



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
23.05.2012 Patentblatt 2012/21

(51) Int Cl.:
F22B 35/00 (2006.01) **F22B 1/18** (2006.01)
F01K 25/10 (2006.01) **B01F 5/04** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10014706.5**

(22) Anmeldetag: **17.11.2010**

(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:
• **Technische Universität München**
80333 München (DE)
• **Orcan Energy GmbH**
81379 München (DE)

(72) Erfinder:
• **Aumann, Richard**
80796 München (DE)

• **Schuster, Andreas**
86874 Tussenhausen (DE)
• **Sichert, Andreas**
81379 München (DE)

(74) Vertreter: **Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser**
Leopoldstrasse 4
80802 München (DE)

Bemerkungen:
Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Verdampfung organischer Arbeitsmedien**

(57) Die vorliegende Erfindung stellt eine Vorrichtung zur Verfügung, die umfasst: Einen Wärmeübertrager (1) zum Übertragen von Wärme eines wärmezuführenden Mediums auf ein von diesem verschiedenes Arbeitsmedium eine erste Zuführeinrichtung (9), die dazu ausgebildet ist, einen Strom des wärmezuführenden Mediums mit einer ersten Temperatur von einer Wärme-

quelle zu dem Wärmeübertrager zu liefern und eine zweite Zuführeinrichtung, die dazu ausgebildet ist, das wärmezuführende Medium, nachdem es den Wärmeübertrager passiert hat, und/oder ein weiteres Medium mit einer zweiten Temperatur, die niedriger als die erste Temperatur ist, zu dem Strom des wärmezuführenden Mediums mit der ersten Temperatur zu liefern.

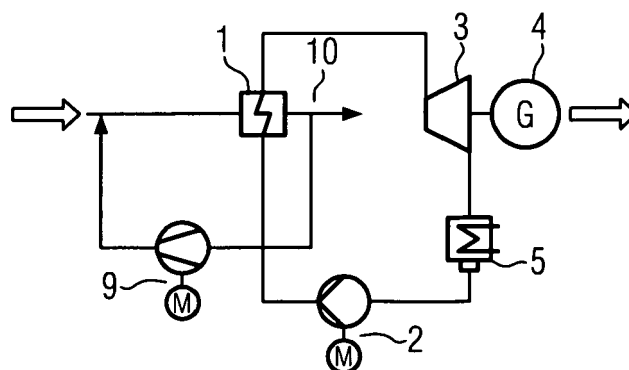


FIG. 2

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Direktverdampfung organischer Arbeitsmedien zur Erzeugung elektrischer Energie aus Wärmequellen durch den Einsatz organischer Medien.

Stand der Technik

[0002] Der Betrieb von Expansionsmaschinen, wie z.B. Dampfturbinen, mit Hilfe des Organic Rankine Cycle (ORC)-Verfahrens zur Erzeugung elektrischer Energie durch den Einsatz organischer Medien, beispielsweise organischer Medien mit niedriger Verdampfungstemperatur, die bei gleichen Temperaturen verglichen mit Wasser als Arbeitsmedium im allgemeinen höhere Verdampfungsdrücke aufweisen, ist im Stand der Technik bekannt. ORC-Anlagen stellen eine Realisierung des Clausius-Rankine-Kreisprozesses dar, in dem beispielsweise prinzipiell über adiabatische und isobare Zustandsänderungen eines Arbeitsmediums elektrische Energie gewonnen wird. Über Verdampfung, Expansion und anschließende Kondensation des Arbeitsmediums wird hierbei mechanische Energie gewonnen und in elektrische Energie gewandelt. Prinzipiell wird das Arbeitsmedium durch eine Speisepumpe auf Betriebsdruck gebracht, und es wird ihm in einem Wärmeübertrager Energie in Form von Wärme, die durch eine Verbrennung oder einen Abwärmestrom zur Verfügung gestellt wird, zugeführt. Vom Verdampfer aus strömt das Arbeitsmedium über ein Druckrohr zu einer ORC-Turbine, wo es auf einen niedrigeren Druck entspannt wird. Im Anschluss strömt der entspannte Arbeitsmediumsdampf durch einen Kondensator, in dem ein Wärmeaustausch zwischen dem dampfförmigen Arbeitsmedium und einem Kühlmedium stattfindet, wonach das auskondensierte Arbeitsmedium durch eine Speisepumpe zu dem Verdampfer in einem Kreisprozess zurückgeführt wird.

[0003] Organische Medien besitzen im Vergleich zu Wasser jedoch deutlich geringere Zersetzungstemperaturen, d. h. Temperaturen, bei denen die Molekülbindungen des Mediums aufbrechen, woraus eine Zerstörung des Arbeitsmediums und Zersetzung in korrosive oder giftige Reaktionsprodukte resultiert. Selbst wenn die Temperatur des Frischdampfes geringer als die Zersetzungstemperatur des Mediums ist, kann letztere an unzureichend durchströmten Stellen deutlich überschritten werden, wie dies insbesondere an dampfbeaufschlagten Bereichen des Wärmeübertragers möglich ist. Auch führt ein Ausfall der Speisepumpe dazu, dass die Durchströmung des Wärmeübertragers unterbrochen wird und das Arbeitsmedium somit der Temperatur der zur Verdampfung eingesetzten Wärmequelle direkt ausgesetzt wird.

