



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
18.05.2011 Patentblatt 2011/20

(51) Int Cl.:
F22B 29/06^(2006.01) F24J 1/00^(2006.01)
F28D 7/08^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09014365.2**

(22) Anmeldetag: **17.11.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
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 SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

- **Band, Dirk**
40878 Ratingen (DE)
- **Hegner, Wolfgang, Dr.**
46236 Bottrop (DE)
- **Tregubow, Vitali**
40880 Ratingen (DE)

(71) Anmelder: **Balcke-Dürr GmbH**
40882 Ratingen (DE)

(74) Vertreter: **Lang, Friedrich et al**
Lang & Tomerius
Patentanwälte
Landsberger Strasse 300
80687 München (DE)

(72) Erfinder:
• **Stahlhut, Jörg**
46569 Hünxe (DE)

(54) **Wärmetauscher zur Dampferzeugung für Solarkraftwerke**

(57) Die Erfindung betrifft einen Wärmetauscher (1) zur Dampferzeugung für Solarkraftwerke, umfassend:
- einen Außenmantel (2) mit einem Einlass- (4) und einem Auslassstutzen (5) für ein wärmeabgebendes Medium,
- einen Eintritts- (6) und einen Austrittssammler (7) für ein wärmeaufnehmendes Medium, vorzugsweise Wasser, wobei der Eintritts- (6) und der Austrittssammler (7) im Wesentlichen innerhalb des Außenmantels (2) angeordnet sind,
- ein Rohrbündel (11) innerhalb des Außenmantels (2) mit einer Anzahl von Rohrlagen (20,30) mit durchgehenden Rohren (21,22,23,24,33,34), welche vom wärmeabgebenden Medium vollständig umströmbar ausgebildet sind und welche als Strömungswege für das wärmeaufnehmende Medium vom Eintrittssammler (6) zum Austrittssammler (7) ausgebildet sind, wobei das Rohrbündel (11) mäanderartig ausgebildet ist, wobei der Wärmetauscher (1) für die Dampferzeugung nach dem Zwangsdurchlauf-Prinzip ausgelegt ist, so dass das in den Eintrittssammler (6) eingespeiste wärmeaufnehmende Medium im Verlauf der Strömungswege nacheinander eine Vorwärmung, eine Verdampfung und eine Überhitzung erfährt, so dass aus dem Austrittssammler (7) ein überhitzter Dampf austritt, und wobei die für die Vorwärmung, Verdampfung und Überhitzung erforderliche Energie im Wesentlichen allein durch die Wärmeübertragung vom wärmeabgebenden Medium auf das wärmeaufnehmende Medium innerhalb des Wärmetauschers (1) zur Verfügung gestellt wird.

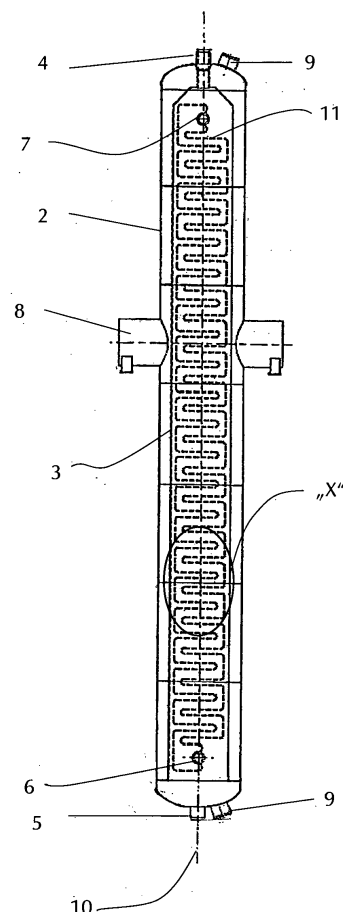


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Wärmetauscher zur Dampferzeugung für Solarkraftwerke.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind modular aufgebaute Wärmetauscher bekannt, welche nach dem sogenannten Umlauf-Prinzip, Natur- oder Zwangsumlauf, arbeiten. Dabei umfasst der Wärmetauscher eine Anzahl von Wärmetauschermodulen, beispielsweise ein Vorwärmermodul, ein oder mehrere Verdampfermodule und ein Überhitzermodul, die mittels jeweiliger Eintritts- und Austrittssammler, Umlaufrohre und einer externen Dampftrommel zu einer funktionellen Einheit zusammengeschaltet werden.

