(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 667 116 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
27.11.2013 Patentblatt 2013/48

(51) Int Cl.:
F25B 9/00 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **12168675.2**

(22) Anmeldetag: **21.05.2012**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder:
- **Messer Group GmbH**
  65812 Bad Soden (DE)
- **Messer France S.A.S.**
  92816 Puteaux Cedex (FR)

(72) Erfinder:
- **Matheoud, Patrick**
  92390 Villeneuve La Garenne (FR)
- **Herzog, Dr. Friedhelm**
  47803 Krefeld (DE)
- **Hennequin, James**
  77410 Annet sur Marne (FR)

(74) Vertreter: **Münzel, Joachim R.**
Messer Group GmbH
Messer-Platz 1
65812 Bad Soden (DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Kühlen**

(57) Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zum indirekten Kühlen mit einem kryogenen Medium, insbesondere Kohlendioxid, bei dem zum Kühlen eines Mediums auf tiefe Temperaturen, insbesondere auf Temperaturen im Bereich zwischen - 56°C und -85°C, bei dem ein unter Druck stehendes flüssiges Trägermedium mit flüssigem Kohlendioxid vermischt und das Gemisch unter Abkühlen entspannt wird, anschließend bei der Entspannung entstandenes gasförmiges Kohlendioxid vom flüssigen Trägermedium separiert und das flüssige Trägermedium erneut unter Druck gesetzt und mit dem flüssigen Kohlendioxid vermischt wird. Das entspannte Gemisch und/oder das vom gasförmigen Kohlendioxid separierte Trägermedium wird/werden zum Wärmetausch mit dem zu kühlenden Medium eingesetzt.

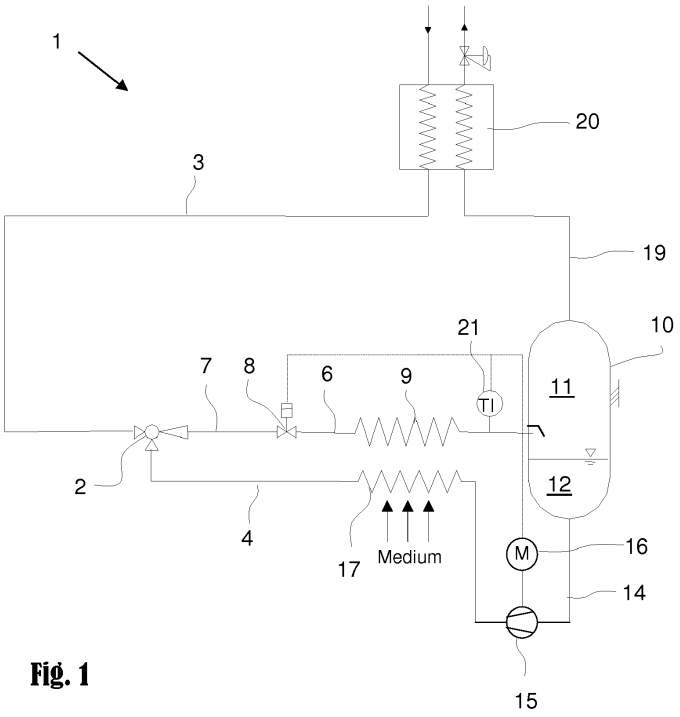


Fig. 1

EP 2 667 116 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zum Kühlen eines Mediums oder mehrerer Medien.

[0002] Insbesondere im Temperaturbereich zwischen minus 56°C und minus 79°C kommen Anlagen zum Kühlen eines Mediums, beispielsweise eines Gasstroms, zum Einsatz, die nach dem Prinzip einer indirekten Kühlung mittels einer heterogenen Mischung arbeiten, wobei die heterogene Mischung beispielsweise aus Kohlendioxid und einem in diesem Temperaturbereich im flüssigen Zustand vorliegenden Trägermedium besteht. Eine derartige Anlage ist etwa aus der DE 30 04 114 A1 bekannt. Das dort beschriebene Kältesystem arbeitet mit einem Wärmeübertragungsmedium, bestehend aus einer Suspension aus festen Kohlendioxidteilchen in Terpen als flüssigem Trägermedium. Zur Herstellung der Suspension wird unter Druck stehendes flüssiges Kohlendioxid (Kohlensäureanhydrid) durch Entspannen in feste Kohlendioxidpartikel sowie Kohlendioxidgas umgewandelt. Die Kohlendioxidpartikel werden dem Trägermedium anschließend unter Bildung der Suspension zugeführt und kühlen dieses ab. Durch Variation des Enddrucks der Entspannung kann bei diesem Gegenstand die Temperatur der entstehenden Kohlendioxidteilchen - und somit der Suspension - zwischen minus 56°C (bei Drücken knapp unter dem Tripelpunkt) und minus 79°C (bei Entspannung auf 1 bar Enddruck) eingestellt werden. Die Suspension wird anschließend durch einen Sublimator (Wärmetauscher) gepumpt, in dem die Kohlendioxidteilchen im Wärmetausch mit dem zu kühlenden Medium, beispielsweise einem Gasstrom, zumindest teilweise sublimieren. Der gekühlte Gasstrom kann anschließend beispielsweise zum Einfrieren und Aufbewahren von Nahrungsmitteln eingesetzt werden. Das verbleibende Gemisch, enthaltend Terpen, Kohlendioxiddampf und gegebenenfalls noch im Terpen verbliebene Kohlendioxidteilchen, wird separiert; das dabei abgetrennte gasförmige Kohlendioxid wird abgesaugt und kann anschließend in einem Kompressor verflüssigt und in einem erneuten Kühlzyklus eingesetzt werden.