[0004] Um zu vermeiden, dass das Arbeitsmedium auf Temperaturen oberhalb der Zersetzungstemperatur erwärmt wird, werden in ORC-Anlagen herkömmlicherwei-

se Zwischenkreisläufe eingesetzt, in denen die Wärme von dem heißen zur Verdampfung eingesetzten Medium (Rauchgas) über einen Zwischenkreislauf zu dem Verdampfer transportiert wird. Für einen solchen Zwischenkreislauf wird typischerweise ein Thermoöl verwendet, dessen Temperaturstabilität höher ist als diejenige des Arbeitsmediums. Der einphasige Wärmeübergang mithilfe des Thermoöls ermöglicht eine gleichmäßigere Durchströmung des Wärmeübertragers, in dem die Verdampfung des Arbeitsmediums erfolgt. Diese Lösung weist jedoch die folgenden Nachteile auf. Erstens sind Thermoöle typischerweise brennbar und somit muss der Thermoölkreislauf zur Verhinderung der Oxidation des Thermoöls mit einem Stickstoff-Vordruck versehen werden, wodurch die Anlage technisch aufwendig und kostenaufwendig wird. Zudem altern Thermoöle aufgrund der hohen thermischen Belastung und müssen in regelmäßigen Abständen ausgetauscht werden. Hieraus resultieren Stillstandzeiten für die Anlage und einen Erhöhung der Kosten. Zudem muss die Umwälzpumpe, die das Öl transportiert aufgrund der hohen Viskosität des Thermoöls eine große elektrische Leistung verrichten. Sodann resultiert der Einsatz des Thermoöls in einer signifikanten Reduktion der übertragbaren Wärme und somit der gewonnen elektrischen Leistung im Vergleich zur Direktverdampfung eines Arbeitsmediums, die ohne einen Zwischenkreislauf auskommt.

[0005] Es liegt somit der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes ORC-Verfahren zur Verfügung zu stellen, das die oben genannten Nachteile überwindet, und insbesondere eine Temperatur des Arbeitsmediums unterhalb der Zersetzungstemperatur zu garantieren vermag. Ganz allgemein besteht die Aufgabe, die Temperatur an einem Wärmeübertrager so zu regulieren, dass Übertemperaturen vermieden werden können.

Beschreibung der Erfindung

[0006] Die oben genannte Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung, mit einem Wärmeübertrager zum Übertragen von Wärme eines wärmezuführenden Mediums auf ein von diesem verschiedenes Arbeitsmedium; einer ersten Zuführeinrichtung, die dazu ausgebildet ist, einen Strom des wärmezuführenden Mediums mit einer ersten Temperatur von einer Wärmequelle zu dem Wärmeübertrager zu liefern; und einer zweiten Zuführeinrichtung, die dazu ausgebildet ist, zumindest teilweise das wärmezuführende Medium, nachdem es den Wärmeübertrager passiert hat, und/oder ein weiteres Medium jeweils mit einer zweiten Temperatur, die niedriger als die erste Temperatur ist, zu dem Strom des wärmezuführenden Mediums mit der ersten Temperatur zu liefern.

[0007] Der Wärmeübertrager kann insbesondere in Form eines Verdampfers vorgesehen sein, in dem das Arbeitsmedium verdampft wird. Erfindungsgemäß ist die

Temperatur des wärmezuführenden Mediums bei Beaufschlagung der Wärmeübertragers/Verdampfers nicht allein durch die Wärmequelle gegeben, sondern sie wird maßgeblich durch die Rückführung des wärmezuführenden Mediums nach Passieren des Wärmeübertragers und/oder des weiteren Mediums in den Strom des wärmezuführenden Mediums, der an den Wärmeübertrager geliefert wird, geregelt. Durch diese Temperaturregelung kann eine gegenüber dem Stand der Technik homogenere Beaufschlagung des Wärmeübertragers erfolgen und es können Übertemperaturen am Wärmeübertrager vermieden werden. Wie oben angegeben kann alternativ oder zusätzlich zu der Rückführung des wärmezuführenden Mediums nach Passieren des Wärmeübertragers ein weiteres Medium dem Strom des wärmezuführenden Mediums mit der zweiten Temperatur zugeführt werden. Dieses weitere Medium kann insbesondere Umgebungsluft sein, die von außerhalb der Vorrichtung zugeführt wird.

[0008] Das wärmezuführende Medium kann insbesondere ein heißes Rauchgas sein, wie es beispielsweise bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe als Wärmequelle, entsteht. Das Arbeitsmedium kann insbesondere ein organisches Material sein. Der genannte Wärmeübertrager kann ein Rohrbündelwärmeübertrager, wie ein Rauchrohr- oder Wasserrohrkessel, oder ein Plattenwärmeübertrager sein, in dem das Arbeitsmedium in einem Mantel des Kessels geführt wird, durch den das Rauchgas in Röhren geleitet wird. Somit ist obige Vorrichtung gemäß einem Beispiel Bestandteil eines Dampfkraftwerks, insbesondere einer Organic Rankine Cycle (ORC) - Anlage. Die ORC-Anlage umfasst weiterhin eine Expansionsmaschine, wie z.B. eine Turbine, einen Generator und eine Einrichtung zum Liefern des in dem Verdampfer verdampften Arbeitsmediums zu der Turbine. Von der Turbine kann das entspannte verdampfte Arbeitsmedium durch eine Fördereinrichtung (z.B. eine Rohrleitung) zum Kondensieren zu einem Kondensator geliefert werden und das dort verflüssigte Arbeitsmedium kann in Rahmen eines Kreislaufprozesses durch eine Speisepumpe wieder an den Wärmeübertrager geliefert werden.

[0009] Eine Zersetzung des organischen Arbeitsmediums kann erfindungsgemäß durch entsprechende Regelung der Temperatur des wärmezuführenden Mediums unterhalb der Zersetzungstemperatur des Arbeitsmediums an dem Wärmeübertrager zuverlässig vermieden werden.

[0010] Gemäß einer Weiterbildung umfasst die zweite Zuführeinrichtung ein Gebläse oder eine Unterdruckeinrichtung, um das abgekühlte wärmezuführende Medium, nachdem es den Wärmeübertrager passiert hat, und/oder das weitere Medium in den Strom zurückzuführen, der den Wärmeübertrager beaufschlagt. Ein Gebläse stellt ein kostengünstiges und effizientes Mittel für die Rückführung zur Verfügung. Alternativ oder ergänzend kann die erste Zuführeinrichtung eine Unterdruckeinrichtung umfassen, um das Medium aus der zweiten Zuführ-

einrichtung zu saugen.