[0003] In Solarkraftwerken treten unter anderem in Abhängigkeit von der Jahreszeit, Tageszeit und auch der Wetterlage häufig große Last- und Temperaturwechsel auf, so dass sich die Auslegung des Dampferzeugers für solarthermische Kraftwerke als schwierig erweist. Schnelle Anfahrsgeschwindigkeiten mit hohen Temperaturgradienten, geringer Platzbedarf sowie geringe Herstellungs- und Betriebskosten sind nur einige der wichtigen Anforderungen an einen Wärmetauscher zur Dampferzeugung für eine Solarkraftanlage.

[0004] Es besteht also Bedarf an noch kompakteren und noch effizienteren Wärmetauschern für Solarkraftanlagen, die zudem kostengünstig hergestellt und sicher betrieben werden können.

[0005] Daher liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Wärmetauscher anzugeben, welcher eine kompakte Bauweise, eine kostengünstige Herstellung sowie einen sicheren Betrieb ermöglicht.

[0006] Die Aufgabe wird gelöst mit einem Wärmetauscher gemäß dem unabhängigen Anspruch. Bevorzugte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen wiedergegeben.

[0007] Der erfindungsgemäße Wärmetauscher zur Dampferzeugung für Solarkraftwerke umfasst einen Außenmantel mit einem Einlass- und einem Auslassstutzen für ein wärmeabgebendes Medium. Ferner umfasst der Wärmetauscher einen Eintritts- und einen Austrittssammler für ein wärmeaufnehmendes Medium, vorzugsweise Wasser, wobei der Eintritts- und der Austrittssammler im Wesentlichen innerhalb des Außenmantels angeordnet sind. Darüber hinaus befindet sich innerhalb des Außenmantels ein Rohrbündel mit einer Anzahl von Rohrlagen mit durchgehenden Rohren, welche vom wärmeabgebenden Medium vollständig umströmbar ausgebildet sind und welche als Strömungswege für das wärmeaufnehmende Medium vom Eintrittssammler zum Austrittssammler ausgebildet sind. Dabei ist das Rohrbündel mäanderartig ausgebildet ist. Der erfindungsgemäße Wärmetauscher ist für eine Dampferzeugung nach dem Zwangsdurchlauf-Prinzip ausgelegt, so dass das in den Eintrittssammler eingespeiste wärmeaufnehmende Medium im Verlauf der Strömungswege nacheinander eine Vorwärmung, eine Verdampfung und eine Überhitzung erfährt, so dass aus dem Austrittssammler ein über-

hitzter Dampf austritt. Dabei wird die für die Vorwärmung, Verdampfung und Überhitzung erforderliche Energie im Wesentlichen nur durch die Wärmeübertragung vom wärmeabgebenden Medium auf das wärmeaufnehmende Medium innerhalb des Außenmantels zur Verfügung gestellt.

[0008] Der Wärmetauscher vereint also mindestens drei verschiedene Apparate, nämlich Vorwärmer, Verdampfer und Überhitzer, in einem. Durch die mäanderartige Anordnung der Rohre erfolgt der Wärmeaustausch nach dem Gegen- bzw. Kreuzstromprinzip. Die mäanderförmigen Rohre werden von einem wärmeaufnehmenden Medium, vorzugsweise Wasser, durchströmt. Durch die mäanderförmige Anordnung der Rohrbündel wird die Baugröße des Wärmetauschers insgesamt verringert, die Wärmeübertragung vom wärmeabgebenden zum wärmeaufnehmenden Medium verbessert und ferner die Thermoelastizität des Aufbaus erhöht.

