

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 574 678 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **93106689.8**

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>: **F28D 15/02**

(22) Anmeldetag: **24.04.93**

(30) Priorität: **17.06.92 DE 4219781**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**22.12.93 Patentblatt 93/51**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**BE DE FR GB IT NL**

(71) Anmelder: **ERNO Raumfahrttechnik  
Gesellschaft mit beschränkter Haftung  
Hünefeldstrasse 1-5  
D-28199 Bremen(DE)**

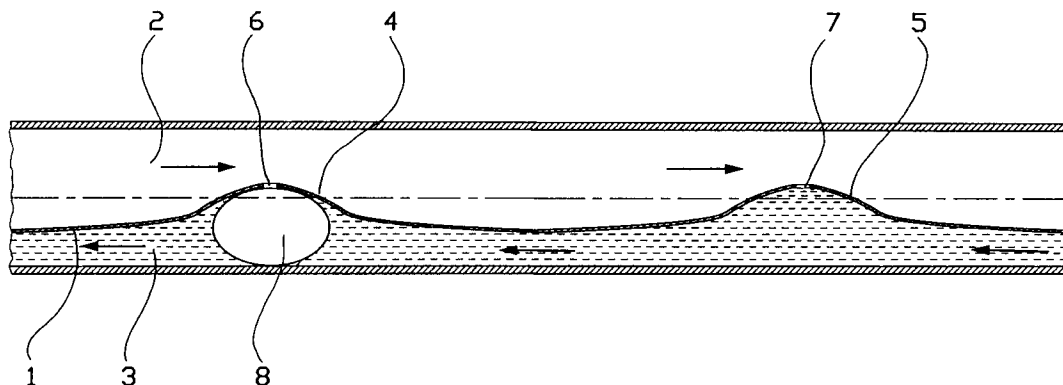
(72) Erfinder: **Leidinger, Bernhard, Prof.  
An der Weide 11a  
W-2803 Weyhe-Leeste(DE)  
Erfinder: Meyer, Rüdiger  
Waterloostrasse 28  
W-2800 Bremen 1(DE)  
Erfinder: Nickel, Klaus Peter  
Flemmingstrasse 10  
W-2800 Bremen 3(DE)**

(74) Vertreter: **Schramm, Ewald Werner Josef  
c/o Deutsche Aerospace Airbus GmbH,  
Patentabteilung GZ13BRE,  
Postfach 10 78 45  
W-2800 Bremen 1 (DE)**

(54) **Wärmerohr.**

(57) Bei einem Wärmerohr mit wenigstens je einem Strömungskanal für das flüssige und für das in den dampfförmigen Aggregatzustand überführte Wärmeträgermedium weist die Trennwand (1) zwischen dem Dampfkanal und dem Flüssigkeitskanal in regelmäßigen Abständen Aufwölbungen (4,5) auf, die als

düsenförmige Querschnittsverengungen in den Dampfkanal ragen und die jeweils an ihrer Spitze mit einer Durchgangsbohrung (6,7) versehen sind. Der Querschnitt des Flüssigkeitskanals erweitert sich jeweils zu den Aufwölbungen hin.



EP 0 574 678 A1

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Übertragung von Wärme, bestehend aus einem mit einem Wärmeträgermedium gefüllten Wärmerohr, in dem wenigstens je ein Strömungskanal für das flüssige und für das in den dampfförmigen Aggregatzustand überführte Wärmeträgermedium vorgesehen sind und bei dem im Strömungskanal für den Dampf wenigstens eine über Ansaugöffnung mit dem Flüssigkeitskanal verbundene düsenförmige Querschnittsverengung angeordnet ist.

