dies entspricht einer Verzehnfachung der Kälteleistung bei einer Volumenverkleinerung um das ca. 30fache. Zur besseren thermischen Isolierung, insbesondere bei tieferen Temperaturen kann in die Isolierung des Wärmetauschers eine temperaturstrahlungsreflektierende Schicht aus Aluminiumfolie oder gleichwertigem Material eingebracht werden. Es ergibt sich dabei beispielsweise ein Schichtaufbau EPS, Aluminiumfolie, EPS, Aluminiumfolie,...

Auf Grund der erfindungsgemäßen Ausbildung ergibt sich die Möglichkeit, das Kühlaggregat und den Kühlkopf als funktional voneinander getrennte Einheiten auszubilden, sodass im Kühlkopf selbst keine großbauenden Komponenten des Kühlaggregats, wie

beispielsweise ein Gegenstromwärmetauscher od. dgl., angeordnet werden müssen. Dies ermöglicht es weiters, ein den jeweiligen Bedürfnissen entsprechendes Kühlaggregat mit der jeweils erforderlichen Kühlleistung vorzusehen, ohne dass der Kühlkopf in  
5 irgendeiner Weise angepasst werden muss und ohne dass die Handhabbarkeit des Kühlkopfes in irgendeiner Weise beeinträchtigt wird.

Eine besonders einfache Handhabbarkeit wird dadurch gewährleis-  
10 tet, dass, wie es einer bevorzugten Weiterbildung entspricht, der Kompressor, der Nachkühler und der Gegenstromwärmetauscher gemeinsam in einem Standgerät angeordnet sind, dessen Gehäuse eine Durchführung für die den Gegenstromwärmetauscher mit der Vakuumkammer verbindenden Verbindungsleitungen aufweist.

15 Wesentlich beim Mixed Gas Joule Thomson Kühlaggregat ist, dass der Kühler unter Zwischenschaltung eines Drosselorgans mit der Zuleitung des Gegenstromwärmetauschers in Verbindung steht, damit die nötige Druckreduktion des Kältemittels erfolgt und  
20 das verflüssigte Kühlmittel im Kältekopf verdampfen kann. Eine besonders vorteilhafte Konstruktion sieht in diesem Zusammenhang vor, dass die die Zuleitung des Gegenstromwärmetauschers mit dem Kühlkopf verbindende Verbindungsleitung das Drosselorgan bildet.

25 Um die thermischen Verluste beim Transport des Kühlmittels durch die Verbindungsleitungen zu minimieren, ist gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, dass die Verbindungsleitungen eine Vakuumisolierung aufweisen. Bevorzugt  
30 kann dabei vorgesehen sein, dass die Vakuumkammer und die Vakuumisolierung der Verbindungsleitungen miteinander unmittelbar in Verbindung stehen und mit einer gemeinsamen Unterdruckquelle verbindbar sind. Dies hat den Vorteil, dass das Vakuumsystem der Vakuumkammer genutzt wird, um in geeigneter Form das Kälte-

mittel auf dem Transport zwischen der Vakuumkammer bzw. dem Kühkopf und dem Kühlreservoir zu isolieren und eine Vakuumdurchführung zu gestalten. In der Vakuumkammer selbst befindet sich der an den Verbindungsleitungen angebrachte Kühkopf (z.B. aus Kupfer), durch welchen das Kältemittel (z.B. flüssiger Stickstoff) von den Verbindungsleitungen kommend geleitet wird. Dabei wird die bestehende Vakuumkammer um das relativ geringe Volumen der Vakuumisolierung der Verbindungsleitungen erweitert und gleichzeitig eine Vakuumverbindung zwischen der Vakuumisolierung der Verbindungsleitungen und der Vakuumkammer geschaffen. Somit wird das Problem der Vakuumdurchführung und die Isolation der Verbindungsleitungen mit geringem Aufwand und Kosten gelöst. Bevorzugt ist dabei vorgesehen, dass die Vakuumkammer eine Durchführung für die Verbindungsleitungen aufweist, die derart gestaltet ist, dass der Hohlraum der Vakuumisolierung der Verbindungsleitungen mit dem Innenraum der Vakuumkammer in Verbindung steht.