[0003] Um die Homogenität der Suspension zu verbessern wird in der EP 0 948 727 B1 vorgeschlagen, die die Kohlendioxidpartikel enthaltende Transportflüssigkeit im Mischbehälter laufend umzuwälzen. Dies erfolgt gemäß der Lehre dieser Druckschrift dadurch, dass die im Mischbehälter erzeugte Suspension mittels einer Pumpe teilweise in die Flüssigphase des Mischbehälters zurückgeführt wird, sodass diese ständig in Bewegung gehalten wird. Als Transportflüssigkeit kommt bei diesem Gegenstand anstelle von Terpen Limonen zum Einsatz.

[0004] Nachteilig bei den zuvor beschriebenen Gegenständen ist jedoch die Gefahr, dass die Kohlendioxidpartikel in der Suspension koagulieren und dadurch Leitungen des Kühlsystems ganz oder teilweise blockieren können. Nach wie vor auftretende Inhomogenitäten der Suspension führen zudem zu unregelmäßigen Kühlleistungen und damit zu Schwierigkeiten bei der Regelung des Systems.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist daher, ein Kühlverfahren sowie eine Kühlvorrichtung zu schaffen, das bzw. die insbesondere für die Erzeugung von Temperaturen im Bereich zwischen -56°C und -79°C geeignet ist und bei dem bzw. der die Gefahr einer Störung aufgrund einer Koagulation fester Kohlendioxidteilchen minimiert ist.

[0006] Gelöst ist diese Aufgabe durch ein Verfahren zum Kühlen eines Mediums, bei dem ein flüssiges Trägermedium mit flüssigem Kohlendioxid unter einem Druck vermischt wird, bei dem das Gemisch im flüssigen Zustand vorliegt, anschließend das Gemisch aus Trägermedium und flüssigem Kohlendioxid unter Abkühlung auf einen Druck entspannt wird, bei dem zumindest ein Teil des Kohlendioxids verdampft, anschließend das entspannte Gemisch einem Separator zugeführt wird, in dem verdampftes Kohlendioxid vom Trägermedium separiert wird, das separierte Trägermedium erneut unter Druck gesetzt und im Kreislauf zur Vermischung mit flüssigem Kühlendioxid zurückgeführt wird, wobei das Gemisch nach der Entspannung und/oder das Trägermedium aus dem Separator einen Wärmetauscher durchläuft, in dem es mit einem zu kühlenden Medium in Wärmekontakt gebracht wird.

[0007] Im Unterschied zu den erwähnten Verfahren nach dem Stande der Technik erfolgt also erfindungsgemäß die Vermischung des Trägermediums mit dem Kohlendioxids bei einem Druck, bei dem das sich bildende Gemisch im flüssigen Zustand vorliegt. Die beiden Flüssigkeiten durchmischen sich innig. Erst anschließend wird das Gemisch entspannt, wobei ein Teil des Kohlendioxids in Gasform übergeht, während der verbleibende Teil des Kohlendioxids mit dem Trägermedium eine Suspension bilden bzw. ganz oder teilweise in Lösung gehen kann. Die sich bildende Suspension bzw. Lösung zeichnet sich durch eine hohe Homogenität aus, wodurch eine Gefahr von Transportstörungen aufgrund von Trockeneis - Koagulationen kaum noch besteht. Anders als beim Stand der Technik durchläuft das Trägermedium beim erfindungsgemäßen Verfahren also - ebenso wie das Kohlendioxid - zwei unterschiedliche Druckniveaus, wobei entscheidend ist, dass das Gemisch aus Trägermedium und Kohlendioxid bei und unmittelbar nach der Vermischung einen Druck aufweist, bei dem es als Gemisch von Flüssigkeiten und nicht beispielsweise als Suspension vorliegt. In der Regel dürfte dieser Druckwert einen Wert oberhalb des Tripelpunkts von Kohlendioxid (5,18 bar) aufweisen, er kann je nach Löslichkeit von Kohlendioxid und Trägermedium ineinander davon abweichen. Das auf diesem hohen Druck vorliegende Gemisch, und damit das darin enthaltene Trägermedium, wird auf einen Wert entspannt, der zwischen 0 und einem Wert liegt, bei dem ein Teil des im Gemisch vorliegenden Kohlendioxids verdampft. In dem Fall, dass keine oder nur eine vernachlässigbare Lösung des Kohlendioxids im Trägermedium erfolgt, liegt dieser niedrigere Druckwert maxi-

mal bei 5,18 bar. Aufgrund der Entspannung erfolgt eine starke Abkühlung, beispielsweise auf eine Temperatur von bis zu minus 79 °C bei Entspannung auf 1 bar, bei Entspannung auf einen tieferen Druckwert als 1 bar sogar noch darunter, bis beispielsweise minus 85 °C. Ab seiner Entspannung steht das Gemisch somit als Kälteträger für den Wärmetausch mit einem Medium oder mit mehreren Medien zur Verfügung, wobei der Wärmetausch jeweils stromab zum Ort der Entspannung und/oder stromab nach der Separation des gasförmigen Kohlendioxids stattfinden kann. Ebenso kann die Kälte des separierten gasförmigen Kohlendioxids zum Wärmetausch mit einem Medium genutzt werden. Der Wärmetausch kann indirekt oder direkt erfolgen, wobei im letzteren Falle darauf zu achten ist, dass sich das zu kühlende Medium nach der Durchmischung wieder vollständig vom Gemisch bzw. dem Kohlendioxid trennen lässt.