[0011] Gemäß einer weiteren Weiterbildung ist die zweite Zuführeinrichtung dazu ausgebildet, das wärmezuführende Medium, nachdem es den Wärmeübertrager passiert hat, und/oder das weitere Medium dem Strom des wärmezuführenden Mediums mit der ersten Temperatur derart zuzuführen, dass es diesem über den Umfang des Stroms verteilt zugeführt wird. Hierdurch wird eine homogene Durchmischung der Komponenten, beispielsweise des direkt von der Wärmequelle kommenden heißen Rauchgases und des nach Passieren des Verdampfers rezirkulierten abgekühlten Rauchgases unter Vermeidung der Bildung heißer Gasstrahlen, erreicht.

[0012] In den oben genannten Beispielen für die erfindungsgemäße Vorrichtung kann die erste Zuführeinrichtung eine erste Leitung zum Leiten des wärmezuführenden Mediums mit der ersten Temperatur umfassen, und die zweite Zuführeinrichtung eine zweite Leitung zum Leiten des wärmezuführenden Mediums, nachdem es den Wärmeübertrager passiert hat, und/oder des weiteren Mediums umfassen, wobei die Vorrichtung ein Mischstück oder eine Mischstrecke umfasst, das für eine Fluidverbindung des wärmezuführenden Mediums mit der ersten Temperatur in der ersten Leitung und dem wärmezuführenden Medium, nachdem es den Wärmeübertrager passiert hat, und/oder dem weiteren Medium in der zweiten Leitung ausgebildet ist. Das Mischstück oder die Mischstrecke kann ein Teil der ersten Leitung mit darin ausgebildeten Öffnungen im Mantel derselben und ein Teil der zweiten Leitung, der das Teil der ersten Leitung umgibt, umfassen (s. auch detaillierte Beschreibung unten).

[0013] Die vorliegende Erfindung stellt auch ein Dampfkraftwerk mit einer Vorrichtung gemäß einem der oben genannten Beispiele der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Verfügung. Das weitere Medium kann hierbei von außerhalb oder innerhalb der Dampfkraftwerks bereitgestellte Umgebungsluft sein.

[0014] Die oben genannte Aufgabe wird auch durch ein Verfahren zum Verdampfen eines Arbeitsmediums in einer Wärmekraftanlage gelöst, das die Schritte umfasst

[0015] Zuführen des Arbeitsmediums in einem flüssigen Zustand zu einem Verdampfer;

Zuführen eines von dem Arbeitsmedium verschiedenen wärmezuführenden Mediums mit einer ersten Temperatur von einer Wärmequelle zu dem Verdampfer, und Rückführen zumindest eines Teils des wärmezuführenden Mediums nach Passieren des Verdampfers und mit einer zweiten Temperatur, die geringer als die erste Temperatur ist, und/oder Zuführen eines weiteren Mediums (beispielsweise von Umgebungsluft) in den Strom des von der Wärmequelle zu dem Verdampfer gelieferten wärmezuführenden Mediums.

[0016] Der Schritt des Rückführens des zumindest einen Teils des wärmezuführenden Mediums nach Passieren des Verdampfers bzw. des Zuführens des weite-

ren Mediums, z.B. von Umgebungsluft, kann mithilfe eines Gebläses und/oder einer Unterdruckeinrichtung durchgeführt werden. Der zumindest eine Teil des wärmezuführenden Mediums kann nach Passieren des Verdampfers mit dem Strom des von der Wärmequelle zu dem Verdampfer gelieferten wärmezuführenden Mediums mit der ersten Temperatur über den Umfang dieses Stroms verteilt gemischt werden. Auch das weitere Medium kann über den Umfang des Stroms des von der Wärmequelle zu dem Verdampfer gelieferten wärmezuführenden Mediums zugeführt werden. Das Arbeitsmedium kann ein organisches Material sein oder umfassen und das wärmezuführende Medium Rauchgas sein oder umfassen.

[0017] In sämtlichen oben beschriebenen Beispielen für das erfindungsgemäße Verfahren bzw. die erfindungsgemäße Vorrichtung kann dadurch eine erhöhte Flexibilität in der Anpassung der Mischtemperatur des wärmezuführenden Mediums bei Eintritt in den Wärmeübertrager bereitgestellt werden, dass das wärmezuführende Medium nach Austritt aus dem Wärmeübertrager wunschgemäß erwärmt oder gekühlt wird. Somit kann in den oben beschriebenen Verfahrensweiterbildungen das wärmezuführende Medium nach Passieren des Verdampfers und vor dem Zuführen zu dem Strom des von der Wärmequelle zu dem Verdampfer gelieferten wärmezuführenden Mediums auf die zweite Temperatur erwärmt oder gekühlt werden. Auch das weitere Medium, wie Außenluft, kann vor dem Zuführen zu dem Strom des von der Wärmequelle zu dem Verdampfer gelieferten wärmezuführenden Mediums erwärmt oder gekühlt werden.

[0018] Weiterhin kann in den obigen Beispielen das Verfahren weiterhin die Schritte des Zuführens des in dem Verdampfer verdampften Arbeitsmediums zu einer Expansionsmaschine zum Entspannen des verdampften Arbeitsmediums, des Zuführens des entspannten verdampften Arbeitsmediums zu einem Kondensator zum Verflüssigen des entspannten verdampften Arbeitsmediums und des Zuführens des verflüssigten Arbeitsmediums zu dem Verdampfer umfassen.

