



(10) **DE 10 2014 205 086 B3** 2015.07.23

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 205 086.3**

(22) Anmeldetag: **19.03.2014**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **23.07.2015**

(51) Int Cl.: **F25B 1/00 (2006.01)**

Innerhalb von neun 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. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**AREVA GmbH, 91052 Erlangen, DE**

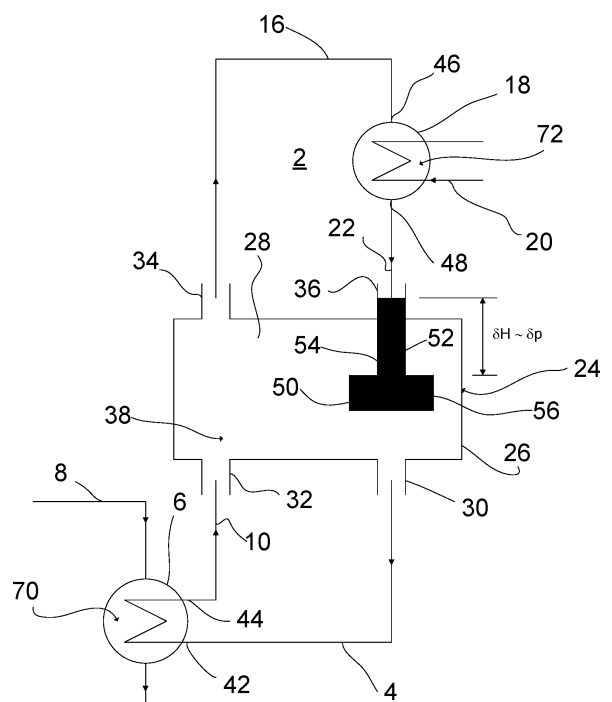
(74) Vertreter:  
**Tergau & Walkenhorst Patentanwälte -  
Rechtsanwälte, 60322 Frankfurt, DE**

(72) Erfinder:  
**Fuchs, Thomas, Dr., 50389 Wesseling, DE; Ornot,  
Leo, 90449 Nürnberg, DE; Reuter, Matthias, 04539  
Groitzsch, DE; Reck, Markus, Dr., 91056 Erlangen,  
DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:  
**DE 10 2008 025 544 A1**

(54) Bezeichnung: **Passiver Zweiphasen-Kühlkreislauf**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen passiven Zweiphasen-Kühlkreislauf (2) mit einem Verdampfer (6) und einem Kondensator (18) für ein in dem Kühlkreislauf (2) geführtes Kühlmittel, wobei an den Verdampfer (6) eine Verdampferzuleitung (4) und eine Verdampferableitung (10) angeschlossen sind, und wobei an den Kondensator (18) eine Kondensatorzuleitung (16) und eine Kondensatorableitung (22) angeschlossen sind. Ein derartiger Kühlkreislauf soll derart weiterentwickelt werden, dass bei einfach und kostengünstig gehaltenem Aufbau des Systems Druckschläge während des Betriebs reduziert oder sogar vollständig verhindert werden. Dazu ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Verdampferzuleitung (4), die Verdampferableitung (10), die Kondensatorzuleitung (16) und die Kondensatorableitung (22) an einen gemeinsamen Dämpfungsbehälter (24) angeschlossen sind, wobei sich in der Kondensatorableitung (22) beim Betrieb des Kühlkreislaufs (2) eine Flüssigkeitssäule (52) ausbildet, die die Funktion einer Flüssigkeitsdichtung (50) sowie die eines fluiddynamischen Schwingungsdämpfers übernimmt.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen passiven Zweiphasen-Kühlkreislauf gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

**[0002]** Zweiphasige Wärmetransportsysteme, bei denen das in einem Kreislauf geführte Kühlmittel (auch Kältemittel genannt) einen Phasenübergang von flüssig nach gasförmig und wieder zurück durchläuft, ermöglichen im Vergleich zu Einphasen-Kreisläufen bei geringen treibenden Temperaturdifferenzen hohe Wärmetransportraten. Jedoch weisen die zweiphasigen Systeme deutlich mehr Freiheitsgrade auf und sind daher komplizierter in ihrer Beherrschbarkeit als die einphasigen Systeme. Diese gilt in besonderem Maße für passive Systeme, die ohne aktive Mittel zur Strömungsbeeinflussung wie elektrische Pumpen oder dergleichen auskommen, und bei denen der Transport des Kühlmittels vielmehr ausschließlich durch die herrschenden Temperaturunterschiede zwischen der zugeordneten Wärmequelle und Wärmesenke bewirkt wird. Insbesondere stellen irreguläre Druckfluktuationen und Druckschläge, speziell kondensationsinduzierte Druckstöße im Leitungssystem ein existentielles Problem dar, da in diesem Zusammenhang extreme mechanische Beanspruchungen auftreten können. Diese führen im schlimmsten Fall zu einer Zerstörung des Systems.