Wärmerohre oder "heat pipes" für den Transport von Wärme sind insbesondere aus dem Bereich der Raumfahrttechnik bereits bekannt. Bei diesen wird auf der Wärmeabgebenden Seite eine Flüssigkeit, in der Regel Ammoniak, verdampft und der Dampf wird zur wärmeabgebenden Seite geleitet. Dort kondensiert der Dampf, wobei die in ihm gespeicherte latente Wärme an die Umgebung abgeführt wird, und das entstehende Kondensat fließt wieder zur wärmeaufnehmenden Seite, dem Verdampferende, zurück. Die dabei auftretende Dampfströmung ist eine übliche Druckströmung, während die Flüssigkeitsströmung eine Kapillarströmung ist. Unterschiedliche Krümmungsradien der Grenzfläche zwischen der Flüssigkeit und dem Dampf im Verdampferende einerseits und im Kondensatorende andererseits und die dadurch hervorgerufenen Kapillarkräfte bewirken eine Druckdifferenz in Richtung Verdampferende, die die Strömung antreibt. Die sich einstellende Strömungsgeschwindigkeit ergibt sich aus dem Gleichgewicht zwischen dem Druckverlust aufgrund von Reibungskräften und der wirksamen Druckdifferenz der Kapillarkräfte.

Moderne Hochleistungswärmerohre sind in der Lage, auch bei vergleichsweise geringen Temperaturdifferenzen Wärmemengen in der Größenordnung von etwa 1 kW über Entfernungen zwischen einem und etwa 20 Metern zu transportieren.

Diese im Vergleich zu konventionellen Wärmerohren höhere Leistung der Hochleistungswärmerohre wird dadurch erzielt, daß für den Transport der Flüssigkeit Kanäle unterschiedlicher Abmessungen verwendet werden: Während im Verdampfungsbereich eine Vielzahl sehr kleiner Kanäle mit Kapillargeometrien verwendet wird, um große treibende Kapillarkräfte zu erzielen, erfolgt die Strömungsführung im Kondensatorbereich sowie in der Transportzone über nur wenige Strömungskanäle, gegebenenfalls einem einzigen Kanal mit relativ großem Durchmesser, der auch als Arterie bezeichnet wird. Auf diese Weise wird der reibungsbedingte Druckverlust minimiert und es ergibt sich bei gleichen Kapillarkräften ein wesentliche größerer Fluidmassenstrom und als dessen Folge ein ebenfalls wesentlich höherer Wärmestrom.

Ein wesentliches Problem beim Betrieb derartiger Hochleistungswärmerohre liegt darin, daß ihre

Funktion erheblich beeinträchtigt bzw. ganz unterbrochen werden kann, wenn sich Blasen aus dem Dampf des Wärmeträgerfluids oder aus gasförmigen, nicht kondensierbaren Fremdstoffen in der Arterie befinden. Diese können sich entweder bereits bei der Inbetriebnahme des Wärmerohres zufällig dort befunden haben, sie können aber auch durch eine betriebsbedingte Überlastung des Wärmerohres, beispielsweise eine Überhitzung am Verdampferende bei kurzzeitiger Austrocknung der Verdampfungszone, entstanden sein. Die Blasen können den Transport des Wärmeträgerfluids zur wärmeaufnehmenden Zone unterbrechen, so daß diese weiter austrocknet und das Wärmerohr in seiner Funktion blockiert wird.

In der Literaturstelle Heat Pipe Design Handbook, Volume 1, B & K Engineering Inc., Towson, Maryland 21204, USA, Seiten 149 und 152, sind zwei Wärmerohre beschrieben, bei denen Maßnahmen zur Entfernung von Blasen und damit zur Vermeidung von Blockaden durch Glasblasen vorgesehen sind. Diese Maßnahmen bestehen in einem Fall aus einer Anordnung mit Entlüftungsbohrungen in der Wand zwischen der Arterie und dem Dampfkanal, im anderen Fall aus einer Ventildüse, die im Transportbereich für den Dampf angeordnet ist und die zugleich als Strahlpumpe über ein Ansaugrohr in der Arterie vorhandene Gasblasen absaugt.

Nachteilig bei einer Anordnung von Entlüftungsöffnungen in der Arterienwand ist der Umstand, daß während des Betriebes des Wärmerohres der Druck im Dampfkanal wesentlich höher als in der Arterie ist, so daß zur Überführung von Gasblasen aus der Arterie in den Dampfkanal eine Betriebsunterbrechung erforderlich ist. Da dann aber die Entlüftungsbohrungen von Flüssigkeitsbrücken blockiert sind, die zunächst verdampfen müssen bevor die Gasblasen hindurchtreten können, erfordern diese Betriebspausen einen vergleichsweise langen Zeitraum, bevor das Wärmerohr wieder einsatzbereit ist.