[0009] Durch die Auslegung des Wärmetauschers zur Dampferzeugung für Solarkraftanlagen nach dem Zwangsdurchlauf-Prinzip, d. h. das eingespeiste wärmeaufnehmende Medium, vorzugsweise Wasser, wird "in einem Durchlauf" vom Eintrittssammler hin zum Austrittssammler vorgewärmt, anschließend verdampft und anschließend überhitzt, wird ein äußerst kompakter und effizienter Dampferzeuger verwirklicht. Anstelle der Verwendung von mehreren, separaten Wärmetauschermodulen, die eine kostenaufwändige und komplizierte Zusammenschaltung benötigen, wird das Wasser, welches in flüssigem Zustand über den Eintrittssammler in den Wärmetauscher eintritt, im Verlauf seiner Strömung innerhalb der Wärmetauscherrohre in Richtung Austrittssammler vorgewärmt, verdampft und überhitzt, so dass über den Austrittssammler ein überhitzter Dampf den Wärmetauscher verlässt, welcher der Dampfturbine zur Stromgewinnung zugeführt werden kann.

[0010] Durch die Einsparung von zusätzlichen Dampftrommeln, Umlaufleitungen und Verbindungen zwischen den Einzelmodulen werden nicht nur Materialkosten in erheblichem Maße reduziert, sondern auch die Herstellungs- und Betriebskosten, da ein Großteil von aufwändigen Schweißarbeiten und die anschließende Prüfung derselben entfallen. Durch den Wegfall der sich außerhalb des Außenmantels befindlichen Bauteile, wie beispielsweise Dampftrommel sowie diversen Rohrleitungen, wird erfindungsgemäß ein kompakter Aufbau ermöglicht und zugleich ein höherer Wirkungsgrad des Wärmetauschers erzielt, da die Wärmeübertragung zur Dampferzeugung im Wesentlichen nur innerhalb des Außenmantels des Wärmetauschers stattfindet und somit keine zusätzlichen Wärmeverluste aufgrund von sich außerhalb des Wärmetauscheraußenmantels befindlichen Bauteile auftreten.

[0011] "Durchgehende Rohre" bedeutet in diesem Zusammenhang, dass jedes Rohr, welches jeweils einen Strömungsweg für das wärmeaufnehmende Medium definiert, zwischen dem Eintrittssammler und dem Austrittssammler keinerlei Verzweigungs- oder Vermischungs-

stellen aufweist. Die Rohre verlaufen zudem vollständig "innerhalb des Außenmantels", das bedeutet, dass keine Teile des Rohrbündels sich außerhalb des Außenmantels befinden und dass die Rohre vollständig vom wärmeabgebenden Medium umströmt werden. Es werden also keinerlei externe Energiequellen benötigt, die eine Vorwärmung, Verdampfung oder Überhitzung fördern. Die Heizflächen der durchgehenden Rohre selbst bilden also in Strömungsrichtung betrachtet nacheinander die Vorwärmer-, Verdampfer- und Überhitzerzone. Äußerlich sind diese einzelnen "Zonen" nicht erkennbar, da nur ein Rohrbündel zwischen dem Eintrittssammler und dem Austrittssammler angeordnet ist und das Rohrbündel einen gleichbleibenden Verlauf mit sich wiederholendem Mäander-Muster aufweist.

[0012] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung kann der Wärmetauscher entweder horizontal oder vertikal aufgestellt werden. Die vertikale Aufstellung jedoch ist bevorzugt, da sie eine noch bessere Flächennutzung erlaubt. Dabei können mehrere der erfindungsgemäßen Wärmetauscher nebeneinander parallel auf einer relativ kleinen Fläche betrieben werden. Bei thermischen Solarkraftanlagen sind die Platzverhältnisse ungünstig, da die Parabolrinnenkollektoren sehr viel Platz einnehmen. Die platzsparende Bauweise der erfindungsgemäßen Wärmetauscher erlaubt eine fast ortsungebundene Aufstellung, so dass die Strömungswege der aufgeheizten Medien zum Wärmetauscher zweckmäßiger Weise verkürzt werden können. Die Temperaturen des wärmeabgebenden Mediums bei Eintritt in den Wärmetauscher sind höher, so dass die Wärmeausbeute besser wird.