**[0003]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Kühlkreislauf der Eingangs genannten Art derart weiterzuentwickeln, dass bei einfach und kostengünstig gehaltenem Aufbau des Systems Druckschläge während des Betriebs reduziert oder sogar vollständig verhindert werden.

**[0004]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch einen Kühlkreislauf mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

**[0005]** Wesentlicher Bestandteil der Apparatur ist ein Dämpfungsbehälter, auch Entkopplungsbehälter genannt, mit einem für den speziellen Auslegungsfall anzupassenden Volumen und mindestens vier Anschlüssen für die zum Verdampfer und zum Kondensator hinführenden und die von ihnen wegführenden Leitungen des Kühlkreislaufs. Zudem ist an dem Anschluss für den Kondensatorrücklauf ein rohrartig geformtes Bauteil angebracht, welches die Bildung einer Flüssigkeitssäule ermöglicht. Diese Flüssigkeitssäule bewirkt eine Beruhigung der Strömung in transienten Bereichen, indem sie als hydrodynamischer Schwingungsdämpfer fungiert. Des Weiteren wird durch die Flüssigkeitssäule eine Druckreduktion am Ausgang des Kondensators erreicht, woraus eine Erhöhung der treibenden Druckdifferenz im Kondensator und somit ein erhöhter Massenstrom resultiert.

**[0006]** Zusammengefasst können die bislang gefürchteten Druckschläge in passiven Zweiphasen-Systemen durch die vorgeschlagene Apparatur, die als fluiddynamischen Schwingungsdämpfer wirksam ist, reduziert oder sogar vollständig verhindert werden. Weiterhin wird durch die geänderten Druckverhältnisse im Kreislauf eine gerichtete Strömung induziert bzw. stabilisiert (Minimierung bzw. Eliminierung von sekundären Rückströmungen), die treibende Druckdifferenz im Kondensator vergrößert, der den Wärmetransport bewerkstellende Massenstrom erhöht und somit im Ergebnis eine signifikante Leistungssteigerung erzielt.

**[0007]** Mit anderen Worten erreicht die vorgeschlagene Modifikation eines Zweiphasen-Kühlkreislaufs durch eine passive Stabilisierung und eine Leistungssteigerung einen deutlich robusteren Betrieb und daher eine erhöhte Praxistauglichkeit gegenüber bisherigen Systemen. Durch die gesteigerte Leistungsdichte des zweiphasigen Systems können große Wärmemengen bei geringen treibenden Temperaturdifferenzen passiv abgeführt werden, die einphasig nicht realisierbar sind.

**[0008]** Potentielle Anwendungen sind beispielsweise im nuklearen Bereich die Wärmeabfuhr aus Nasslagern, die Komponentenkühlung (etwa bei Pumpen, Dieselaggregaten, Transformatoren), die Containmentkühlung und die Kühlung von Räumen mit einer elektrisch induzierten Wärmelast. Natürlich sind auch vielfältige Anwendungen im nicht-nuklearen Bereich möglich.

**[0009]** Vorteilhafterweise ist die Flüssigkeitsdichtung im Innenraum des Dämpfungsbehälters angeordnet, insbesondere als dessen integraler oder in ihm vormontierter Bestandteil, was die Montage des Gesamtsystems erleichtert.

**[0010]** In einer ersten vorteilhaften Variante weist die auch als Siphon bezeichnete Flüssigkeitsdichtung einen U-, S-, oder J-förmigen Rohrabschnitt auf, wie er beispielsweise im Bereich von Haushaltsinstallationen geläufig ist.

**[0011]** In einer zweiten vorteilhaften Variante ist die Flüssigkeitsdichtung dadurch verwirklicht, dass ein Rohr bzw. Rohrende in einen es seitlich umschließenden, oben zum Innenraum des Dämpfungsbehälters hin offenen Behälter bzw. ein Gefäß eintaucht, so dass die Ausbildung einer Flüssigkeitssäule möglich ist.

**[0012]** In bevorzugter Ausgestaltung münden die Verdampferzuleitung und die Verdampferableitung in die Bodenregion des Dämpfungsbehälters ein, und zwar vorzugsweise in einigem Abstand zueinander. Dadurch ist sichergestellt, dass einerseits das über die Verdampferableitung einströmende Gemisch aus

flüssigem und verdampftem Kühlmittel sich in dem Dämpfungsbehälter separieren kann, und dass andererseits das sich in der Bodenregion sammelnde flüssige Kühlmittel einfach und ungehindert in die Verdampferzuleitung abfließen kann.

**[0013]** Die Kondensatorzuleitung hingegen mündet bevorzugt in die Deckenregion des Dämpfungsbehälters ein, so dass der sich über dem flüssigen Kühlmittel sammelnde Dampf einfach und ungehindert in diese Leitung einströmen kann.