Am anderen Ende der Verbindungsleitungen, d.h. auf der Seite des Kältereservoir, wird die kältemittelführende Leitung aus der Vakuumisolierung, wie auch bei aus dem Stand der Technik bekannten vakuumisolierten Rohren geeignet herausgeführt. Dabei ist insbesondere auf die Wärmeleitfähigkeit des Hüllrohres der Vakuumisolierung und der Wärmeübertragungsfläche zu achten. Auf eine gute Vakuumverschweißung beim Übergang ist ebenso zu achten. Dieser Übergang, der geringe Wärmeübertragungsverluste verursachen sollte, kann durch herkömmliche Isolationsmittel gegen Kondenswasser oder Eis zusätzlich geschützt werden.

Auf Grund der beschriebenen Ausbildung ist es nun möglich, äußerst effizient, platzsparend (volumensparend), je nach Dimensionierung des jeweiligen Kühlaggregats beliebige Kälteleistungen in eine Vakuumkammer einzuleiten.

Ein besonders einfacher Aufbau der Vakuumisolierung der Verbindungsleitungen wird erreicht, wenn, wie dies einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung entspricht, die Vakuumisolierung einen die Verbindungsleitungen unter Ausbildung eines vorzugsweise im Wesentlichen ringförmigen Hohlraumes umgebenden Hüllschlauch umfasst. Der Hüllschlauch kann genau so wie die Verbindungsleitungen flexibel sein. Um zu verhindern, dass die Verbindungsleitungen den Hüllschlauch berühren, was zu einem unerwünschten Wärmeübergang führen würde, ist die Ausbildung bevorzugt derart ausgebildet, dass im Hohlraum zwischen den Verbindungsleitungen und dem Hüllschlauch wenigstens ein Abstandhalter angeordnet ist. Wenn, wie dies bevorzugt vorgesehen ist, der Abstandhalter eine gewellte Außen- und Innenkontur aufweist, wird sichergestellt, dass zwischen Abstandhalter einerseits und dem Hüllschlauch und den Verbindungsleitungen andererseits lediglich punkt- oder linienförmige Kontakte entstehen, wobei auf Grund derartiger Hertz'scher Kontakte der Wärmeintrag von außen weiter verringert werden kann.

Ein besonders einfacher Aufbau wird gemäß einer bevorzugten Weiterbildung erreicht, wenn die gemeinsame Unterdruckquelle an die Vakuumkammer angeschlossen ist.

Weiters ist bevorzugt vorgesehen, dass in der Vakuumkammer ein die Durchführung umgebender, insbesondere rohrförmiger Abstandhalter angeordnet ist, der den Abstand zwischen dem Kühlkopf und der Innenwand der Vakuumkammer definiert, wobei der Abstandhalter radiale Durchbrechungen aufweist, sodass der Innenraum der Vakuumkammer mit dem Hohlraum der Vakuumisolierung der Verbindungsleitungen in Verbindung steht.

Bevorzugt umfasst das Kühlmittel Butan und/oder Iso-Butan und/oder Propan und/oder Propen und/oder Ethin und/oder Ethan

und/oder Ethen und/oder Methan und/oder Argon und/oder Stickstoff .

Die Erfindung wird nun anhand von in der Zeichnung schematisch  
5 dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. In dieser  
zeigt Fig.1 einen geschlossenen Kühlkreislauf mit einem Kühlaggregat und einem Kühlkopf, Fig. 2 eine Schnittansicht des Kühlkopfes mit den Verbindungsleitungen und Fig. 3 einen Schnitt gemäß der Linie III-III der Fig. 2 .