Die Anordnung einer Venturidüse im Dampfkanal hat andererseits den folgenden Nachteil: Befindet sich keine Gasblase im Ansaugbereich der Düse, so sammelt sich ständig eine, wenn auch geringe, Menge an Wärmeträgerfluid aus der Arterie im Ansaugrohr. Wenn nun eine Gasblase vor die Ansaugöffnung gelangt, so muß, damit diese aus der Arterie abgesaugt werden kann, zunächst die Flüssigkeitsmenge aus dem Ansaugrohr entfernt werden. Wegen des damit verbundenen großen Druckverlustes der Strömung im Ansaugrohr muß die in der Venturidüse hervorgerufene Druckminderung beträchtlich sein, d.h., die Düse muß eine vergleichsweise starke Querschnittsverengung aufweisen. Dies aber führt auf der anderen Seite zu einer erheblichen Beeinträchtigung der Dampfströmung.

mung infolge des Druckverlustes und damit zu einer stark herabgesetzten Leistungsfähigkeit des Wärmerohres.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Wärmerohr der eingangs genannten Art so auszubilden, daß Dampfblasen des Wärmeträgerfluids sowie Blasen aus nicht kondensierbarem Gas während des Betriebes des Wärmerohres zuverlässig aus dem Strömungskanal für das Fluid entfernt werden, ohne daß hierzu eine Betriebsunterbrechung erforderlich ist und ohne daß die Leistungsfähigkeit des Wärmerohres wesentlich beeinträchtigt wird.

Die Erfindung löst diese Aufgabe durch ein Wärmerohr mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1.

Vorteilhafte Weiterbildungen, die eine optimale Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Wärmerohres im Hinblick auf eine möglichst geringere Beeinträchtigung der maximal erzielbaren Wärmetransportleistung bei gleichzeitig hoher Ausfallsicherheit und Fehlertoleranz zum Ziel haben, sind in den weiteren Ansprüche angegeben.

Das Wärmerohr nach der Erfindung vereinigt dabei die aus der genannten Literaturstelle bekannten Lösungsansätze für die Beseitigung von Blockaden durch Gas- bzw. Dampfblasen, nämlich die Anordnung von Entlüftungslöchern einerseits und den Einsatz von Venturidüsen andererseits, ohne jedoch mit deren Nachteilen behaftet zu sein.

Sie bewirkt dabei eine völlig selbsttätige Absaugung vorhandener Gas- oder Dampfblasen. Dadurch, daß erfindungsgemäß die Druckabsenkung durch die Venturidüse unmittelbar oberhalb der Absaugbohrung für die Gas- bzw. Dampfblasen angeordnet ist, ist ein Entgasen des Wärmerohres auch während des Betriebes möglich. Andererseits verringern sich durch den Fortfall eines Ansaugrohres die Anforderungen hinsichtlich der für die Absaugung notwendigen Druckabsenkung im Bereich der Venturidüse ganz erheblich, so daß die Leistungseinbuße wesentlich geringer als bei den bekannten Anordnungen ist.

Im folgenden soll die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert werden.

Die Figur zeigt einen Längsschnitt durch ein Wärmerohr, und zwar einen Teil der Transportzone zwischen dem Verdampfer- und dem Kondensatorbereich.

Das Wärmerohr ist in seiner Längsrichtung durch ein Profilblech 1 in zwei Kanäle 2 und 3 unterteilt, von denen der in der Zeichnung obere Kanal 2, der Dampfkanal, den größeren Querschnitt aufweist. Der untere Kanal 3 bildet den Flüssigkeitskanal für das vom Kondensatorbereich zum Verdampferbereich zurückströmende Wärmeträgerfluid.