**[0014]** Zur Unterstützung des Naturumlaufs im Kühlkreislauf ist der Dämpfungsbehälter vorzugsweise unterhalb des Kondensators angeordnet, wobei die Kondensatorableitung – von dem die Flüssigkeitsdichtung enthaltenden Abschnitt gegebenenfalls abgesehen – zumindest überwiegend als Fallrohr ausgebildet ist.

**[0015]** Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, dass durch eine Entkopplung der Kreisläufe von Verdampfer und Kondensator und durch die Realisierung eines fluiddynamischen Schwingungsdämpfers regulierende Maßnahmen in einem passiven System verwirklicht sind, um eine stabile und gerichtete Strömung im Verdampfer und Kondensator zu etablieren.

**[0016]** Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand von Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigt in jeweils stark vereinfachter und schematisierter Form:

**[0017]** Fig. 1 einen passiven zweiphasigen Kühlkreislauf gemäß dem Stand der Technik,

**[0018]** Fig. 2 einen passiven zweiphasigen Kühlkreislauf gemäß der Erfindung, und

**[0019]** Fig. 3 eine alternative Variante zu einem Ausschnitt aus Fig. 2.

**[0020]** Gleiche oder gleichwirkende Teile sind in allen Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen.

**[0021]** Fig. 1 gibt einen schematischen Überblick über einen konventionellen Kühlkreislauf 2, wie er in vielfältigen technischen Anwendungen eingesetzt wird, bei denen es um den Abtransport von überschüssiger Wärme aus erwärmten Anlagenbereichen geht. Die Strömungsrichtungen der beteiligten Fluide sind jeweils durch Strömungspfeile veranschaulicht.

**[0022]** Ein in einem Kreislauf geführtes Kühlmittel tritt zunächst in flüssiger Form über eine Verdampferzuleitung 4 (auch Verdampferzulauf oder Speiseleitung genannt) in einen Verdampfer 6 ein. Der Verdampfer 6 ist als Wärmetauscher ausgebildet, der über eine thermisch angekoppelte Wärmequelle 70,

hier rein beispielhaft in Gestalt einer ein Heizmedium führenden Heizleitung 8, beheizt wird. Durch Wärmeübertrag von der Wärmequelle 70 wird das Kühlmittel im Verdampfer 6 zumindest teilweise verdampft. Der so erzeugte Kühlmitteldampf verlässt den Verdampfer 6 über eine Verdampferableitung 10 (auch auch Verdampferücklauf oder Dampfleitung genannt).

**[0023]** Weiter stromabwärts tritt der Kühlmitteldampf über eine Kondensatorzuleitung 16 (auch Kondensatorzulauf genannt) in einen Kondensator 18 ein. Der Kondensator 18 ist als Wärmetauscher ausgestaltet, der thermisch an eine Wärmesenke 72, hier rein beispielhaft in Gestalt einer ein Kühlmedium führenden Kühlleitung 20, angekoppelt ist. Durch Wärmeübertrag an die Wärmesenke 72 wird der Kühlmitteldampf in dem Kondensator 18 kondensiert. Das auf diese Weise wieder verflüssigte Kühlmittel verlässt den Kondensator 18 über eine Kondensatorableitung 22 (auch Kondensatorrücklauf genannt), welche weiter stromabwärts in die Verdampferzuleitung 4 übergeht, so dass der Kreislauf dort von neuem beginnt.

**[0024]** Im Falle eines Kühlkreislaufes mit Zwangsströmung ist zwischen die Verdampferableitung 10 und die Kondensatorzuleitung 16 eine Pumpe 14 zum Transport des Kühlmittels geschaltet.

**[0025]** Für diverse Anwendungen ist der Kühlkreislauf 2 jedoch bevorzugt als passiver Kreislauf ausgebildet, der ohne aktive Komponenten, insbesondere ohne Pumpen auskommt. In diesem Fall geht die Verdampferableitung 10 direkt in die Kondensatorzuleitung 16 über. Dabei wird der Kreislauf des Kühlmittels nach dem Prinzip des Naturumlaufs durch den Temperaturunterschied zwischen Wärmequelle 70 und Wärmesenke 72 bewirkt. Dazu sind die beteiligten Komponenten in geeigneter geodätischer Höhe zueinander angeordnet und die jeweiligen Leitungsquerschnitte etc. geeignet zu bemessen. Das Kühlmittel ist hinsichtlich seiner Siedetemperatur in geeigneter Weise auf die Kombination aus Temperatur- und Druckverhältnissen im Kühlkreislauf 2 abgestimmt, so dass die gewünschte Verdampfung im Verdampfer 6 und die Kondensation im Kondensator 18 tatsächlich stattfinden. Aufgrund der Phasenwechsel des Kühlmittels von flüssig nach gasförmig und zurück spricht man von einem zweiphasigen Kühlkreislauf.

**[0026]** Zweiphasige Wärmetransportsysteme ermöglichen bei geringen treibenden Temperaturdifferenzen hohe Wärmetransportraten. Jedoch stellen Druckschläge bzw. Kondensationsschläge ein existentielles Problem dar, da extreme mechanische Beanspruchungen auftreten können. Diese führen im schlimmsten Fall zu einer Zerstörung des Systems.