10

Der in Fig.1 gezeigte Kühlkreislauf wird meist als Mixed Gas Joule Thomson Kühlprozess bezeichnet und ist beispielsweise in dem Dokument EP **650574** AI beschrieben. Der Kühlkreislauf umfasst einen Kompressor **1** zum Komprimieren des bei **2** gasförmig  
15 zugeführten Kältemittels. Das Kältemittel kann beispielsweise eine Gasmischung bestehend aus Propan, Ethan, Methan und Stickstoff sein. Das komprimierte Kältemittel wird über eine Leitung **3** einem Ölabscheider **4** zugeführt, mit dem das sich im Kompressor **1** ggf. mit dem Kältemittel vermischende Öl abgetrennt wird.

20 Das von Öl gereinigte Kältemittel wird anschließend einem Nachkühler **5** zugeführt, in welchem die dem Kompressor **1** zugeführte Wärme dem Kältemittel entzogen wird. Das gekühlte, komprimierte, aber noch immer zumeist gasförmige Kältemittel wird anschließend über eine Leitung **6** einem Gegenstromwärmetauscher **7**  
25 zugeführt, in welchem das durch die Kältemittelzuleitung **8** fließende Kühlmittel vom in der Kältemittelrückleitung **9** fließenden Kältemittel gekühlt und verflüssigt wird. Die Kältemittelzuleitung **8** und die Kältemittelrückleitung **9** können in der Praxis mehrere Meter lang sein und werden oft schraubenlinienförmig oder spiralförmig gewickelt, um eine gewisse Kompaktheit  
30 des Wärmestromwärmetauschers zu erreichen. Das verflüssigte Kältemittel wird über eine Drossel **10** entspannt, sodass das Kältemittel im Kühlkopf **11** verdampfen und hierdurch der Umgebung Verdampfungswärme entziehen kann. Der Kühlkopf **11** wird vom

Kühlmittel durchströmt und ist daher beispielsweise als hohler Zylinder ausgeführt. Das vom Kühlkopf 11 rückfließende Kältemittel wird im Gegenstromwärmetauscher 7 in der Folge bis auf Raumtemperatur erwärmt, wobei das rückfließende Kältemittel das

5 hinfließende Kältemittel abkühlt. Zum Abkühlen eines Objekts, das schematisch mit 12 angedeutet ist, wird dieses in Kontakt mit dem Kühlkopf 11 gebracht. Der Kühlkopf 11 besteht daher aus einem thermisch leitfähigen Material wie z.B. Kupfer.

10 Erfindungsgemäß ist der Kühlkopf 11 über Verbindungsleitungen 13 und 14 mit dem Gegenstromwärmetauscher 7 verbunden, sodass das Kühlaggregat 15 und der in einer Vakuumkammer 16 angeordnete

15 Kühlkopf 11 als voneinander gesonderte bauliche Einheiten realisiert werden können. Die erfindungsgemäße Ausbildung macht es erforderlich, dass das im Wärmetauscher 7 gekühlte und verflüssigte Kältemittel über die Verbindungsleitungen 13 und 14 über eine mehr oder minder lange Strecke transportiert wird, sodass eine ausreichende Isolation der Verbindungsleitungen sichergestellt werden muss.

20

In Fig. 2 sind der Kühlkopf samt Vakuumkammer sowie die Verbindungsleitungen näher dargestellt. Es ist ersichtlich, dass die Verbindungsleitungen 13 und 14 eine Vakuumisolierung 17 aufweisen, deren evakuierter Innenraum mit dem Innenraum der Vakuum-

25 kammer 16 in Verbindung steht. Die Verbindungsleitungen 13 und 14 können dabei als flexible Rohre ausgebildet sein, um die Handhabbarkeit zu verbessern. Die Vakuumisolierung 17 der Verbindungsleitung weist einen flexiblen Hüllschlauch 18 auf, das beispielsweise als Edelstahlwellrohr ausgebildet sein kann, das