[0019] Weitere Merkmale und beispielhafte Ausführungsformen sowie Vorteile der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es versteht sich, dass die Ausführungsformen nicht den Bereich der vorliegenden Erfindung erschöpfen. Es versteht sich weiterhin, dass einige oder sämtliche der im Weiteren beschriebenen Merkmale auch auf andere Weise miteinander kombiniert werden können.

Figur 1 stellt eine Prinzipskizze für eine herkömmliche ORC-Anlage ohne (links) und mit (rechts) einem Zwischenkreislauf dar.

Figur 2 stellt eine Prinzipskizze für ein Beispiel einer ORC-Anlage gemäß der vorliegenden Erfindung dar.

Figur 3 zeigt TQ - Diagramme für ein herkömmliches Verdampfungsverfahren durch Direktverdampfung (links) und das erfindungsgemäße Verfahren unter Einbezug rezirkulierten abgekühlten Rauchgases (rechts).

Figur 4 zeigt eine Ausbildung für ein Mischstück zum Mischen heißen Rauchgases und abgekühlten rezirkulierten Rauchgases.

[0020] Figur 1 zeigt eine herkömmliche ORC-Anlage mit Direktverdampfung (links) bzw. mit einem Zwischenkreislauf (rechts). Einem Verdampfer 1, der als Wärmeübertrager oder Wärmeübertrager fungiert, wird Wärme von einer Wärmequelle (nicht gezeigt) beispielsweise durch ein Rauchgas, das bei der Verbrennung eines Brennstoffs entsteht, zugeführt, wie es jeweils durch den linken Pfeil im linken Teil der Figur 1 angezeigt ist.

[0021] In dem Verdampfer 1 wird einem durch eine Speisepumpe 2 zugeführten Arbeitsmedium Wärme zugeführt. Beispielsweise wird es vollständig verdampft oder auch mittels Flash-Verdampfung nach dem Wärmeübertrager verdampft. Der Arbeitsmediumsdampf wird über eine Druckleitung einer Turbine 3 zugeleitet. In der Turbine wird der Arbeitsmediumsdampf entspannt, und die Turbine 3 treibt einen Generator 4 zur Gewinnung elektrischer Energie (angezeigt jeweils durch den rechten Pfeil in der Figur 1) an. Der entspannte Arbeitsmediumsdampf wird in einem Kondensator 5 kondensiert und das verflüssigte Arbeitsmedium wird über die Speisepumpe wieder dem Verdampfer 1 zugeführt.

[0022] Wird ein Zwischenkreislauf 6 verwendet, wie es in dem rechten Teil der Figur 1 gezeigt ist, erfolgt der Wärmeübertrag des Rauchgases nicht direkt an dem Verdampfer an das Arbeitsmedium, sondern mittels eines Mediums, beispielsweise eines Thermoöls, des Zwischenkreislaufes 6. Der Zwischenkreislauf 6 umfasst einen Wärmeübertrager 7, an dem das Rauchgas Wärme an das Medium des Zwischenkreislaufes 6 überträgt. Dem Wärmeübertrager 7 wird das Medium des Zwischenkreislaufes 6 durch eine Pumpe 8 geliefert. Von dem Wärmeübertrager 7 gelangt das Medium des Zwischenkreislaufes 6 zu dem Verdampfer 1, an dem es zur Verdampfung des Arbeitsmediums, das an die Turbine 3 geliefert wird, führt.

[0023] In Figur 2 ist eine beispielhafte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht. Elemente, die mit Bezug auf den in Figur 1 gezeigten Stand der Technik bereits beschrieben wurden, sind mit denselben Bezugszeichen versehen. Im Gegensatz zum Stand der Technik wird das Medium (z.B. ein Rauchgas), das zum Verdampfen des Arbeitsmediums verwendet wird, nach dem Beaufschlagen des Verdampfers 1 teilweise der ORC-Anlage wieder zu geführt. So wird ein Teil des nach Beaufschlagung des Verdampfers 1 abgekühlten Rauchgases 10 beispielsweise mithilfe eines (Rezirkulations-)Gebläses 9 dem Strom des von einer Wärmequelle stammenden heißen Rauchgas beige-

mengt.

[0024] Die ORC-Anlage selbst kann beispielsweise eine geothermische oder solarthermische Anlage sein oder auch die Verbrennung fossiler Brennstoffe als Wärmequelle aufweisen. Als Arbeitsmedien kommen sämtliche in herkömmlichen ORC-Anlagen verwendeten „trockenen Medien“, wie R245fa, „nasse“ Medien, wie Ethanol oder „isentropische Medien“, wie R134a, in Frage. Ebenso können synthetische Arbeitsmedien auf Silikonbasis, wie GL160, Verwendung finden.

[0025] Gemäß der obigen Beschreibung besteht somit in der gezeigten Ausführungsform nicht die Gefahr der Zerstörung des Arbeitsmediums durch Übertemperaturen infolge von Betriebsstörungen, wie einem Ausfall der Speisepumpe 5 oder durch eine inhomogene Durchströmung des Verdampfers mit dem wärmezuführenden Medium (Rauchgas).

[0026] Dies ist nicht der einzige Vorteil der erfindungsgemäßen Ausbildung. Figur 3 zeigt einen Vergleich der Temperatur - übertragbare Wärme - (TQ -) Diagramme für ein herkömmliches Verdampfungsverfahren durch Direktverdampfung (links) und das erfindungsgemäße Verfahren unter Einbezug des rezirkulierten abgekühlten Rauchgases. Im Vergleich zu der direkten Beaufschlagung des Verdampfers 1 mit heißem Rauchgas sinkt unter Verwendung der Rezirkulation zumindest ein Teil des abgekühlten Rauchgases nach dem Passieren des Verdampfers 1 die Eintrittstemperatur des wärmetransportierenden Mediums am Verdampfer 1. Zudem nimmt die Steigung der Abkühlkurve ab, jedoch nicht so stark wie es durch die bloße Abnahme der Rauchgastemperatur bedingt wäre, da dieser Effekt zum Teil durch den größeren Massenstrom kompensiert wird.