**[0027]** Aufgrund der instationären und zum Teil chaotischen Prozesse in den strömungsführenden

Komponenten kann es nämlich zu starken Fluktuationen bzw. Schwingungen im System kommen, so dass dampfführende Strömungsbereiche in Bereiche mit kälteren Wandtemperaturen verschoben werden. Dann kommt es unter Umständen zu einer schlagartigen Kondensation des Dampfes und somit zu den genannten Kondensationsschlägen.

**[0028]** Man kann dies grob wie folgt verstehen: Wenn sich eine Dampfblase in einer Rohrleitung des Verdampfers bildet, findet eine starke Auskühlung der Umgebung statt. Besonders interessant ist eine zyklische Auskühlung der Rohrwand. Das heißt, die Wand braucht wieder einige Zeit, um sich aufzuwärmen und die notwendige Überhitzung zu erreichen. Lokal sind somit starke Fluktuationen vorhanden, die mit einer bestimmten Frequenz schwingen. Da im Verdampferrohr unterschiedliche Siedebereiche vorhanden sind, die mit unterschiedlichen Frequenzen schwingen, ergibt sich selbst bei einem global stationären Zustand lokal ein instationärer Zustand. Da in passiven Systemen die lokalen Siedebedingungen jedoch auch für die Antriebskraft der Strömung zuständig sind, sind immer Strömungsfluktuationen vorhanden. Im schlechtesten Fall entsteht lokal oder global eine Resonanz und das gesamte System fällt in einen sehr ungünstigen Zustand (mit eventuell deutlich verringerter Wärmeabfuhr).

**[0029]** Zudem besteht noch folgender Nachteil: Je nachdem, auf welchem Niveau die Wärmesenke liegt, kann es im Kondensator zu einer Unterkühlung des Kondensats kommen. Die unterkühlte Flüssigkeit muss im Verdampfer erst wieder auf Siedetemperatur gebracht werden. Da jedoch der einphasige Wärmeübergang deutlich schlechter ist als der zweiphasige Übergang, wird das Potential des Verdampfers nur unzureichend ausgenutzt.

**[0030]** Derartige Phänomene werden erfindungsgemäß durch die in **Fig. 2** vorgeschlagene Apparatur reduziert oder sogar komplett verhindert. Die folgende Beschreibung baut auf der Beschreibung von **Fig. 1** auf und konzentriert sich auf die nunmehr vorgenommenen Modifikationen des Kühlkreislaufs **2**.

**[0031]** Wesentliches Element der Modifikation ist der in den Kühlkreislau **2** eingebundene, in Verbindung mit einer Flüssigkeitssäule als fluiddynamischer Schwingungsdämpfer wirksame Dämpfungsbehälter **24**, der im Hinblick auf seine Funktion zur Entkopplung der Verdampfer- und Kondensatorkreisläufe auch als Entkopplungsbehälter bezeichnet werden kann (siehe unten). Der Dämpfungsbehälter **24** weist einen allseitig von einer Umfassungswand **26** druckdicht gegenüber der Umgebung verschlossenen Innenraum **28** auf, dessen Volumen im Hinblick auf die ihm zugeordneten Haupt-Aufgaben Schwingungsdämpfung und Medienführung hinreichend groß bemessen ist. Ferner sind vier funktionell voneinander

verschiedene Anschlüsse **30, 32, 34, 36** vorgesehen, die in spezifischer Weise mit dem Leitungssystem des Kühlkreislau **2** verbunden sind. Während des Betriebs des Kühlkreislau **2** sammeln sich in dem Innenraum **28** des Dämpfungsbehälters **24** flüssiges Kühlmittel sowie Kühlmitteldampf, wobei die flüssige Phase infolge der wirkenden Schwerkraft sich nach unten zur Bodenregion **38** hin absetzt und die gas-/dampfförmige Phase sich darüber zur Deckenregion **40** hin sammelt.

**[0032]** Ein erster Anschluss **30** ist in der Bodenregion **38** des Dämpfungsbehälters **24**, insbesondere direkt im Boden, durch die Umfassungswand **26** geführt. Er ist mit der zum Verdampfereinlass **42** führenden Verdampferzuleitung **4** verbunden, so dass während des Betriebs in der Bodenregion **38** sich ansammelndes flüssiges Kühlmittel über den Anschluss **30** und die Verdampferzuleitung **4** zum Verdampfer **6** strömt, wo die Verdampfung des Kühlmittels erfolgt.

**[0033]** An einen zweiten Anschluss **32**, der ebenfalls in der Bodenregion **38** des Dämpfungsbehälters **24**, insbesondere direkt im Boden, ggf. etwas höher durch die Umfassungswand **26** geführt ist, ist die vom Verdampferauslass **44** kommende Verdampferableitung **10** angeschlossen. Im Allgemeinen wird das Kühlmittel im Verdampfer **6** nicht vollständig, sondern nur teilweise verdampft, und das entstehende Gemisch aus flüssigem Kühlmittel und Kühlmitteldampf wird somit über die Verdampferableitung **10** und den Anschluss **32** in den Innenraum **28** des Dämpfungsbehälters **24** geleitet, wo wie bereits beschrieben eine Phasenseparation erfolgt.