Wie aus der Zeichnung ersichtlich ist, ist das Profilblech 1 in regelmäßigen Abständen, die bei dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiel jeweils etwa einen Meter betragen können, mit Aufwölbungen 4, 5 versehen, die sich in den Dampfkanal 2 erstrecken und die in diesem jeweils eine Querschnittsverringering bewirken. An den Spitzen der Aufwölbungen 4, 5 sind Durchgangsbohrungen 6, 7 in das Profilblech 1 eingebracht, die den Flüssigkeitskanal 3 mit dem Dampfkanal 2 verbinden und die im Fall des hier beschriebenen Ausführungsbeispiels einen Durchmesser von etwa 0,2 mm aufweisen. In der Figur ist ferner angedeutet, daß das Profilblech 1 zwischen je zwei Aufwölbungen 4, 5 nicht parallel zur Längsachse des Rohres verläuft, sondern von der Mitte zwischen den beiden Aufwölbungen 4, 5 zu diesen hin jeweils leicht ansteigend, so daß der Strömungsquerschnitt des Flüssigkeitskanals 3 jeweils in Richtung auf beide Aufwölbungen 4, 5 hin kontinuierlich zunimmt.

Befindet sich nun, wie in der Figur dargestellt, eine Gas- oder Dampfblase 8 im Flüssigkeitskanal 3, so wird diese, sofern sich das Wärmerohr im Betrieb befindet, mit dem Flüssigkeitsstrom in Richtung auf die nächstfolgende Aufwölbung, im hier dargestellten Fall die Aufwölbung 4, befördert. Zugleich bewirken die Aufwölbungen 4 und 5, wie vom Prinzip der Venturidüsen her bekannt, im Dampfkanal 2 lokale Erhöhungen der Strömungsgeschwindigkeit des Dampfstromes, da der Strömungsquerschnitt für den Dampf im Bereich der Aufwölbungen verringert ist. Folge dieses lokalen Geschwindigkeitsanstieges im Bereich der Aufwölbungen 4, 5 ist jeweils eine lokale Abnahme des Druckes in der Dampfströmung, die dazu führt, daß die Gas- bzw. Dampfblase 8 über die Bohrung 6 aus dem Flüssigkeitskanal 3 in den Dampfkanal 2 abgesaugt wird.

Sofern sich bereits vor der Inbetriebnahme des Wärmerohres Gas- oder Dampfblasen gebildet haben, wandern diese auch ohne Vorliegen einer Flüssigkeitsströmung zur nächstgelegenen Aufwölbung. Die Ursache hierfür bilden in diesem Fall die Kapillarkräfte, die daraus resultieren, daß sich der Flüssigkeitskanal 3 jeweils in Richtung auf die Aufwölbung 4, 5 hin kontinuierlich erweitert.

Andererseits sind die Ausdehnung der Aufwölbungen 4, 5 und die Durchmesser der Durchgangsbohrungen 6, 7 so aufeinander abgestimmt, daß die durch die Aufwölbungen 4, 5 im Dampfkanal 2 hervorgerufene Druckabsenkung so gering ist, daß für den Zeitraum, in dem sich keine Gas- oder Dampfblase vor der Durchgangsbohrung 6, 7 befindet, die Flüssigkeit, die sich aufgrund der Kapillarkwirkung der Bohrungen in diesen sammelt, nicht in den Dampfstrom abgesaugt sondern durch die Kapillarkräfte festgehalten wird.

Anzumerken ist noch, daß es, abweichend von dem vorangehend beschriebenen Ausführungsbeispiel selbstverständlich auch möglich ist, die engste Stelle des Flüssigkeitskanals nicht in die Mitte zwischen zwei Aufwölbungen zu plazieren, sondern beispielsweise jeweils im unmittelbaren Anschluß an die stromaufwärts gelegene Aufwölbung, so daß der Strömungsquerschnitt des Flüssigkeitskanals praktisch im gesamten Bereich zwischen zwei Aufwölbungen in Strömungsrichtung kontinuierlich zunimmt. Dies hat insbesondere in der Anlaufphase des Wärmerohres den Vorteil, daß die Flüssigkeitsströmung und die Kapillarkräfte in gleicher Richtung auf vorhandene Gas- oder Dampfblasen einwirken.