[0008] Vorzugsweise wird/werden der Mengenstrom des flüssigen Kohlendioxids und/oder der Mengenstrom des unter Druck gesetzten Trägermediums in Abhängigkeit von einer vorgegebenen oder gemessenen Kühlleistung oder der Temperatur eines zu kühlenden Mediums geregelt.

[0009] Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass das unter Druck gesetzte Trägermedium vor seiner Zuführung an das flüssige Kohlendioxid auf eine Temperatur oberhalb des Schmelzpunkts von Kohlendioxid beim jeweiligen Druck gebracht wird. Dadurch wird gewährleistet, dass das flüssige Kohlendioxid während seiner Vermischung mit dem flüssigen Trägermedium nicht ausfriert. Die Temperaturerhöhung des Trägermediums kann dabei beispielsweise durch eine entsprechend geregelte Heizeinrichtung erfolgen, und/oder das Trägermedium wird durch Wärmetausch mit einem zu kühlenden Medium auf die entsprechende Temperatur gebracht.

[0010] Eine abermals zweckmäßige Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass ein Trägermedium zum Einsatz kommt, in dem das Kohlendioxid zumindest teilweise lösbar ist. Durch die zumindest teilweise Lösung des Kohlendioxids im Trägermedium bzw. des Trägermediums im Kohlendioxid wird nicht nur die Fließfähigkeit der Suspension verbessert, sondern es werden die thermodynamischen Eigenschaften des Gemisches mitbestimmt, wodurch ein weiterer Freiheitsgrad für die Anpassung des erfindungsgemäßen Verfahrens an die jeweilige Kühlaufgabe gewonnen wird. Insbesondere können auf diese Weise durch die Wahl eines geeigneten, Kohlendioxid lösenden Trägermediums die Temperatur bei der Herstellung des Gemisches und die Temperatur nach seiner Entspannung beeinflusst werden.

[0011] Als ein besonders vorteilhaftes, preiswertes und umweltfreundliches Trägermedium kommt Ethanol zum Einsatz. Jedoch können im Rahmen der Erfindung grundsätzlich alle Trägermedien zum Einsatz kommen, die bei den genannten Temperatur- und Druckverhältnissen im flüssigen Zustand vorliegen, beispielsweise andere Alkohole oder Terpene.

[0012] Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass das separierte verdampfte Kohlendioxid druckverflüssigt und im Kreislauf zur Vermischung mit dem Trägermedium zurückgeführt wird. In diesem Fall wird also sowohl das Trägermedium als auch das Kohlendioxid im Kreislauf geführt, wodurch eine besonders effiziente Verfahrensführung ermöglicht wird.

[0013] Um die Effizienz des erfindungsgemäßen Verfahrens weiter zu erhöhen, sieht eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung vor, dass das im Separator abgetrennte gasförmige Kohlendioxid in einem Wärmetauscher ebenfalls zum Kühlen eines Mediums eingesetzt wird. Bei dem zu kühlenden Medium kann es sich um das gleiche Medium bzw. die gleichen Medien handeln, das bzw. die auch vom Trägermedium bzw. dem Gemisch gekühlt wird/werden, oder aber um ein anderes Medium. Der Kälteinhalt des gasförmigen Kohlendioxids kann insbesondere auch dazu eingesetzt werden, das zum Mischen mit dem Trägermedium bestimmte flüssige Kohlendioxid vorzukühlen.

[0014] Die Aufgabe der Erfindung wird auch mit einer Vorrichtung zum Kühlen eines Mediums gelöst, die folgende Merkmale aufweist:

- eine Mischeinrichtung, in die eine Zuleitung für flüssiges Kohlendioxid und eine Zuleitung für unter Druck stehendes flüssiges Trägermedium einmündet, und die in eine Ausleitung für ein Gemisch aus flüssigem Kohlendioxid und Trägermedium ausmündet,
- ein stromab zur Mischeinrichtung in der Ausleitung für das Gemisch angeordneten Entspannungsorgan zum Entspannen des Gemisches,
- ein Separator zum Abtrennen von bei der Entspannung verdampftem Kohlendioxid vom flüssigen Trägermedium, in den die Ausleitung für das Gemisch ausmündet und der eine Ausleitung für das flüssige Trägermedium und eine Ausleitung für verdampftes Kohlendioxid aufweist, wobei die Ausleitung für das flüssige Trägermedium mit einer Einrichtung zur Druckerhöhung ausgerüstet und mit der Zuleitung für das Trägermedium an die Mischeinrichtung strömungsverbunden ist,
- wenigstens ein mit einer Zuleitung und einer Ableitung für ein zu kühlendes Medium ausgerüsteter Wärmetauscher, der/die in der Ausleitung für das Gemisch, stromab zum Entspannungsorgan und/oder in der Ausleitung für das flüssige Trägermedium, stromab zum Separator angeordnet ist/sind.