[0027] Die Restwärme des rezirkulierten abgekühlten Rauchgases, die in herkömmlichen Verfahren schlicht verloren geht, wird für die Wärmeübertragung im Verdampfer 1 wieder zur Verfügung gestellt und ist in der rechten Abbildung der Figur 3 mithilfe des schraffierten Balkens gekennzeichnet. Der Pinch-Point der nächsten Annäherung der TQ-Kurven von Rauchgas und Arbeitsmedium liegt am Ende des Vorwärmers, der typischerweise dem Verdampfer 1 vorgeschaltet ist oder als ein Teil desselben angesehen werden kann, und somit reduziert sich die im Verdampfer 1 übertragbare Wärme bei konstant gehaltener Pinch-Point-Temperatur ΔT_{Pinch} (Temperaturdifferenz zwischen wärmeabgebendem (relativ heißem) und wärmeaufnehmendem (relativ kaltem) Massenstrom, hier die Differenz am Punkt der der nächsten Annäherung der TQ-Kurven von Rauchgas und Arbeitsmedium) nicht.

[0028] Zwar ist gegenüber dem herkömmlichen Verfahren der Temperaturgradient zwischen der Temperatur des Eintritts des gemischten Rauchgases und der Temperatur des Rauchgases bei Austritt aus dem Verdampfer 1 geringer, da jedoch der Verdampfer 1 von einem größeren Massenstrom pro Zeiteinheit durchströmt wird, steigt jedoch der Wärmedurchgangskoeffizient U , so dass für einen gleichen Durchsatz an Rauchgas theo-

retisch keine signifikante Vergrößerung der Fläche A des Verdampfers nötig wird. In praxi wird man jedoch die Fläche anpassen, um den Abgasgegendruck nicht zu sehr steigen zu lassen. Hierbei bestimmt sich der übertragbare Wärmestrom pro Zeiteinheit des Verdampfers 1 zu $U \cdot A \cdot \Delta T_M$, wobei mit ΔT_M die mittlere logarithmische treibende Temperaturdifferenz bezeichnet wird. Typische Raten für den Rezirkulationsmassenstrom liegen im Bereich von 10 bis 60 % des Rauchgasmassenstroms für Mischtemperaturen bei Eintritt des Rauchgases in den Wärmeübertrager von 300 °C bis 200 °C.

[0029] Die zusätzliche Wärmemenge des rezirkulierten Gases führt erfindungsgemäß zu einer Abmilderung des Effekts der Reduktion der übertragbaren Wärmemenge aufgrund der geringeren Rauchgaseintrittstemperatur.

[0030] Im einfachsten Fall kann die Mischung des von einer Wärmequelle zu dem Verdampfer 1 gelieferten heißen Rauchgas und dem abgekühlten Rauchgas, das den Verdampfer 1 passiert hat, durch ein Y-Rohrstück erfolgen. Bei einer derart realisierten Mischung können jedoch heiße Strahlen in dem Mischgas entstehen, die zu einer inhomogenen Beaufschlagung des Verdampfers 1 führen. Prinzipiell kann ein herkömmlicher Gasmischer des Stands der Technik Anwendung finden.

[0031] Eine bessere Vermischung lässt sich erreichen, wenn das abgekühlte Rauchgas, das den Verdampfer 1 passiert hat, über den Umfang des heißen Rauchgasstroms verteilt diesem zugeführt wird. Beispielsweise kann die Mischung über ein Mischstück erfolgen, das einen Teil 21 einer ersten Leitung zum Leiten des heißen Rauchgasstroms mit darin ausgebildeten Öffnungen 22 im Mantel derselben und einen Teil 23 einer zweiten Leitung zum Leiten des rezirkulierten Rauchgases umfasst, wobei der Teil 23 der zweiten Leitung den Teil 21 der ersten Leitung umgibt und außerhalb dieser mit dieser durch eine Dichtung 24 abgedichtet ist, wie es in Figur 4 veranschaulicht ist. Das durch ein Gebläse unter Druck gesetzte rezirkulierte Rauchgas wird durch die Öffnungen 22 in dem Teil des Mantels der ersten Leitung in diese hineingedrückt, so dass es sich homogen mit dem heißen Rauchgas mischen kann.

Patentansprüche

1. Vorrichtung, mit
einem Wärmeübertrager zum Übertragen von Wärme eines wärmezuführenden Mediums auf ein von diesem verschiedenes Arbeitsmedium;
einer ersten Zuführeinrichtung, die dazu ausgebildet ist, einen Strom des wärmezuführenden Mediums mit einer ersten Temperatur von einer Wärmequelle zu dem Wärmeübertrager zu liefern; und
einer zweiten Zuführeinrichtung, die dazu ausgebildet ist, zumindest teilweise das wärmezuführende Medium, nachdem es den Wärmeübertrager passiert hat, und/oder ein weiteres Medium mit einer