[0013] Eine weitere bevorzugte Ausführungsvariante der Erfindung sieht vor, dass das Rohrbündel bei vertikaler Aufstellung eine Anzahl von vertikalen Rohrlagen aufweist, wobei jede Rohrlage aus einer gleichen Anzahl von Rohren gebildet wird, und dass die Rohrlagen so angeordnet sind, dass die Rohre der einzelnen Rohrlagen in horizontaler Richtung genau nebeneinander liegend ausgerichtet sind, wobei die Strömungsrichtungen des wärmeaufnehmenden Mediums in den horizontal benachbarten, quer zur Mittelachse des Außenmantels angeordneten Rohrabschnitten entgegengesetzt sind. Die Ausführung der Rohrbündel in einzelnen Rohrlagen ermöglicht eine extrem kompakte Bauweise. Dadurch dass die Rohre horizontal genau nebeneinander liegen, können herkömmliche Abstandhalter zwischen den Rohren verwendet werden. Die entgegengesetzte Strömung in den horizontal benachbarten Rohrabschnitten, die quer zur Mittelachse des Außenmantels angeordnet sind, begünstigt die symmetrische Temperaturverteilung im Wärmetauscher in Bezug auf die Mittelachse. Entsprechendes gilt auch bei der horizontalen Aufstellung des Wärmetauschers. In diesem Fall liegen dann die Rohrlagen gegenüber der vertikalen Aufstellung um 90° verdreht, horizontal übereinander.

[0014] Vorzugsweise weisen der Eintritts- und der Austrittssammler einen kreisförmigen Querschnitt auf.

Dabei sind die Rohre einer Rohrlage auf einer Umfangslinie des Eintritts- bzw. Austrittssammlers voneinander um einen gleichen Winkel versetzt mit dem Eintritts- bzw. Austrittssammler verbunden. Auf diese Weise wird das Herstellungsverfahren erleichtert, da genug Platz für Schweißarbeiten, spanende Fertigung oder sonstige Arbeiten an den Sammlern geboten wird.

[0015] Weiterhin bevorzugt, sind die Rohre der benachbarten Rohrlagen so mit dem Eintritts- bzw. Austrittssammler verbunden, dass die Rohre der einen Rohrlage bezüglich der Rohre der benachbarten Rohrlage um einen Winkel versetzt auf einer benachbarten Umfangslinie des jeweiligen Eintritts- und Austrittssammlers angeordnet sind. Hierdurch können die Umfangsflächen der Ein- bzw. Austrittssammler optimal ausgenutzt werden, so dass die Anordnung der Rohrlagen kompakt gestaltet werden kann. Es bleibt immer noch genügend Platz für Schweißarbeiten, spanende Fertigung oder sonstige Arbeiten an den Sammlern.

[0016] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist das Rohrbündel einen separaten Abschnitt auf, in dem vorwiegend die Vorwärmung des wärmeaufnehmenden Mediums stattfindet. Der separate Vorwärmerabschnitt kann beispielsweise durch eine örtliche Trennung innerhalb des Außenmantels realisiert werden. Es ist auch möglich, die Strömung des wärmeabgebenden Medium und folglich die Temperaturverteilung im Wärmetauscher so zu steuern, dass in diesem Vorwärmerabschnitt hauptsächlich die Vorwärmung des wärmeaufnehmenden Mediums stattfindet. Alternativ könnte auch die Vorwärmung komplett außerhalb des Außenmantels, d. h. in einem separaten Vorwärmer, erfolgen. In diesem Fall wäre der erfindungsgemäße Wärmetauscher vorwiegend für die Verdampfung und die Überhitzung des wärmeaufnehmenden Mediums ausgelegt.