[0015] Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung erfolgt somit an einer druckfesten Mischeinrichtung, beispielsweise einem Druckbehälter oder einer druckfesten Armatur, in der im Wesentlichen der Druck der Zuleitungen aufrecht erhalten wird, ein Zusammenführen von flüssigem Kohlendioxid und Trägermedium bei einem Druck, bei dem das sich bildende Gemisch als reines Flüssiggemisch vorliegt. Bei der Zusammenführung an der

Mischeinrichtung bzw. in einer gegebenenfalls sich an die Mischeinrichtung anschließenden Mischstrecke erfolgt/erfolgen eine innige Durchmischung beider Flüssigkeiten. Bei Wahl eines geeigneten Trägermediums kann auch eine teilweise oder vollständige Lösung des Kohlendioxids im Trägermedium erfolgen. Durch die Entspannung des Gemisches bzw. der Lösung am Entspannungsorgan kühlt sich das Trägermedium ab und steht sodann als Wärmetauschermedium zum Kühlen eines anderen Mediums zur Verfügung. Hierzu kann das Entspannungsorgan auch unmittelbar an oder in einem Wärmetauscher angeordnet sein, der der Kühlung eines Mediums dient; das Entspannungsorgan kann auch unmittelbar an der Ausmündung der Ausleitung für das Gemisch in den Separator angeordnet sein. Im Separator trennt sich das bei der Entspannung entstandene gasförmige Kohlendioxid zumindest weitgehend vom Trägermedium und wird über die Ausleitung für das gasförmige Kohlendioxid abgezogen, während sich das Trägermedium in einem unteren Bereich des Separators ansammelt. Der Separator fungiert auf diese Weise zugleich als Vorratsbehälter für das Trägermedium, das von dort abgezogen und nach Druckerhöhung erneut dem flüssigen Kohlendioxid zur Vermischung mit diesem zugeführt wird.

[0016] Bevorzugt sind in der Ausleitung für das verdampfte Kohlendioxid ein Kompressor sowie ein Kühler vorgesehen, um das Kohlendioxid zu verflüssigen. Die Ausleitung für das gasförmige Kohlendioxid ist dabei zudem mit der in die Mischeinrichtung einmündenden Zuleitung für flüssiges Kohlendioxid strömungsverbunden. Dadurch besteht die Möglichkeit, das Kohlendioxid ganz oder teilweise im Kreislauf zu führen. Kompressor und Kühler können dabei in einer gemeinsamen Anordnung vorgesehen sein oder als voneinander separate Einrichtungen vorliegen. Die zur erneuten Verflüssigung des Kohlendioxids erforderliche Kühlung kann auch zumindest teilweise dadurch vollzogen werden, dass das dem Separator entnommene Kohlendioxidgas zur Vorkühlung des der Mischeinrichtung zuzuführenden Kohlendioxids eingesetzt wird und sich dabei abkühlt.

[0017] Vorteilhafterweise befindet sich in der Ausleitung für das verdampfte Kohlendioxid ein Wärmetauscher, mittels dessen ein Medium gekühlt werden kann. Auf diese Weise wird auch die im gasförmigen Kohlendioxid enthaltene Kälteleistung noch nutzbringend verwertet.

[0018] Eine abermals vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zeichnet sich durch eine Regeleinrichtung aus, die den Mengenstrom des flüssigen Kohlendioxids und/oder den Mengenstrom des flüssigen Trägermediums in Abhängigkeit von der Kühlleistung des Wärmetauschers und/oder der Temperatur eines zu kühlenden Mediums regelt.

[0019] Eine bevorzugte Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht in der Kühlung eines oder mehrerer Medien im Temperaturbereich zwischen minus 56°C und minus 85°C, wobei der Temperaturbereich zwischen minus 79°C und minus 85°C und darunter insbesondere durch Entspannung des Gemisches auf einen Druckwert von unter 1 bar erzielt werden kann.

[0020] Anhand der Zeichnung sollen nachfolgend ein Ausführungsbeispiele der Erfindung näher erläutert werden. In schematischer Ansicht zeigen:

Fig. 1: Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Kühlen eines Mediums in einer ersten Ausführungsform und

Fig. 2: Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Kühlen eines Mediums in einer zweiten Ausführungsform.

[0021] Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung 1 zum Kühlen eines Mediums mit Hilfe eines Gemisches aus Kohlendioxid und einem Trägermedium. Beim Trägermedium handelt es sich um eine Substanz, die im gesamtem Temperatur- und Druckbereich, in dem der im Folgenden beschriebene Kühlprozess stattfindet, im flüssigen Zustand vorliegt, also beispielsweise im Temperaturbereich zwischen minus 56°C und minus 79°C und bei Drücken zwischen 1 bar und einem Druck oberhalb des Tripelpunktdrucks von Kohlendioxid (5,18 bar), z. B. 20 bar. Beispielsweise handelt es sich bei dem Trägermedium um Ethanol. Die Vorrichtung 1 umfasst eine Mischeinrichtung 2, etwa eine Mischdüse, an der flüssiges Kohlendioxid, das über eine Kohlendioxidleitung 3 herangeführt wird, mit dem Trägermedium, das unter Druck über eine Zuleitung 4 herangeführt wird, vermischt wird. Die Mischeinrichtung 2 mündet in eine Ausleitung 6 ein, in der nach einer Mischstrecke 7 ein Entspannungsventil 8 angeordnet ist. Stromab zum Entspannungsventil 8 durchläuft die Ausleitung 6 einen Wärmetauscher 9, in dem das in der Ausleitung 6 geführte Gemisch in indirekten Wärmetausch mit einem zu kühlenden Medium tritt, das in einem flüssigen oder gasförmigen Mediumsstrom (durch Pfeile angedeutet) herangeführt wird. Die Ausleitung 6 mündet in einen Separator 10 ein. Beim Separator 10 handelt es sich im Wesentlichen um ein mit thermisch isolierten Wänden ausgerüstetes Gefäß, in dessen -geodätisch gesehen- unterem Abschnitt eine überwiegend aus Trägermedium bestehende Flüssigphase 12 und in dessen oberen Bereich eine überwiegend aus gasförmigem Kohlendioxid bestehende Gasphase 11 vorliegt. Die Flüssigphase 12 ist mit einer Ausleitung 14 strömungsverbunden, in der eine Einrichtung 15 zur Druckerhöhung angeordnet ist, die im Ausführungsbeispiel mit einem Motor 16 angetrieben wird. Stromab zur Einrichtung 15 durchläuft die Ausleitung 14 einen zweiten Wärmetauscher 17, in dem das durch die Ausleitung 14 geführte Trägermedium im hier gezeigten Ausführungsbeispiel mit dem gleichen Medium in Wärmetausch gebracht wird, wie das durch die Ausleitung 6 geführte Gemisch im Wärmetauscher 9. Die Ausleitung 14 mündet schließlich in die Zuleitung 4 bzw. geht in diese über. In der Zeichnung nicht gezeigt, jedoch