30 bevorzugt eine Stahlmantelung aufweist. Zwischen den Verbindungsleitungen 13 und 14, die ebenfalls eine gewellte Außenkontur aufweisen können, können Abstandhalter 19 angeordnet sein, die ebenfalls flexibel ausgeführt sein können. Die Abstandhalter 19 weisen bevorzugt eine gewellte Außenkontur auf, sodass

aufgrund der dadurch erzielten Linienberührungen mit dem Hüllrohr **18** bzw. den Verbindungsleitungen **13** und **14** die Wärmeübertragung minimiert wird. Der Abstandshalter **19** dient somit der mechanischen und damit thermischen Entkopplung der Verbindungsleitungen **13** und **14** zum Hüllrohr **18**. Er sollte ausreichend flexibel, temperaturstabil, alterungsbeständig und ausgasungsfrei sein (z.B. Teflon, Kunststoff, Edelstahl). An der Stelle **20** sind die Verbindungsleitungen **13** und **14** aus der Vakuumisolierung **17** herausgeführt. Auf geringe thermische Verluste an der Übergangsstelle **20** ist zu achten. Dies kann durch Materialien mit geringer thermischer Leitfähigkeit und einem geringen Übergangsquerschnitt erreicht werden (z.B. Edelstahl). Zusätzlich kann die Übergangsstelle **20** durch herkömmliche Materialien zur Wärmeisolierung geschützt werden (z.B. geschäumtes Polystyrol, Amaflex) .

Die Verbindungsleitungen **13** und **14** können thermisch gekoppelt sein. Die Verbindungsleitungen **13** und **14** können alternativ auch ineinander geführt werden. Je nach Querschnitt und Länge der Verbindungsleitung **13** kann das Kühlmittel eine Druckreduktion entlang der Zuleitung erfahren, sodass das Kältemittel wie bei Kompressionskältemaschinen im Kühlkopf verdampft und Wärme abgeführt wird. In diesem Fall ist die Zuleitung sogleich Drosselorgan.

Die Vakuumisolierung **17** ist mit einem Vakuumflansch **21** verbunden, durch welchen die Verbindungsleitungen **13** und **14** hindurchgeführt und dem Kühlkopf **11** zugeführt sind. Um die mechanische Stabilität des Kühlkopfs **11** zu verbessern, ist zwischen dem Kühlkopf **11** und dem Vakuumflansch **21** ein Abstandshalter **22** angeordnet, der beispielsweise aus Teflon, Keramik oder Edelstahl bestehen kann und ausgasungsbeständig, tieftemperaturgeeignet, versprödungsbeständig und alterungsbeständig sein sollte. Dabei ist auf eine ausreichende thermische Entkopplung des Abstands-

halters 22 vom Vakuumflansch 21 zu achten und auf eine gute atmosphärische Durchlässigkeit zum Hüllrohr 18. In der Querschnittsansicht gemäß Fig. 3 ist ersichtlich, dass der Abstandhalter 22 mehrere radiale Durchbrechungen 24 aufweist, damit  
5 der evakuierte Innenraum der Vakuumisolierung der Verbindungsleitungen mit dem evakuierten Innenraum der Vakuumkammer 16 in leitender Verbindung steht. Ein Flansch bzw. Anschluss zum Anschließen an eine Vakuumpumpe ist mit 23 bezeichnet.

10 Bei gleichmäßig mit Kühlmittel durchströmtem Kühlkopf und bei mechanischer Stabilisierung des Kühlkopfes mittels Abstandshalter wird der Kühlkopf äußerst vibrationsarm.

Typische Anwendungsgebiete für die Erfindung sind die Kühlung  
15 von Hochleistungslaserverstärkern sowie verschiedene Kühlaufgaben in der analytischen Chemie, auf dem Gebiet der Supraleitung, der Astronomie sowie generell in der Forschung und Entwicklung sowie in der medizinischen Diagnostik.