[0017] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist das Rohrbündel einen separaten Abschnitt auf, in dem vorwiegend die Verdampfung des wärmeaufnehmenden Mediums stattfindet. Der separate Verdampferabschnitt kann beispielsweise durch eine örtliche Trennung innerhalb des Außenmantels realisiert werden. Es ist auch möglich, die Strömung des wärmeabgebenden Medium und folglich die Temperaturverteilung im Wärmetauscher so zu steuern, dass in diesem Verdampferabschnitt hauptsächlich die Verdampfung des wärmeaufnehmenden Mediums stattfindet. Alternativ könnte auch die Verdampfung komplett außerhalb des Außenmantels, d. h. in einem separaten Verdampfer, erfolgen. In diesem Fall wäre der erfindungsgemäße Wärmetauscher vorwiegend für die Vorwärmung und die Überhitzung des wärmeaufnehmenden Mediums ausgelegt.

[0018] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung weist das Rohrbündel einen separaten Abschnitt auf, in dem vorwiegend die Überhitzung des wärmeaufnehmenden Mediums stattfindet. Der separate Überhitzerabschnitt kann beispielsweise durch eine ört-

liche Trennung innerhalb des Außenmantels realisiert werden. Es ist auch möglich, die Strömung des wärmeabgebenden Medium und folglich die Temperaturverteilung im Wärmetauscher so zu steuern, dass in diesem Überhitzerabschnitt hauptsächlich die Überhitzung des wärmeaufnehmenden Mediums stattfindet. Alternativ könnte auch die Überhitzung komplett außerhalb des Außenmantels, d. h. in einem separaten Überhitzer, erfolgen. In diesem Fall wäre der erfindungsgemäße Wärmetauscher vorwiegend für die Vorwärmung und die Verdampfung des wärmeaufnehmenden Mediums ausgelegt.

[0019] Vorzugsweise sind die Rohre über Nippel mit dem Eintritts- und Austrittssammler verbunden. Hierdurch wird die Verbindung des kompakten Rohrbündels am Eintritts- und Austrittssammler vereinfacht. Die Verbindung zwischen den Nippeln und den einzelnen Rohren erfolgt vorzugsweise stoffschlüssig, beispielsweise durch Schweißen. Der Schweißvorgang kann automatisiert ablaufen. Anschließend werden die Schweißnähte einzeln überprüft, beispielsweise mit Hilfe des Röntgens.

[0020] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Rohre ohne Nippel direkt mit dem Eintritts- bzw. Austrittssammler verbunden. Auch in diesem Fall erfolgt die Verbindung zwischen den Sammlern und den einzelnen Rohren vorzugsweise stoffschlüssig, beispielsweise durch Schweißen. Der Schweißvorgang kann auch hier automatisiert ablaufen. Anschließend werden die Schweißnähte einzeln überprüft, beispielsweise mit Hilfe des Röntgens.

[0021] Vorzugsweise sind die Nippel ihrerseits stoffschlüssig, beispielsweise mittels Schweißen, mit dem Eintritts- und Austrittssammler verbunden. Auch hier kann der Schweißvorgang automatisch ablaufen.

[0022] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung sind die Nippel direkt aus dem Material des Eintritts- bzw. Austrittssammlers spanend gefertigt. Beispielsweise können die Nippel aus dem zunächst rohrförmigen Material des Eintritts- bzw. Austrittssammlers herausgefräst sein. Hierdurch werden eventuelle Schäden infolge von Schweißarbeiten verringert. Zudem entfällt hierdurch die Prüfung der einzelnen Schweißnähte zwischen den Nippeln und dem jeweiligen Sammler.

[0023] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung sind die Rohre des Rohrbündels in einem Innengehäuse angeordnet, welches konzentrisch innerhalb des Außenmantels angeordnet ist und eine Ein- und eine Austrittsöffnung für das wärmeabgebende Medium aufweist. Das Querschnittsprofil des Innengehäuses ist vorzugsweise rechteckig, so dass das Rohrbündel möglichst eng von diesem Innengehäuse umschlossen wird. Durch die zusätzliche Umschließung der wärmeaustauschenden Komponenten wird eine weitere Isolierung zwischen den Wärmetauschermodulen und der Umgebung geschaffen. Dabei können die Eintritts- und die Austrittsöffnung des Innengehäuses mit dem korrespondierenden Einlass- bzw. Auslassstutzen derart verbunden sein, dass ein abgetrennter Raum zwischen dem Außen-

mantel und dem Innengehäuse geschaffen wird. Alternativ kann auch eine Strömung des wärmeabgebenden Medium entlang der Innenwandung des Außenmantels zugelassen werden.