gleichwohl vorhanden, ist eine beispielsweise in den Separator 10 einmündende Füllleitung, über die Trägermedium aus dem Kreislauf abgelassen oder diesem zugeführt werden kann. Der Separator 10 weist des Weiteren eine Gasableitung 19 auf, die mit der Gasphase im Separator 10 strömungsverbunden ist. Die Gasableitung 19 durchläuft einen Wärmetauscher 20, in dem das durch die Gasableitung geführte gasförmige Kohlendioxid in indirekten Wärmetausch mit dem durch die Kohlendioxidleitung 3 herangeführten Kohlendioxid tritt.

[0022] Im Einsatz der Vorrichtung 1 wird in der Mischeinrichtung 2 ein Gemisch aus flüssigem Kohlendioxid und Trägermedium erzeugt, das sich in der darauffolgenden Mischstrecke 7 als ein Gemisch von Flüssigkeiten innig durchmischt. Je nach Wahl des Trägermediums kann es dabei gegebenenfalls auch zu einer teilweisen oder vollständigen Lösung des Kohlendioxids im Trägermedium - bzw. des Trägermediums im Kohlendioxid- kommen. Das Gemisch weist in der Mischstrecke 7 beispielsweise einen Druck von 10 bis 20 bar und eine Temperatur von minus 56°C auf. An der Entspannungsdüse 8 wird das Gemisch unter starker Abkühlung entspannt und dem Wärmetauscher 9 zugeführt, wobei das Kohlendioxid teilweise in Gasform übergeht. Im Wärmetauscher 9 erfolgt ein Wärmetausch mit dem zu kühlenden Medium, wobei dem durch die Ausleitung 6 geführten, entspannten Gemisch Wärme zugeführt wird. Das Gemisch gelangt anschließend in den Separator 10, in dem eine Separation in gasförmiges Kohlendioxid und Trägermedium erfolgt, wobei im Trägermedium gegebenenfalls noch Kohlendioxid gelöst sein oder als Suspension vorliegen kann. Im Separator 10 weist das Trägermedium eine Temperatur von beispielsweise minus 78°C und einen Druck von beispielsweise 1 bar auf. Das Trägermedium wird anschließend mittels der Einrichtung 15 auf den Ausgangsdruck, also den Druck des Trägermediums an der Mischeinrichtung 2 (beispielsweise 10 bis 20 bar) gebracht und zur Mischeinrichtung 2 zurückgeführt. Dabei durchläuft das Trägermedium vor Erreichen der Mischeinrichtung 2 den Wärmetauscher 17, in dem es durch Wärmetausch mit dem zu kühlenden Medium erwärmt und bevorzugt auf eine Temperatur gebracht wird, die oberhalb der Erstarrungstemperatur von flüssigem Kohlendioxid bei dem bei der Vermischung beider Flüssigkeiten an der Mischeinrichtung herrschenden Druck liegt. Gemäß der Erfindung wird das Trägermedium also im Kreislauf geführt, wobei es nacheinander zwei Druckstufen durchläuft. Aufgrund der an der Mischeinrichtung 2 bzw. in der Mischstrecke 7 erfolgenden Durchmischung von Trägermedium und Kohlendioxid als zwei in flüssiger Form vorliegende Substanzen bei einem Druck bevorzugt oberhalb des Tripelpunkts von Kohlendioxid erfolgt eine besonders innige Durchmischung, wodurch eine sich bei der Entspannung bildende Suspension eine sehr hohe Homogenität aufweist. Die Gefahr einer Verstopfung der Leitungen durch koagulierende Trockeneisteilchen ist daher gering.

[0023] Das im Separator 10 vom Trägermedium abgetrennte gasförmige Kohlendoxid liegt in der Gasphase 11 bei der gleichen Temperatur und dem gleichen Druck vor wie das Trägermedium in der Flüssigphase 12 (beispielsweise minus 78°C und 1 bar). Das gasförmige Kohlendioxid wird über die Gasableitung 19 abgeführt und beispielsweise einer anderweitigen Verwertung zugeführt oder in die Atmosphäre abgegeben. Die Kälte des gasförmigen Kohlendioxids wird im Wärmetauscher 20 dazu genutzt, das flüssige Kohlendioxid in der Kohlendioxidleitung 3 vorzukühlen, kann jedoch - hier nicht gezeigt - alternativ oder zusätzlich dazu genutzt werden, ein anderes Medium zu kühlen.

[0024] Zur Kontrolle der Kühlleistung in den Wärmetauschern 9, 17 und/oder der Temperatur, auf die das Medium gekühlt wird, dient im Ausführungsbeispiel nach Fig 1 eine Regulierung des Trägermediumsstroms. Dabei wird die Temperatur des Gemisches stromab zum Wärmetauscher 9 von einem Sensor 21 gemessen und als Stellgröße für die Regelung der Leistung des Motors 16 eingesetzt. Bei gleichem Mengenstrom des zugeführten flüssigen Kohlendioxids wird auf diese Weise die Kühlleistung über den Mengenstrom des Trägermediums reguliert.