5

10

15

### Patentansprüche

1. Anordnung zur Übertragung von Wärme, bestehend aus einem mit einem Wärmeträgermedium gefüllten Wärmerohr, in dem wenigstens je ein Strömungskanal für das flüssige und für das in den dampfförmigen Aggregatzustand überführte Wärmeträgermedium vorgesehen sind und bei dem im Strömungskanal für den Dampf wenigstens eine über Ansaugöffnung mit dem Flüssigkeitskanal verbundene düsenförmige Querschnittsverringeringung angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennwand (1) zwischen dem Dampfkanal (2) und dem Flüssigkeitskanal (3) in den Dampfkanal (2) ragende Aufwölbungen (4, 5) aufweist, an deren Spitze jeweils eine Durchgangsbohrung (6, 7) eingebracht ist, und daß sich der Querschnitt des Flüssigkeitskanals (3) jeweils zu den Aufwölbungen (4, 5) hin erweitert.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufwölbungen (4, 5) im Abstand von etwa einem Meter voneinander angeordnet sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser der Durchgangsbohrungen (6, 7) etwa 0,2 mm beträgt.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Trennwand (1) als Profilblech ausgebildet ist.

20

25

30

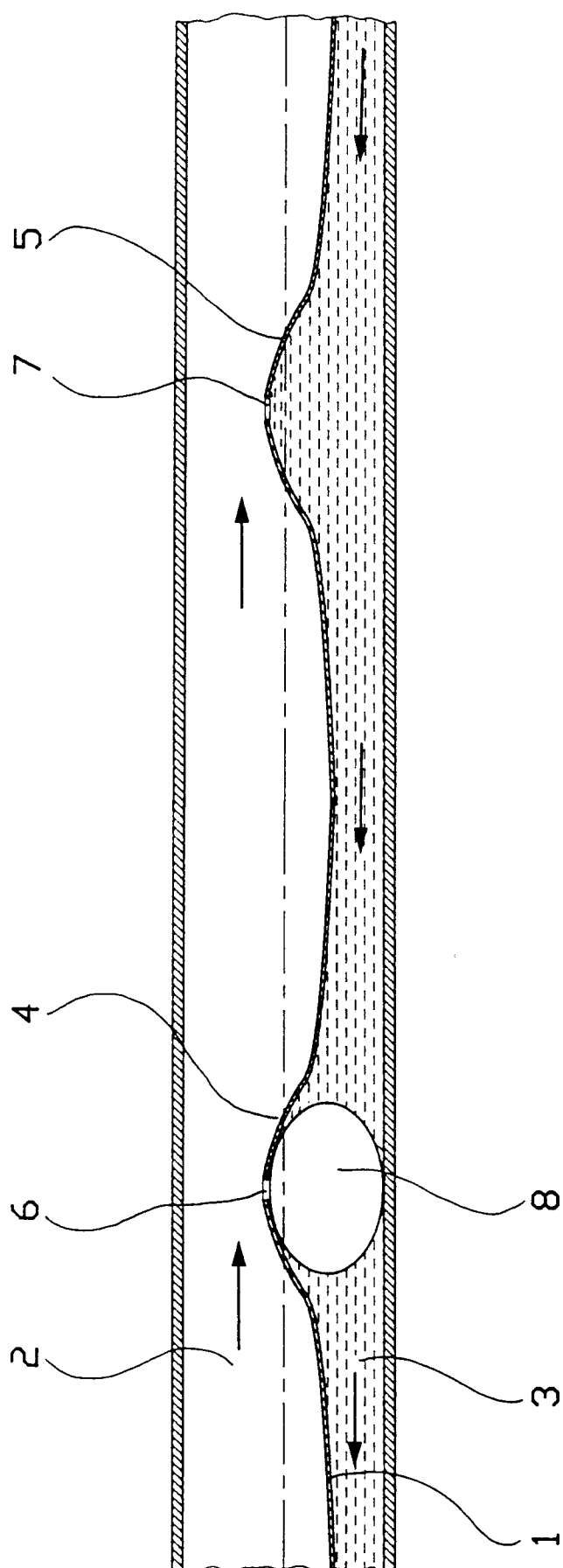
35

40

45

50

55





Europäisches  
Patentamt

## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 93 10 6689

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
X A	EP-A-0 217 777 (S.A.B.C.A.) * das ganze Dokument * ---	1 2, 3	F28D15/02
A	FR-A-2 380 520 (DORNIER SYSTEM G.M.B.H.) * das ganze Dokument * -----	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			F28D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 16 SEPTEMBER 1993	Prüfer SMETS E.D.C.
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b> X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche 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 andern Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			