[0024] In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind der Einlass- und der Auslassstutzen für das wärmeabgebende Medium bei der vertikalen Aufstellung des Wärmetauschers im unteren Teil des Außenmantels angeordnet. Hierdurch wird die Kompaktheit des Wärmetauschers noch weiter erhöht. Ferner werden dadurch die Wartungsarbeiten erleichtert, da die mantelseitigen Anschlüsse in greifbarer Bodennähe angeordnet sind. Dabei wird der Raum zwischen dem Außenmantel und dem Innengehäuse als Strömungskanal für das wärmeabgebende Medium genutzt. Das heiße wärmeabgebende Medium tritt über den Einlassstutzen des Außenmantels und die Eintrittsöffnung des Innengehäuses in das Innere des Innengehäuses und strömt nach oben. Anschließend strömt das wärmeabgebende Medium durch den ringförmigen Strömungskanal, welcher durch die konzentrische Anordnung des Außenmantels und des Innengehäuses entsteht, zurück nach unten, wo es dann über den Auslassstutzen den Außenmantel verlässt. Auf diese Weise wird die Verweilzeit des wärmeabgebenden Mediums im Wärmetauscher verlängert, so dass die Wärmeübertragung zum wärmeaufnehmenden Medium insgesamt verbessert wird.

[0025] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Figuren näher beschrieben. Es zeigen schematisch:

- Fig. 1 eine Seitenansicht einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Wärmetauschers;
- Fig. 2 eine Schnittansicht entlang der Linie A-A aus Fig. 1;
- Fig. 3 eine Detailansicht "X" aus Fig. 2;
- Fig. 4 eine Schnittansicht entlang der Linie B-B aus Fig. 3;
- Fig. 5 eine Detailansicht des Eintrittssammlers aus Fig. 1 und 2;
- Fig. 6 eine Draufsicht des Eintrittssammlers aus Fig. 5;

[0026] Figuren 1 und 2 zeigen ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Wärmetauschers 1. Der Wärmetauscher 1 ist in platzsparender Weise vertikal aufgestellt. In dem Außenmantel 2 befindet sich ein Innengehäuse 3, welches ein rechteckiges Querschnittsprofil aufweist. In dem Innengehäuse 3 sind die mäanderförmig verlaufenden Rohre des Rohrbündels 11 angeordnet. Das wärmeaufnehmende Medium, beispielsweise Wasser, tritt über den Eintrittssammler 6 in den Wärmetauscher 1 ein. Nach dem Durchströmen der Rohre des Rohrbündels 11 tritt es über den Austrittssammler 7 aus

dem Wärmetauscher 1 heraus. Auf dem Weg vom Eintrittssammler 6 zum Austrittssammler 7 wird das Wasser vorgewärmt, anschließend verdampft und anschließend überhitzt. Der aus dem Wärmetauscher 1 austretende überhitzte Dampf wird zur Stromerzeugung in die nachgeschaltete Dampfturbine (nicht dargestellt) geleitet. Äußerlich sind die einzelnen "Zonen", nämlich Vorwärmer, Verdampfer und Überhitzer, nicht erkennbar. Der nach dem Zwangsdurchlauf-Prinzip, beispielsweise Benson-Prinzip, arbeitende Wärmetauscher 1 zur Dampferzeugung erzeugt aus dem Speisewasser, das in flüssiger Form in den Eintrittssammler eintritt, im Laufe der Strömung innerhalb des Wärmetauschers 1 einen überhitzten Wasserdampf, welcher dem Austrittssammler 7 entnommen werden kann. Damit entfallen die üblicherweise verwendeten Dampftrömmeln, Umlaufrohre, Eintritts- und Austrittssammler sowie unzählige Schweißnähte, so dass die Kompaktheit erhöht wird und die Produktionskosten eingespart werden. Die Pratzen 8 dienen der Montage des Wärmetauschers 1. Über die Mannlöcher 9, die durchsichtige Glasfenster und/oder Verschlussmittel aufweisen, können in einfacher Weise Wartungsarbeiten durchgeführt werden.