[0025] Die in Fig. 2 gezeigte Vorrichtung 1' unterscheidet sich von der Vorrichtung 1 aus Fig. 1 lediglich durch die Art der Regelung, weshalb im Übrigen gleiche oder gleich wirkende Bestandteile in beiden Vorrichtungen mit dem gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet sind. Im Unterscheid zur Ausführungsform nach Fig. 1 erfolgt bei dieser Variante die Regulierung der Kühlleistung der Wärmetauscher 9, 17 über eine Variation des Mengenstroms des zugeführten flüssigen Kohlendioxids. Die Leistung des Motors 16 und damit der Mengenstrom des Trägermediums bleibt während einer Betriebsphase der Vorrichtung 1' konstant. Der Sensor 21 ist mit einem Mengenregelventil 22 in der Kohlendioxidleitung 3 wirkverbunden, das in Abhängigkeit von den am Sensor 21 gemessenen Werten den Mengenstrom des zugeführten Kohlendioxids reguliert, wobei freilich darauf zu achten ist, dass am Mengenregelventil 22 keine derart starke Druckabsenkung stattfindet, dass bereits unmittelbar hinter dem Mengenregelventil 22 in der Zuleitung 3 Trockeneispartikel gebildet werden.

[0026] In einer hier nicht gezeigten Variante einer erfindungsgemäßen Vorrichtung ist die Gasableitung 19 über einen Kompressor und gegebenenfalls einer Kühleinrichtung mit der Kohlendioxidzuleitung 3 strömungsverbunden und ermöglicht so eine Kreislaufführung des Kohlendioxids. Im Rahmen der Erfindung ist auch vorstellbar, auf einen der Wärmetauscher 9, 17 zu verzichten und die Kühlung des Mediums nur über den jeweils verbleibenden Wärmetauscher erfolgen zu lassen. Wird dabei auf den Wärmetauscher 9 verzichtet, kann die Entspannungsdüse 8 auch unmittelbar an der Einmündung der Ausleitung 6 in den Separator angeordnet sein. Im Rahmen der Erfindung ist es möglich, die beiden Wärmetauscher 9, 17 in einem gemeinsamen Gehäuse oder in unterschiedlichen Gehäusen unterzubringen. Ebenso

können die Wärmetauscher 9, 17 zur Kühlung unterschiedlicher Medien eingesetzt werden. Weiterhin ist es möglich, den Druck im Separator 10 und in der Ausleitung 6, stromab zum Entspannungsventil 8, auf Werte unterhalb von 1 bar abzusenken, indem beispielsweise in der Gasableitung 19 eine entsprechende - hier gleichfalls nicht gezeigte - Einrichtung zur Druckabsenkung angeordnet wird. In diesem Falle können, abhängig vom Druck auf den entspannt wird, auch Temperaturen von unter minus 79°C erreicht werden.

[0027] Die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich insbesondere für Kühlaufgaben im Temperaturbereich zwischen minus 56°C und minus 79°C und darunter, insbesondere für Anwendungen im Bereich der Lebensmittelverarbeitenden Industrie, Pharmazie oder der chemischen Industrie; die Erfindung ist freilich hierauf nicht beschränkt.

Bezugszeichenliste

[0028]

1,1'	Vorrichtung
2	Mischeinrichtung
3	Kohlendioxidleitung
4	Zuleitung (für Trägermedium)
5	-
6	Ausleitung
7	Mischstrecke
8	Entspannungsventil
9	Wärmetauscher
10	Separator
11	Gasphase
12	Flüssigphase
13	-
14	Ausleitung
15	Einrichtung zur Druckerhöhung
16	Motor
17	Wärmetauscher
18	-
19	Gasableitung
20	Wärmetauscher
21	Sensor
22	Mengenregelventil

Patentansprüche

1. Verfahren zum Kühlen eines Mediums, bei dem ein flüssiges Trägermedium mit flüssigem Kohlendioxid unter einem Druck, bei dem das Gemisch im flüssigen Zustand vorliegt, vermischt wird, anschließend das Gemisch aus Trägermedium und flüssigem Kohlendioxid unter Abkühlung auf einen Druck entspannt wird, bei dem zumindest ein Teil des Kohlendioxids verdampft, anschließend das entspannte Gemisch einem Separator (10) zugeführt wird, in dem verdampftes Kohlendioxid vom Trägermedium separiert wird, das separierte Trägermedium erneut unter Druck gesetzt und im Kreislauf zur Vermischung mit flüssigem Kühlendioxid zurückgeführt wird, wobei das Gemisch nach der Entspannung und/oder das Trägermedium aus dem Separator (10) einen Wärmetauscher (9, 17) durchläuft, in dem es mit einem zu kühlenden Medium in Wärmekontakt gebracht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Mengenstrom des flüssigen Kohlendioxids und/oder der Mengenstrom des unter Druck gesetzten Trägermediums in Abhängigkeit von einer vorgegebenen oder gemessenen Kühlleistung geregelt wird/werden.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das unter Druck gesetzte Trägermedium vor seiner Zuführung an das flüssige Kohlendioxid auf eine Temperatur oberhalb des Schmelzpunkts von Kohlendioxid beim jeweiligen Druck gebracht wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Trägermedium zum Einsatz kommt, in dem das Kohlendioxid zumindest teilweise lösbar ist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Trägermedium Ethanol zum Einsatz kommt.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das separierte verdampfte Kohlendioxid druckverflüssigt und im Kreislauf zur Vermischung mit dem Trägermedium zurückgeführt wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das separierte verdampfte Kohlendioxid in einem Wärmetauscher (20) zur Kühlung eines Mediums eingesetzt wird.