20

Patentansprüche :

1. Kühlvorrichtung mit einem geschlossenen Kühlkreislauf zum  
5 Kühlen von Objekten auf semi-kryogene bzw. kryogene Temperatu-  
ren von 230K bis 80K umfassend einen Kompressor zum Komprimie-  
ren eines Kühlmittels, dem das Kühlmittel in gasförmigem Zu-  
stand zugeführt ist und aus dem das Kühlmittel in verdichtetem  
10 gasförmigen Zustand austritt, einen dem Kompressor nachgeschal-  
teten Nachkühler, aus dem das Kühlmittel größtenteils gasförmig  
austritt, einen Gegenstromwärmetauscher umfassend eine Zu- und  
eine Rückleitung, die derart angeordnet sind, dass das verdich-  
tete Kühlmittel in der Zuleitung unter Erwärmung des durch die  
15 Rückleitung fließenden entspannten Kühlmittels verflüssigbar  
ist, und einen mit der Zu- und der Rückleitung in Verbindung  
stehenden, vom Kühlmittel durchströmten Kühlkopf, in dem das  
Kühlmittel verdampft, dadurch gekennzeichnet, dass der Kühlkopf  
(11) in einer mit einer Unterdruckquelle verbindbaren Vakuum-  
kammer (16) angeordnet ist, die über flexible Verbindungslei-  
20 tungen (13,14) mit der Zu- und der Rückleitung (8,9) des Gegen-  
stromwärmetauschers (7) verbunden ist, sodass der Gegenstrom-  
wärmetauscher außerhalb der Vakuumkammer angeordnet ist.

2. Kühlvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
25 dass der Kompressor (1), der Nachkühler (5) und der Gegenstrom-  
wärmetauscher (7) gemeinsam in einem Standgerät angeordnet  
sind, dessen Gehäuse eine Durchführung für die den Gegenstrom-  
wärmetauscher (7) mit der Vakuumkammer (16) verbindenden Ver-  
bindungsleitungen (13,14) aufweist.

30 3. Kühlvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekenn-  
zeichnet, dass der Kühlkopf (11) unter Zwischenschaltung eines  
Drosselorgans (10) mit der Zuleitung (8) des Gegenstromwärme-  
tauschers (7) in Verbindung steht.

4. Kühlvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die die Zuleitung (8) des Gegenstromwärmetauschers (7) mit dem Kühlkopf (11) verbindende Verbindungsleitung (13) das Drosselorgan (10) bildet.

5. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindungsleitungen (13,14) eine Vakuumisolierung (17) aufweisen.

10 6. Kühlvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Vakuumisolierung (17) einen die Verbindungsleitungen (13,14) unter Ausbildung eines im Wesentlichen ringförmigen Hohlraumes umgebenden Hüllschlauch (18) umfasst, wobei der  
15 Hohlraum mit einer Unterdruckquelle verbindbar ist.

7. Kühlvorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Vakuumkammer (16) und die Vakuumisolierung (17) der Verbindungsleitungen (13,14) miteinander unmittelbar  
20 in Verbindung stehen und mit einer gemeinsamen Unterdruckquelle verbindbar sind.

8. Kühlvorrichtung nach Anspruch 5, 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Vakuumkammer (16) eine Durchführung für die  
25 Verbindungsleitungen (13,14) aufweist, die derart gestaltet ist, dass der Hohlraum der Vakuumisolierung (17) der Verbindungsleitungen (13,14) mit dem Innenraum der Vakuumkammer (16) in Verbindung steht.

30 9. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass im Hohlraum zwischen den Verbindungsleitungen (13,14) und dem Hüllschlauch (18) wenigstens ein Abstandhalter (19) angeordnet ist.

10. Kühlvorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstandhalter (19) eine gewellte Außen- und Innenkontur aufweist.

5 11. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Vakuumkammer (16) einen Anschluss (23) zum Anschließen der gemeinsamen Unterdruckquelle aufweist.

10 12. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass in der Vakuumkammer (16) ein die Durchführung umgebender, insbesondere rohrförmiger Abstandhalter (22) angeordnet ist, der den Abstand zwischen dem Kühlkopf (11) und der Innenwand der Vakuumkammer (16) definiert, wobei der Abstandhalter (22) radiale Durchbrechungen (24) aufweist, sodass  
15 der Innenraum der Vakuumkammer (16) mit dem Hohlraum der Vakuumisolation (17) der Verbindungsleitungen (13, 14) in Verbindung steht .