**[0034]** Ein dritter Anschluss **34** ist in der Deckenregion **40** des Dämpfungsbehälters **24**, insbesondere direkt in der Decke, durch die Umfassungswand **26** geführt. An ihn ist die zum Kondensatoreinlass **46** führende Kondensatorzuleitung **16** angeschlossen, so dass in der Deckenregion **40** sich ansammelnder Kühlmitteldampf über den Anschluss **34** und die Kondensatorzuleitung **16** zum Kondensator **18** strömt, wo die Kondensation des Kühlmitteldampfes erfolgt.

**[0035]** Schließlich ist ein vierter Anschluss **36** in der Deckenregion **40** des Dämpfungsbehälters **24**, insbesondere direkt in der Decke, durch die Umfassungswand **26** geführt. An ihn ist die vom Kondensatorauslass **48** kommende Kondensatorableitung **22** angeschlossen, so dass das im Kondensator **18** verflüssigte Kühlmittel über die Kondensatorableitung **22** und den Anschluss **36** in den Dämpfungsbehälter **24** strömt.

**[0036]** Bei den zuerst genannten drei Anschlüssen **30, 32, 34** münden die angeschlossenen Rohrleitungen **4, 10, 16** insofern direkt in den Innenraum des Dämpfungsbehälters **24**, als bei normalbetrieblichen Strömungsverhältnissen ein Druckausgleich

zwischen dem Innenraum **28** und diesen Rohrleitungen **4**, **10**, **16** möglich ist. Im Unterschied hierzu ist der vierte Anschluss **36** derart beschaffen, dass die daran angeschlossene Rohrleitung, nämlich die Kondensatorableitung **22** unter Ausbildung einer Flüssigkeitsdichtung **50** in den Innenraum **28** des Dämpfungsbehälters **24** einmündet. Eine derartige Flüssigkeitsdichtung **50** wird auch als Siphon oder Trap bezeichnet. Durch die sich im Betrieb des Kühlkreislaufs **2** ausbildende Flüssigkeitssäule **52** aus flüssigem Kühlmittel wird der Durchlass von Gasen unterbunden oder jedenfalls erschwert, so dass eine Druckseparation zwischen dem Innenraum **28** und der Kondensatorableitung **22** verwirklicht ist. Die Höhe  $\delta H$  der sich einstellenden Flüssigkeitssäule **52** korreliert dabei zu der herrschenden Druckdifferenz  $\delta p$ .

**[0037]** Die Flüssigkeitsdichtung **50** kann prinzipiell außerhalb des Dämpfungsbehälters **24** angeordnet sein. Zweckmäßigerweise ist sie jedoch in einem Rohrabchnitt im Innenraum **28** des Dämpfungsbehälters **24** verwirklicht und kann jede für die Funktion zweckmäßige Form annehmen. Beispielsweise kann sie wie in **Fig. 2** dargestellt ein Rohrende **54** aufweisen, welches von oben in einen nach oben hin offenen Behälter **56** eintaucht. Alternativ oder zusätzlich können die bekannten U-, S-, oder J-förmigen Rohrabchnitte **58** oder funktionell äquivalente Ausführungen zum Einsatz kommen, wie in **Fig. 3** exemplarisch anhand eines J-Bogens dargestellt.

**[0038]** Über die Flüssigkeitssäule **52** des Siphons werden der Rückstrom des Dampfes sowie die Dämpfung des Systems realisiert. Das heißt, in Abhängigkeit von den zu erwartenden Systeminstabilitäten muss die Flüssigkeitssäule **52** realisiert werden. In **Fig. 2** weist die nach oben weisende Öffnung des umliegenden Behälters **56** eine deutlich größere Querschnittsfläche als das eintauchende Rohr **54** auf. Das heißt, eine kleine Höhendifferenz im Behälter **56** realisiert eine deutlich größere Höhendifferenz im Rohr **54** (entsprechend der Flächenverhältnisse). Da die gesamte Höhendifferenz  $\delta H$  mit der Druckdifferenz  $\delta p$  korreliert, wird den Druckschwankungen im System entgegengewirkt. Die Einbauhöhe des Siphons muss auf die gesamte Bandbreite des Systems abgestimmt werden. Das heißt, bei geringen Wärmeleistungen befindet sich die flüssige Phase überwiegend im Verdampferbereich – der Behälter ist nahezu leer. Bei hohen Wärmeleistungen befindet sich relativ viel der flüssigen Phase im Behälter (durch den hohen Dampfanteil im Verdampfer). Auf dieser Basis sind die Komponenten auszulegen.