8. Vorrichtung zum Kühlen eines Mediums,

   - mit einer Mischeinrichtung (2), in die eine Zuleitung (3) für flüssiges Kohlendioxid und eine Zuleitung (4) für unter Druck stehendes flüssiges Trägermedium einmündet und die in eine Ausleitung (6) für ein Gemisch aus flüssigem Kohlendioxid und Trägermedium ausmündet,
   - mit einem stromab zur Mischeinrichtung (2) in der Ausleitung (6) für das Gemisch angeordneten Entspannungsorgan (8) zum Entspannen des Gemisches,
   - mit einem Separator (10) zum Abtrennen von bei der Entspannung verdampftem Kohlendi-

oxid vom flüssigen Trägermedium, in den die Ausleitung (6) für das Gemisch ausmündet und der mit einer Ausleitung (14) für das flüssige Trägermedium und mit einer Ausleitung (19) für verdampftes Kohlendioxid ausgerüstet ist, wobei die Ausleitung (14) für das flüssige Trägermedium mit einer eine Einrichtung (15) zur Druckerhöhung ausgerüstet und mit der Zuleitung (4) für das Trägermedium an die Mischeinrichtung (2) strömungsverbunden ist,

- mit wenigstens einem mit einer Zuleitung und einer Ableitung für ein zu kühlendes Medium ausgerüsteten Wärmetauscher (9, 17), der/die in der Ausleitung (6) für das Gemisch, stromab zum Entspannungsorgan (8) und/oder in der Ausleitung (14) für das flüssige Trägermedium, stromab zum Separator (10) angeordnet ist/sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Ausleitung (19) für das verdampfte Kohlendioxid ein Kompressor sowie ein Kühler vorgesehen und die Ausleitung (19) mit der in die Mischeinrichtung einmündenden Zuleitung (3) für flüssiges Kohlendioxid strömungsverbunden ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Ausleitung (19) für das verdampfte Kohlendioxid ein Wärmetauscher (20) zwecks Kühlung eines Mediums vorgesehen ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **gekennzeichnet durch** eine Regeleinrichtung (21, 22) zum Regeln des Mengenstroms des flüssigen Kohlendioxids und/oder des Mengenstroms des flüssigen Trägermediums in Abhängigkeit von der Kühlleistung des/der Wärmetauscher/s (9, 17) und/oder der Temperatur eines zu kühlenden Mediums.

12. Verwendung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 und einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11 zur Kühlung eines oder mehrere Medien im Temperaturbereich zwischen minus 85°C und minus 56 °C.