20 13. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Kühlmittel Butan und/oder Iso-Butan und/oder Propan und/oder Propen und/oder Ethin und/oder Ethan und/oder Ethen und/oder Methan und/oder Argon und/oder Stickstoff umfasst.

25

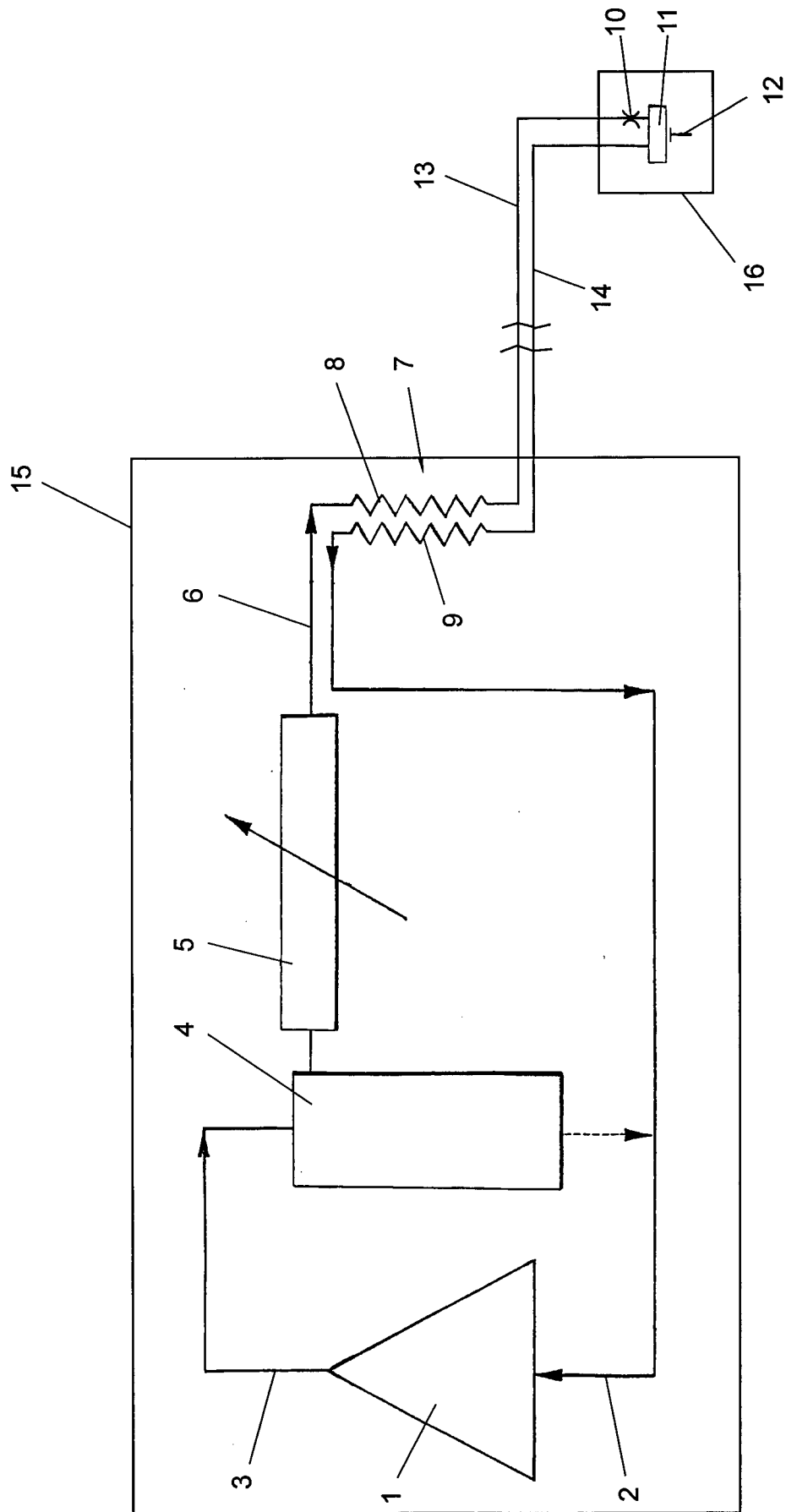


Fig. 1

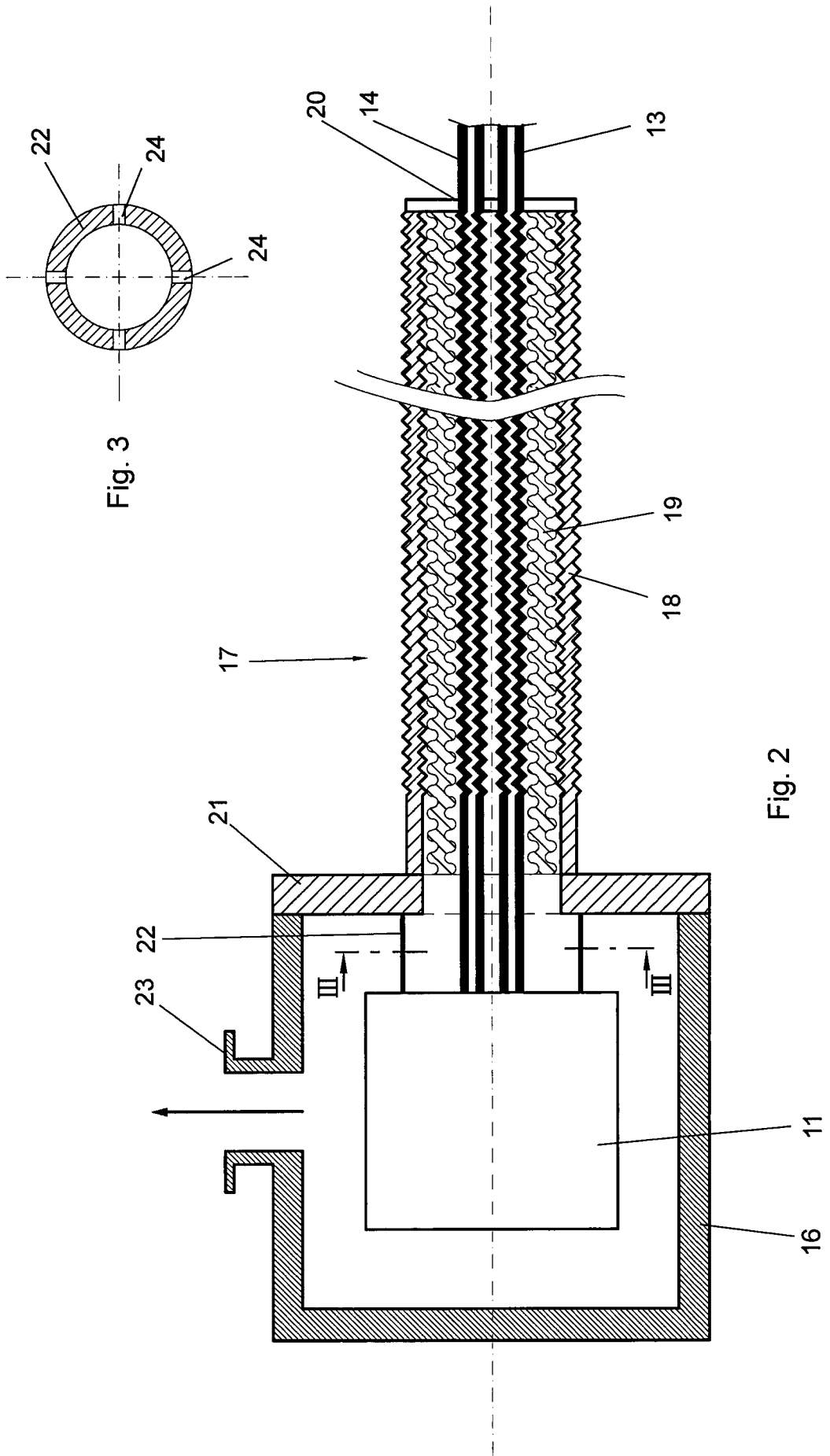


Fig. 3

Fig. 2