**[0039]** Zur Unterstützung des Naturumlaufs in dem Kühlkreislauf **2** befinden sich der Verdampfer **6**, der Kondensator **18** und der Dämpfungsbehälter **24** relativ zueinander in geeigneter geodätischer Höhe. Insbesondere ist der Dämpfungsbehälter **24** bevorzugt

unterhalb des Kondensators **18** angeordnet, so dass die vom Kondensator **18** zum Dämpfungsbehälter **24** führende Kondensatorableitung **22** im Wesentlichen als Fallrohr ausgestaltet ist. Unter rein hydrostatischen Gesichtspunkten wird es ferner als vorteilhaft angesehen, den Verdampfer **6** unterhalb des Dämpfungsbehälters **24** anzuordnen. Demzufolge ist die Verdampferableitung **10** bevorzugt ein Steigrohr und die Verdampferzuleitung **4** ein Fallrohr. Da es sich hier jedoch um ein fluiddynamisches System handelt, welches zudem noch eine Zweiphasigkeit aufweist, könnte es sein, dass sich in der Praxis eine abweichende Anordnung als positiv herausstellt.

**[0040]** Zusammengefasst wird damit bei dem Kühlkreislauf **2** gemäß **Fig. 2** sowohl die vom Verdampfer **6** zum Kondensator **18** führende Leitungsschleife als auch die vom Kondensator **18** zum Verdampfer **6** führende Leitungsschleife durch den gemeinsamen Dämpfungsbehälter **24** geführt. Die Flüssigkeitssäule **52** in dem Dämpfungsbehälter **24** bewirkt zusammen mit dem durch den Innenraum **28** verwirklichten Ausgleichvolumen eine Entkopplung der Kreisläufe und eine Beruhigung der Strömung in transienten Bereichen, indem sie als hydrodynamischer Schwingungsdämpfer fungiert. Des Weiteren wird durch die Flüssigkeitssäule **52** eine auslassseitige Druckreduktion im Kondensator **18** erreicht, woraus eine Erhöhung der treibenden Druckdifferenz im Kondensator **18** und somit ein erhöhter Massenstrom in dem Kühlkreislauf **2** resultiert.

**[0041]** Ein weiterer Vorteil des Dämpfungsbehälters **24** liegt in einer Vorwärmung des Kondensats. Da am Verdampferauslass **44** ein (relativer) Dampfgehalt kleiner als vorliegt, fließt ein Teil der gesättigten Flüssigkeit durch den Dämpfungsbehälter **24** wieder zum Verdampfereinlass **42** zurück. Dabei findet eine Vermischung des ggf. unterkühlten Kondensats mit der gesättigten Flüssigkeit statt. Folglich werden die Bereiche des einphasigen Wärmeübergangs im Verdampfer **6** verkleinert und der Gesamtprozess verbessert (thermodynamische Optimierung).

**[0042]** Die in **Fig. 2** und **Fig. 3** dargestellte Apparatur dient somit sowohl zur Effizienzsteigerung der Wärmeabfuhr als auch zur Reduktion von Kondensationsschlägen im Falle eines passiven Zweiphasen-Kreisprozesses.

#### Bezugszeichenliste

<b>2</b>	Kühlkreislauf
<b>4</b>	Verdampferzuleitung
<b>6</b>	Verdampfer
<b>8</b>	Heizleitung
<b>10</b>	Verdampferableitung
<b>14</b>	Pumpe
<b>16</b>	Kondensatorzuleitung
<b>18</b>	Kondensator

20	Kühlleitung
22	Kondensatorableitung
24	Dämpfungsbehälter
26	Umfassungswand
28	Innenraum
30	erster Anschluss
32	zweiter Anschluss
34	dritter Anschluss
36	vierter Anschluss
38	Bodenregion
40	Deckenregion
42	Verdampfereinlass
44	Verdampferauslass
46	Kondensatoreinlass
48	Kondensatorauslass
50	Flüssigkeitsdichtung
52	Flüssigkeitssäule
54	Rohrende
56	Behälter
58	Rohrabschnitt
70	Wärmequelle
72	Wärmesenke

dampferableitung (10) in die Bodenregion (38) des Dämpfungsbehälters (24) einmünden.

6. Kühlkreislauf (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Kondensatorzuleitung (16) in die Deckenregion (40) des Dämpfungsbehälters (24) einmündet.