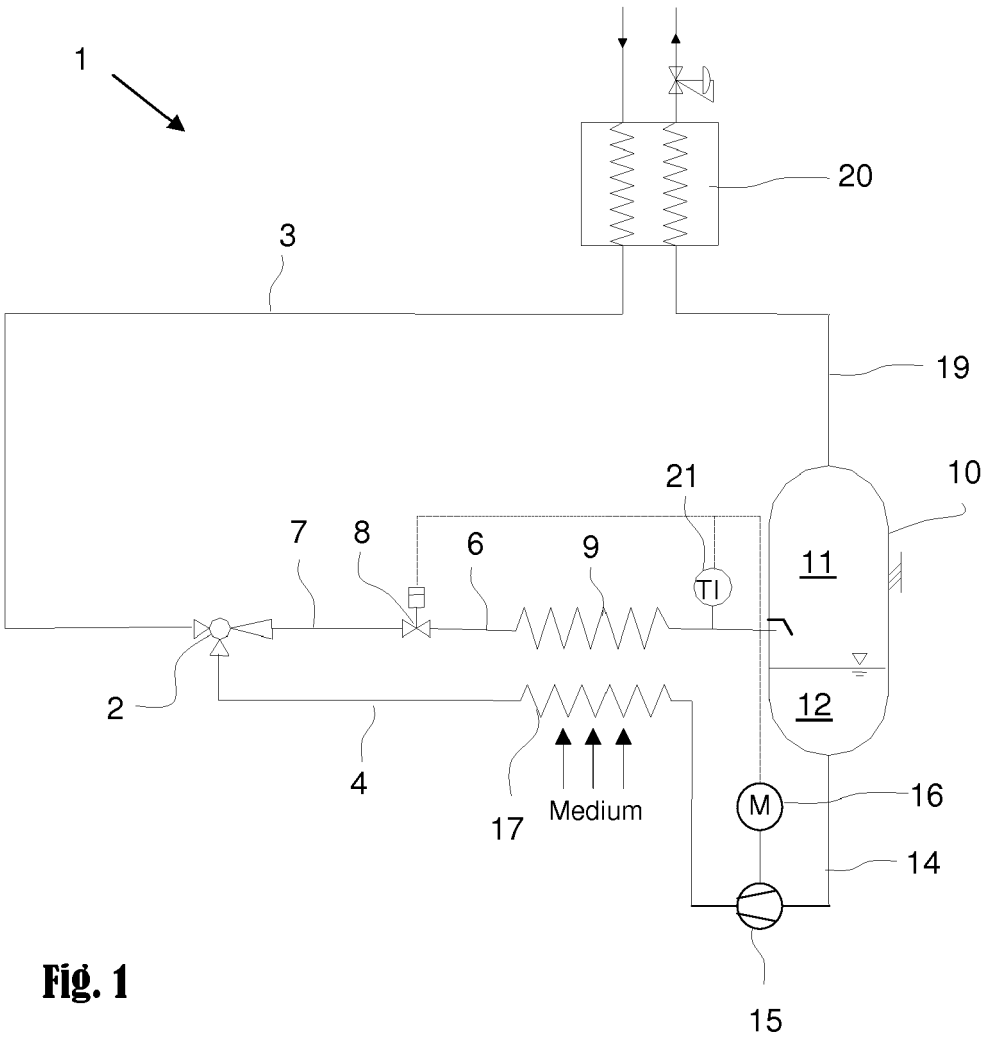


Fig. 1

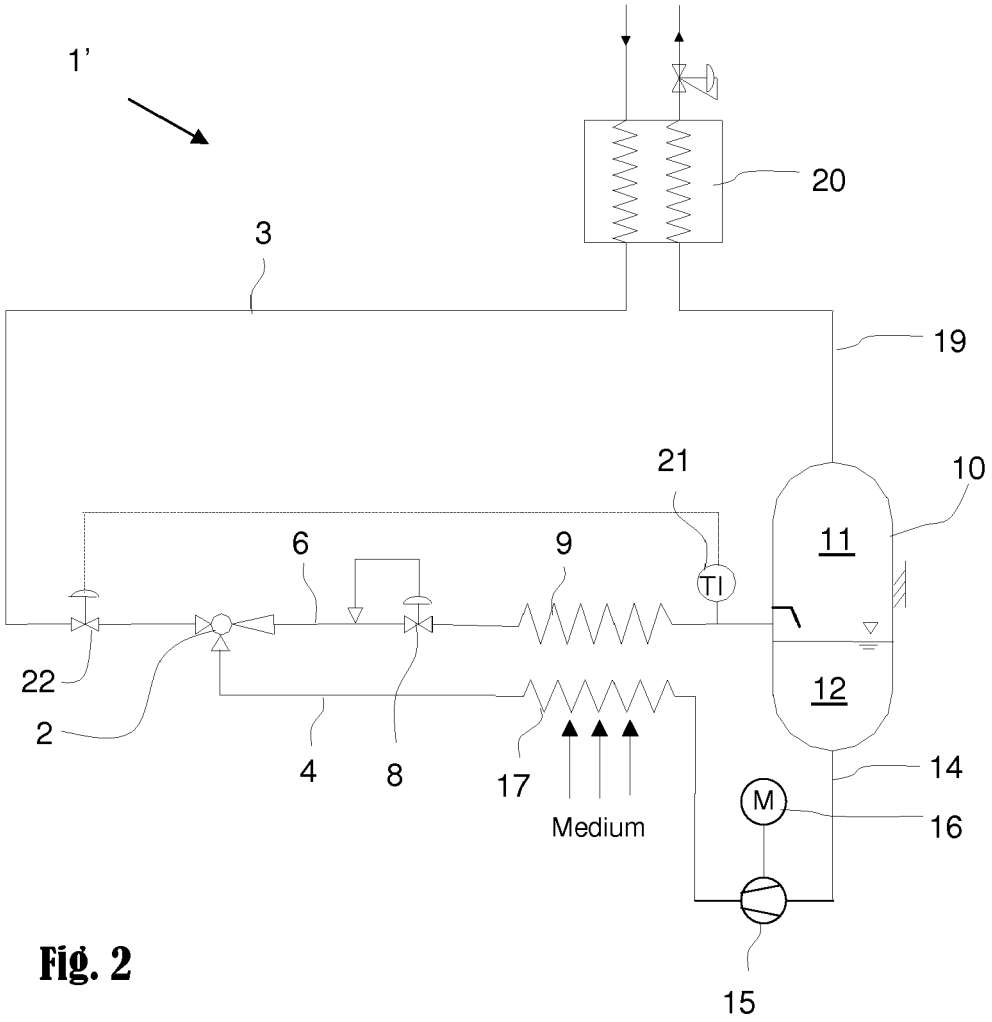


Fig. 2

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 12 16 8675

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X Y	JP 2004 170007 A (HACHIYO ENGNEERING KK) 17. Juni 2004 (2004-06-17) * Absätze [0008] - [0016]; Abbildung 1 *	1,4-6,8, 9,12 2,7,10, 11	INV. F25B9/00
Y,D	EP 0 948 727 A1 (FRIGOSCANDIA EQUIPMENT AB [SE]) 13. Oktober 1999 (1999-10-13) * Absätze [0016] - [0031]; Abbildung 1 *	2,7,10, 11	
A	JP 2003 014333 A (UNIV NIHON) 15. Januar 2003 (2003-01-15) * Absätze [0018] - [0020]; Abbildung 1 *	1,4,8	

RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)

F25B

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag	14. November 2012	Kolev, Ivelin

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 12 16 8675

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

14-11-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2004170007 A	17-06-2004	JP 4130121 B2	06-08-2008
		JP 2004170007 A	17-06-2004
EP 0948727 A1	13-10-1999	AU 723840 B2	07-09-2000
		AU 5076198 A	10-06-1998
		CA 2271934 A1	28-05-1998
		CN 1238036 A	08-12-1999
		DE 69728790 D1	27-05-2004
		DE 69728790 T2	07-10-2004
		EP 0948727 A1	13-10-1999
		JP 2001504933 A	10-04-2001
		US 5715702 A	10-02-1998
		WO 9822764 A1	28-05-1998
JP 2003014333 A	15-01-2003	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 3004114 A1 **[0002]**
- EP 0948727 B1 **[0003]**