- zweiten Temperatur, die niedriger als die erste Temperatur ist, zu dem Strom des wärmezuführenden Mediums mit der ersten Temperatur zu liefern.
2. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 1, in der die erste Zuführeinrichtung eine Unterdruckeinrichtung und/oder die zweite Zuführeinrichtung ein Gebläse und/oder eine Unterdruckeinrichtung umfasst. 5
 3. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, in der die zweite Zuführeinrichtung dazu ausgebildet ist, das wärmezuführende Medium, nachdem es den Wärmeübertrager passiert hat, und/oder das weitere Medium dem Strom des wärmezuführenden Mediums mit der ersten Temperatur derart zuzuführen, dass es diesem über den Umfang des Stroms verteilt zugeführt wird. 10 15
 4. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 3, in der die erste Zuführeinrichtung eine erste Leitung zum Leiten des wärmezuführenden Mediums mit der ersten Temperatur umfasst, und die zweite Zuführeinrichtung eine zweite Leitung zum Leiten des wärmezuführenden Mediums, nachdem es den Wärmeübertrager passiert hat, und/oder zum Leiten des weiteren Mediums umfasst, und worin die Vorrichtung ein Mischstück oder eine Mischstrecke umfasst, das für eine Fluidverbindung des wärmezuführenden Mediums mit der ersten Temperatur in der ersten Leitung und dem wärmezuführenden Medium, nachdem es den Wärmeübertrager passiert hat, und/oder dem weiteren Medium in der zweiten Leitung ausgebildet ist. 20 25 30
 5. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 3, in der das Mischstück oder die Mischstrecke ein Teil der ersten Leitung mit darin ausgebildeten Öffnungen im Mantel derselben und ein Teil der zweiten Leitung, der das Teil der ersten Leitung umgibt, umfasst. 35
 6. Die Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Arbeitsmedium ein organisches Material ist und die Vorrichtung eine Organic Rankine Cycle - Vorrichtung ist, die weiterhin eine Expansionsmaschine, insbesondere eine Turbine, einen Generator und eine Einrichtung zum Liefern des in dem Verdampfer verdampften Arbeitsmediums zu der Turbine umfasst. 40 45
 7. Die Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, weiterhin eine Turbine und einen Generator und einen Kondensator umfassend, wobei letzterer dazu ausgebildet ist, das entspannte Arbeitsmedium nach Durchgang durch die Turbine von dem dampfförmigen in den flüssigen Zustand zu kondensieren. 50 55
 8. Dampfkraftwerk, das die Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche umfasst.
 9. Verfahren zum Verdampfen eines Arbeitsmediums in einer Wärmekraftanlage, mit den Schritten
Zuführen des Arbeitsmediums in einem flüssigen Zustand zu einem Verdampfer;
Zuführen eines von dem Arbeitsmedium verschiedenen wärmezuführenden Mediums mit einer ersten Temperatur von einer Wärmequelle zu dem Verdampfer, und
Rückführen zumindest eines Teils des wärmezuführenden Mediums nach Passieren des Verdampfers und mit einer zweiten Temperatur, die geringer als die erste Temperatur ist, und/oder Zuführen eines weiteren Mediums in den Strom des von der Wärmequelle zu dem Verdampfer gelieferten wärmezuführenden Mediums.
 10. Das Verfahren gemäß Anspruch 9, in dem der Schritt des Rückführens des zumindest einen Teils des wärmezuführenden Mediums nach Passieren des Verdampfers und/oder des Zuführens des weiteren Mediums mithilfe eines Gebläses und/oder einer Unterdruckeinrichtung durchgeführt wird.
 11. Das Verfahren gemäß Anspruch 9 oder 10, in dem der zumindest eine Teil des wärmezuführenden Mediums nach Passieren des Verdampfers und/oder das weitere Medium mit dem Strom des von der Wärmequelle zu dem Verdampfer gelieferten wärmezuführenden Mediums mit der ersten Temperatur über den Umfang dieses Stroms verteilt gemischt wird.
 12. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 9 bis 11, in dem das Arbeitsmedium ein organisches Material ist oder umfasst und das wärmezuführende Medium Rauchgas ist oder umfasst.
 13. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 9 bis 12, in dem das weitere Medium und/oder das wärmezuführende Medium nach Passieren des Verdampfers und vor dem Zuführen zu dem Strom des von der Wärmequelle zu dem Verdampfer gelieferten wärmezuführenden Mediums auf die zweite Temperatur erwärmt oder gekühlt wird.
 14. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 9 bis 13, weiterhin umfassend:
Zuführen des in dem Verdampfer verdampften Arbeitsmediums zu einer Turbine zum Entspannen des verdampften Arbeitsmediums;
Zuführen des entspannten verdampften Arbeitsmediums zu einem Kondensator zum Verflüssigen des entspannten verdampften Arbeitsmediums; und
Zuführen des verflüssigten Arbeitsmediums zu dem Verdampfer.

Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

1. Vorrichtung, mit

einem Wärmeübertrager (1) zum Übertragen von Wärme eines wärmezuführenden Mediums auf ein von diesem verschiedenes Arbeitsmedium; einer ersten Zuführeinrichtung, die dazu ausgebildet ist, einen Strom des wärmezuführenden Mediums mit einer ersten Temperatur von einer Wärmequelle zu dem Wärmeübertrager (1) zu liefern; und einer zweiten Zuführeinrichtung, die dazu ausgebildet ist, zumindest teilweise das wärmezuführende Medium, nachdem es den Wärmeübertrager (1) passiert hat, und/oder ein weiteres Medium mit einer zweiten Temperatur, die niedriger als die erste Temperatur ist, zu dem Strom des wärmezuführenden Mediums mit der ersten Temperatur zu liefern, und einer Einrichtung, die dazu ausgebildet ist, das wärmezuführende Medium nach Passieren des Wärmeübertragers (1) und/oder das weitere Medium vor dem Zuführen zu dem Strom des von der Wärmequelle zu dem Wärmeübertrager (1) gelieferten wärmezuführenden Mediums auf die zweite Temperatur zu erwärmen oder zu kühlen.

2. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 1, in der die erste Zuführeinrichtung eine Unterdruckeinrichtung und/oder die zweite Zuführeinrichtung ein Gebläse (9) und/oder eine Unterdruckeinrichtung umfasst.

3. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, in der die zweite Zuführeinrichtung dazu ausgebildet ist, das wärmezuführende Medium, nachdem es den Wärmeübertrager (1) passiert hat, und/oder das weitere Medium dem Strom des wärmezuführenden Mediums mit der ersten Temperatur derart zuzuführen, dass es diesem über den Umfang des Stroms verteilt zugeführt wird.

4. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 3, in der die erste Zuführeinrichtung eine erste Leitung zum Leiten des wärmezuführenden Mediums mit der ersten Temperatur umfasst, und die zweite Zuführeinrichtung eine zweite Leitung zum Leiten des wärmezuführenden Mediums, nachdem es den Wärmeübertrager (1) passiert hat, und/oder zum Leiten des weiteren Mediums umfasst, und worin die Vorrichtung ein Mischstück oder eine Mischstrecke umfasst, das für eine Fluidverbindung des wärmezuführenden Mediums mit der ersten Temperatur in der ersten Leitung und dem wärmezuführenden Medium, nach-

dem es den Wärmeübertrager (1) passiert hat, und/oder dem weiteren Medium in der zweiten Leitung ausgebildet ist.

5. Die Vorrichtung gemäß Anspruch 3, in der das Mischstück oder die Mischstrecke ein Teil (21) der ersten Leitung mit darin ausgebildeten Öffnungen (22) im Mantel derselben und ein Teil (23) der zweiten Leitung, der das Teil (21) der ersten Leitung umgibt, umfasst.

6. Die Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Arbeitsmedium ein organisches Material ist und die Vorrichtung eine Organic Rankine Cycle - Vorrichtung ist, die weiterhin eine Expansionsmaschine (3), insbesondere eine Turbine, einen Generator (4) und eine Einrichtung zum Liefern des in dem Verdampfer (1) verdampften Arbeitsmediums zu der Turbine umfasst.

7. Die Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, weiterhin eine Turbine (3) und einen Generator (4) und einen Kondensator (5) umfassend, wobei letzterer dazu ausgebildet ist, das entspannte Arbeitsmedium nach Durchgang durch die Turbine (3) von dem dampfförmigen in den flüssigen Zustand zu kondensieren.

8. Dampfkraftwerk, das die Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche umfasst.

9. Verfahren zum Verdampfen eines Arbeitsmediums in einer Wärmekraftanlage, mit den Schritten Zuführen des Arbeitsmediums in einem flüssigen Zustand zu einem Verdampfer (1); Zuführen eines von dem Arbeitsmedium verschiedenen wärmezuführenden Mediums mit einer ersten Temperatur von einer Wärmequelle zu dem Verdampfer (1), Rückführen zumindest eines Teils des wärmezuführenden Mediums nach Passieren des Verdampfers (1) und mit einer zweiten Temperatur, die geringer als die erste Temperatur ist, und/oder Zuführen eines weiteren Mediums in den Strom des von der Wärmequelle zu dem Verdampfer (1) gelieferten wärmezuführenden Mediums, und Kühlen oder Erwärmen des wärmezuführenden Mediums nach Passieren des Verdampfers (1) und/oder des weiteren Mediums vor dem Zuführen zu dem Strom des von der Wärmequelle zu dem Verdampfer (1) gelieferten wärmezuführenden Mediums auf die zweite Temperatur.

10. Das Verfahren gemäß Anspruch 9, in dem der Schritt des Rückführens des zumindest einen Teils des wärmezuführenden Mediums nach Passieren des Verdampfers (1) und/oder des Zuführens des weiteren Mediums mithilfe eines Gebläses (9) und/

oder einer Unterdruckeinrichtung durchgeführt wird.

11. Das Verfahren gemäß Anspruch 9 oder 10, in dem der zumindest eine Teil des wärmezuführenden Mediums nach Passieren des Verdampfers (1) und/oder das weitere Medium mit dem Strom des von der Wärmequelle zu dem Verdampfer (1) gelieferten wärmezuführenden Mediums mit der ersten Temperatur über den Umfang dieses Stroms verteilt gemischt wird.

12. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 9 bis 11, in dem das Arbeitsmedium ein organisches Material ist oder umfasst und das wärmezuführende Medium Rauchgas ist oder umfasst.

13. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 9 bis 12, weiterhin umfassend:
Zuführen des in dem Verdampfer (1) verdampften Arbeitsmediums zu einer Turbine (3) zum Entspannen des verdampften Arbeitsmediums;
Zuführen des entspannten verdampften Arbeitsmediums zu einem Kondensator (5) zum Verflüssigen des entspannten verdampften Arbeitsmediums; und
Zuführen des verflüssigten Arbeitsmediums zu dem Verdampfer (1).

30

35

40

45

50

55

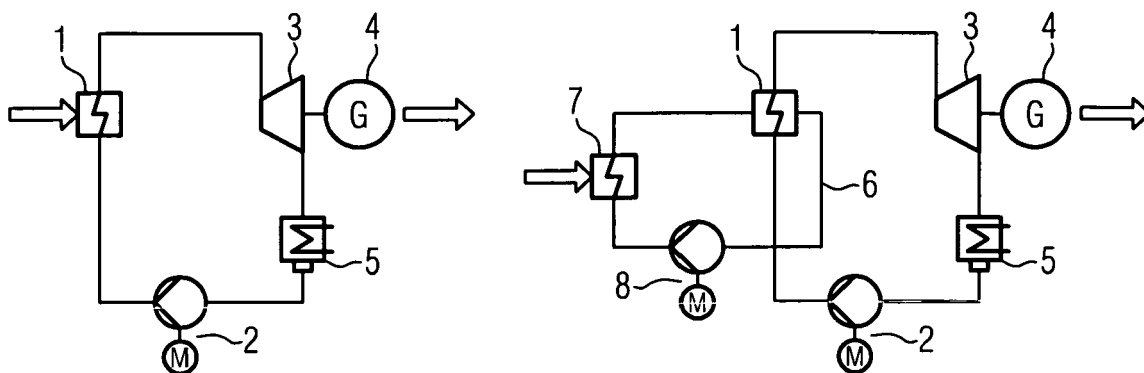


FIG. 1
(Stand der Technik)