7. Kühlkreislauf (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Dämpfungsbehälter (24) unterhalb des Kondensators (18) angeordnet ist, und wobei die Kondensatorableitung (22) überwiegend als Fallrohr ausgebildet ist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

### Patentansprüche

1. Passiver Zweiphasen-Kühlkreislauf (2) mit einem Verdampfer (6) und einem Kondensator (18) für ein in dem Kühlkreislauf (2) geführtes Kühlmittel, wobei an den Verdampfer (6) eine Verdampferzuleitung (4) und eine Verdampferableitung (10) angeschlossen sind, und wobei an den Kondensator (18) eine Kondensatorzuleitung (16) und eine Kondensatorableitung (22) angeschlossen sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verdampferzuleitung (4), die Verdampferableitung (10), die Kondensatorzuleitung (16) und die Kondensatorableitung (22) an einen gemeinsamen Dämpfungsbehälter (24) angeschlossen sind, wobei sich in der Kondensatorableitung (22) beim Betrieb des Kühlkreislaufs (2) eine Flüssigkeitssäule (52) aus flüssigem Kühlmittel ausbildet, die die Funktion einer Flüssigkeitsdichtung (50) sowie die eines fluiddynamischen Schwingungsdämpfers übernimmt.

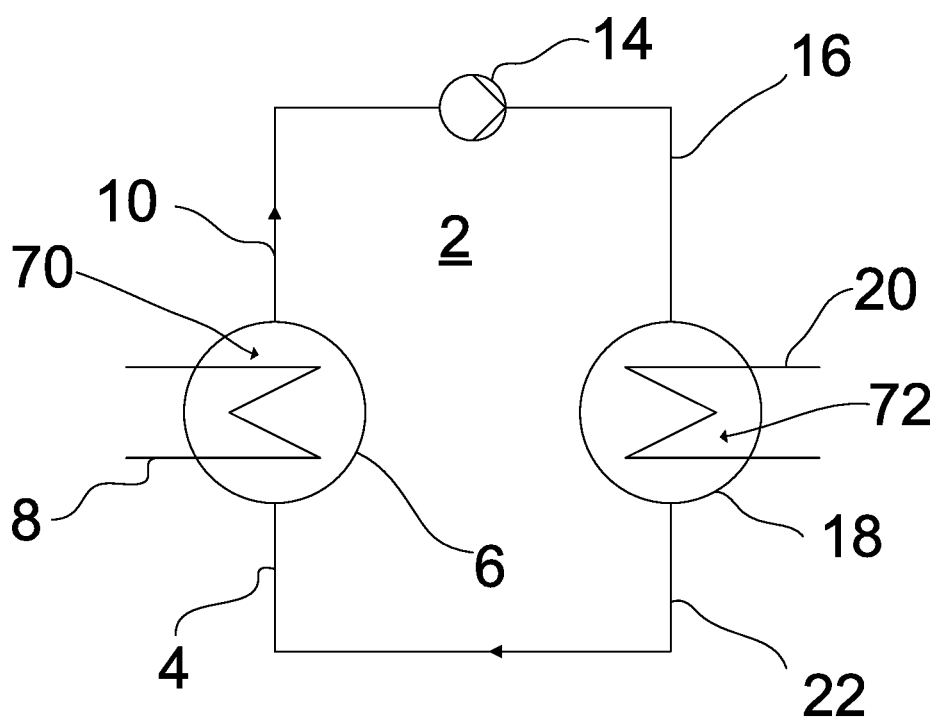
2. Kühlkreislauf (2) nach Anspruch 1, wobei die Flüssigkeitsdichtung (50) im Innenraum (28) des Dämpfungsbehälters (24) angeordnet ist.

3. Kühlkreislauf (2) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Flüssigkeitsdichtung (50) einen U-, S-, oder J-förmigen Rohrabschnitt (58) aufweist.

4. Kühlkreislauf (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Flüssigkeitsdichtung (50) ein Rohrende (54) aufweist, welches in einen nach oben hin offenen Behälter (56) eintaucht.

5. Kühlkreislauf (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Verdampferzuleitung (4) und die Ver-

Anhängende Zeichnungen



SdT

Fig. 1

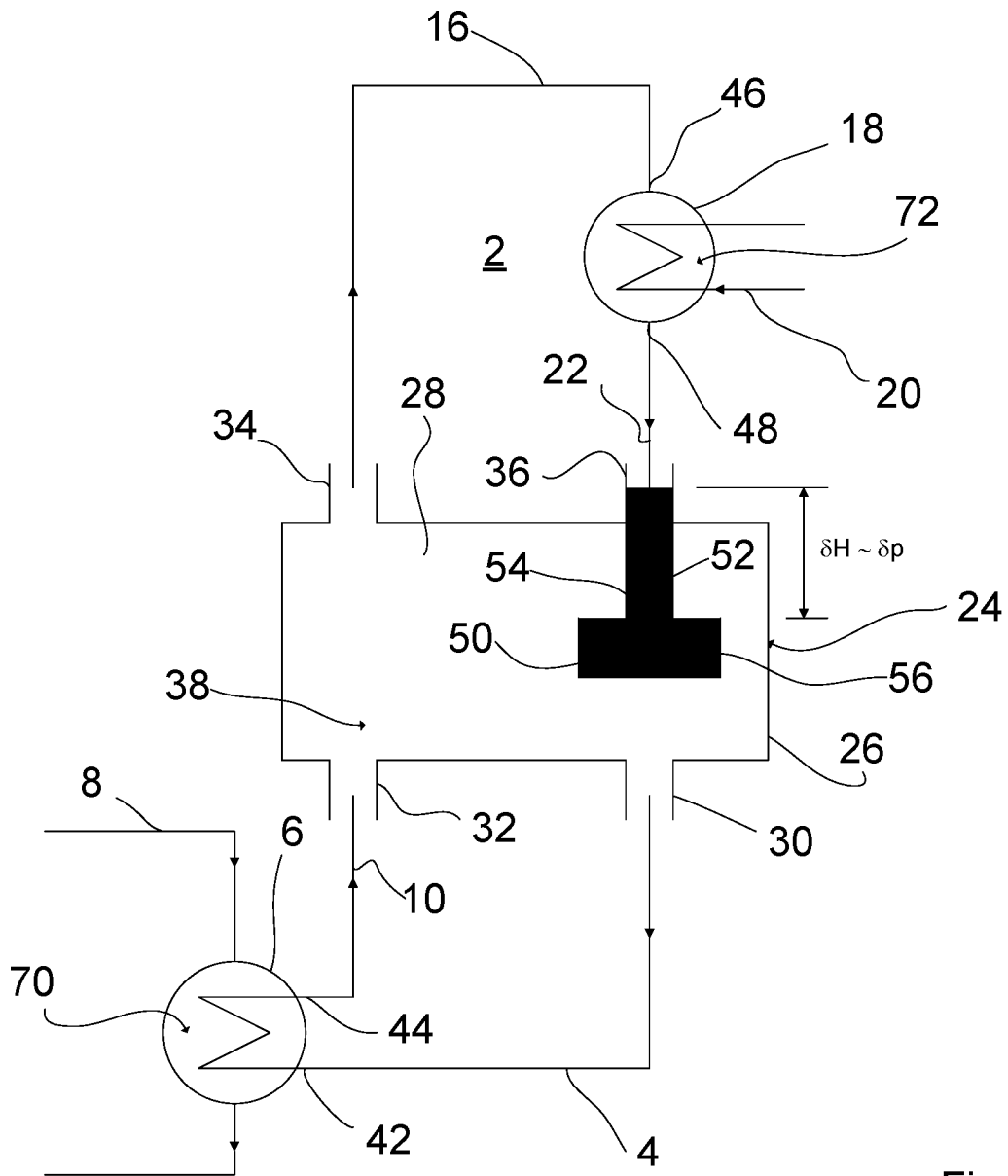


Fig. 2



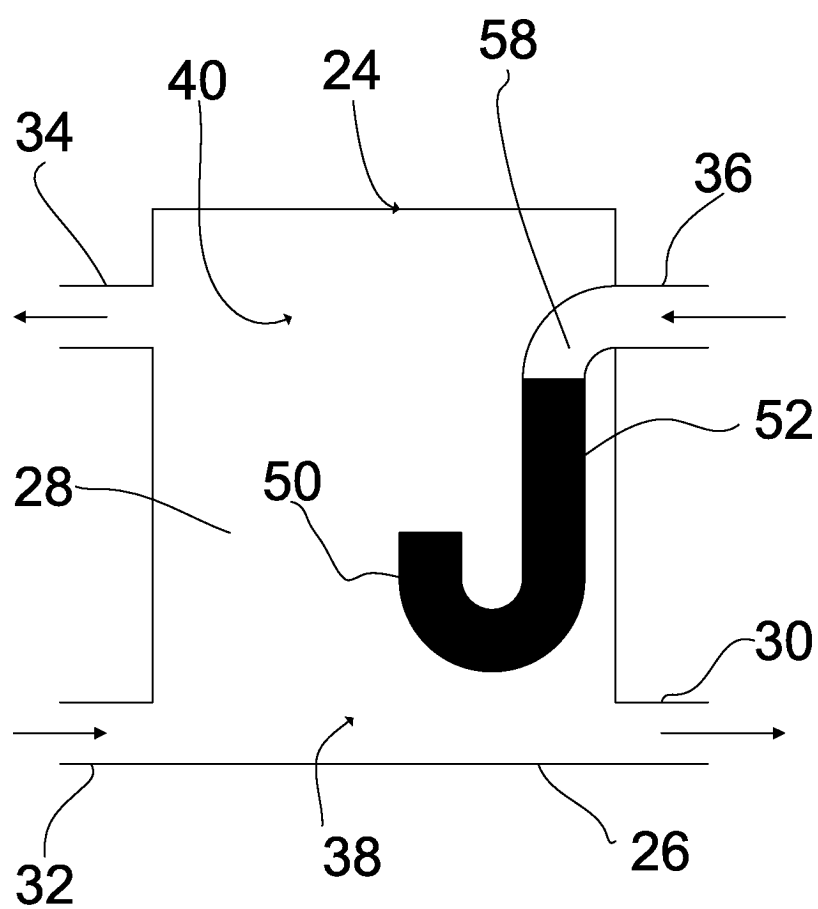


Fig. 3