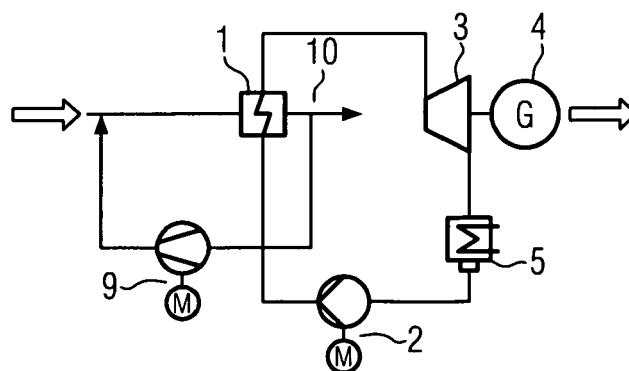


FIG. 2

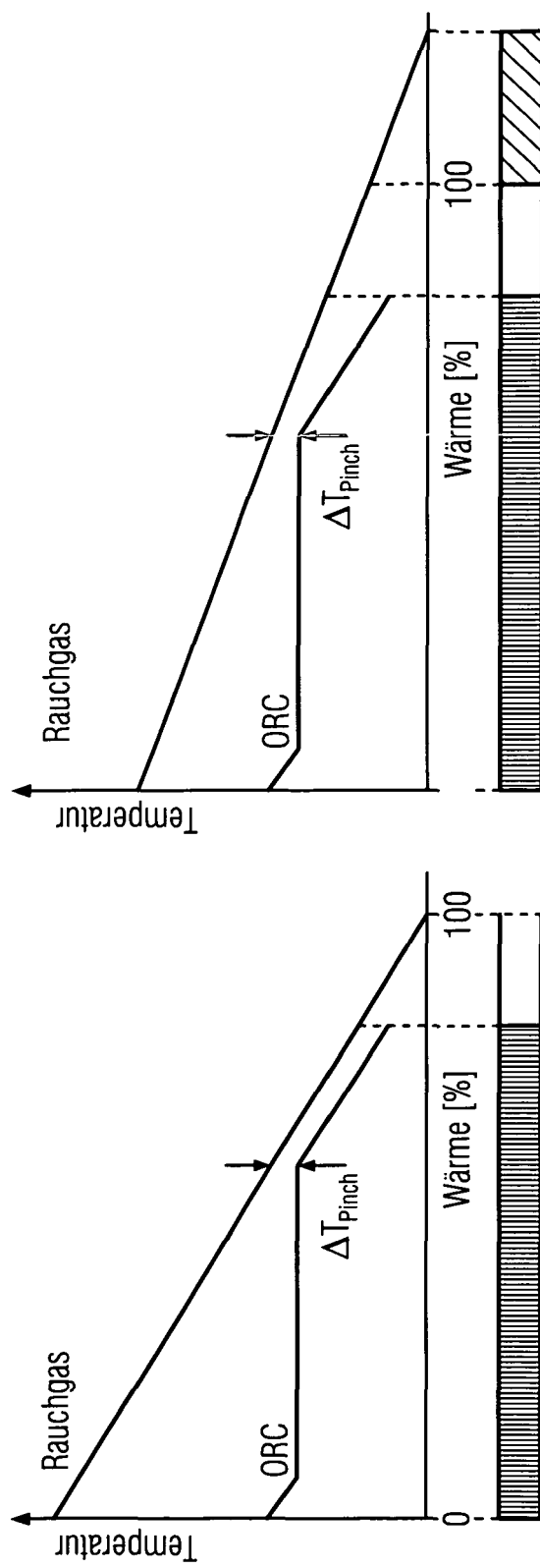


FIG. 3

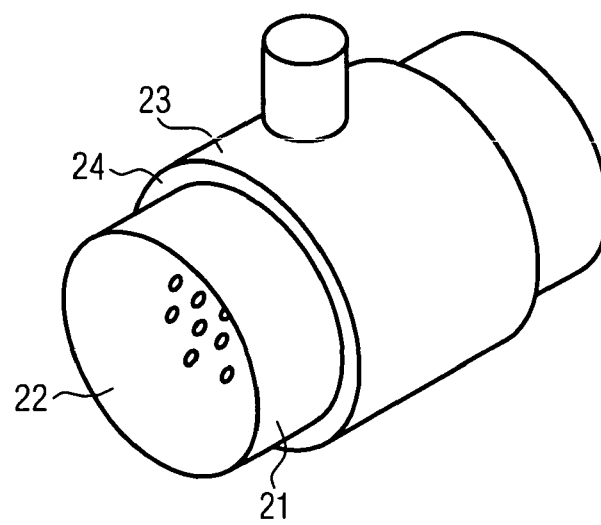


FIG. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 10 01 4706

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 1 221 573 A1 (STOEGER JOSEF JUN [AT]) 10. Juli 2002 (2002-07-10)	1,2,6,9, 10,12,14	INV. F22B35/00
Y	* Abbildung 1 *	3-5,11	F22B1/18 F01K25/10 B01F5/04
X	US 2007/034704 A1 (HU TAILAI [US] ET AL) 15. Februar 2007 (2007-02-15)	1,2, 7-10,13, 14	
Y	* Abbildung 2 *	3-5,11	
Y	DE 29 07 694 A1 (MANNESMANN AG) 28. August 1980 (1980-08-28) * Abbildung 1 *	3-5,11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F22B F01K B01F F23G F23C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 24. Juni 2011	Prüfer Lepers, Joachim
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 : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, 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			

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 10 01 4706

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.

24-06-2011

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1221573 A1	10-07-2002	AT 366393 T	15-07-2007
US 2007034704 A1	15-02-2007	AT 493614 T	15-01-2011
		EP 1917469 A2	07-05-2008
		WO 2007020496 A2	22-02-2007
DE 2907694 A1	28-08-1980	KEINE	

EPO FORM P0461

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