[0027] Beim wärmeabgebenden Medium handelt es sich um vorzugsweise Thermoöl, welches in den Absorberrohren der Parabolrinnen auf ca. 400 °C erhitzt wird. Alternativ können flüssige Salze oder andere geeignete Wärmeträgermedien verwendet werden. Das Thermoöl tritt über den Einlassstutzen 4 des Außenmantels 2 in den Wärmetauscher 1 ein. Von dort strömt es in Richtung des Auslassstutzens 5 und umströmt dabei das mäanderartig geformte Rohrbündel 11. Nach dem das Thermoöl einen Teil seiner Wärmeenergie an das Wasser abgegeben hat, tritt es über den Austrittsstutzen 5 aus dem Wärmetauscher 1 heraus.

[0028] Gemäß einem nicht dargestellten Ausführungsbeispiel kann die mantelseitige Strömung des Thermoöl derart geleitet werden, dass das Thermoöl im unteren Teil des Wärmetauschers 1 ein- und austritt. Dabei dient der Raum zwischen dem Innengehäuse 3 und dem Außenmantel 2 als Strömungsweg für das nach unten strömende Thermoöl. In diesem Fall sind sowohl der Einlass- als auch der Auslassstutzen im unteren Bereich des vertikal aufgestellten Wärmetauschers 1 angeordnet.

[0029] In Figur 2 sind zwei Rohre einer Rohrlage angedeutet. Selbstverständlich kann die Anzahl der Rohre sowie der Rohrlagen eines Rohrbündels 11 den unterschiedlichen Bedingungen entsprechend angepasst werden. So ist beispielsweise in Figur 3 eine Rohrlage 20 mit vier Rohren 21, 22, 23, 24 dargestellt. Darin ist deutlich das mäanderartige Muster des Rohrbündels 11 erkennbar.

[0030] Figur 4 verschaulicht die Anordnung der einzelnen Rohrlagen 20, 30 zueinander. In den Rohrabschnitten 15 (Fig. 3), die quer zur Mittelachse 10 des Außenmantels 1 angeordnet sind, weist jedes Rohr bezüglich seines horizontal benachbarten Rohres bei vertikaler

Aufstellung eine entgegengesetzte Richtung der Rohrströmung auf. Dies bedeutet beispielsweise, dass die Strömung im Rohr 21 der Strömung im horizontal benachbarten Rohr 34 entgegengesetzt ist. Diese entgegengesetzte Strömung in den jeweils benachbarten Rohrlagen 20, 30 sorgt zusätzlich für eine gleichmäßige Temperaturverteilung innerhalb des Wärmetauschers 1. Aufgrund der gleichmäßigen und kompakten Anordnung von Rohren und Rohrlagen zueinander können einfache Abstandshalter 12 verwendet werden.

[0031] In Figur 5 wird ein erfindungsgemäßer Sammler vergrößert dargestellt. Es handelt sich hierbei um den Eintrittssammler 6. Eintritts- und Austrittssammler 6, 7 unterscheiden sich nur geringfügig voneinander. Gut erkennbar sind die Nippel 22a, 33a, die der Befestigung der Rohre 22, 33 am Eintrittssammler 6 dienen. Die Nippel 21 a, 22a, 23a, 24a und somit auch die Rohre 21, 22, 23, 24 der ersten Rohrlage 20 liegen auf einer ersten Umfangslinie 13 und münden jeweils um einen gleichen Winkel α versetzt in den Sammler 6. Ebenso münden die Rohre 31, 32, 33, 34 mit den jeweiligen Nippeln 31a, 32a, 33a, 34a auf einer benachbarten Umfangslinie 14 um den gleichen Winkel α versetzt in den Sammler 6.

[0032] Figur 6 zeigt eine Draufsicht auf den Sammler 6. Der Winkel α , um den ein Rohr einer Lage vom nächsten Rohr der gleichen Lage versetzt ist, beträgt in diesem Fall jeweils 45°. Die zweite Lage 30, die zur ersten Lage 20 benachbart ist, ist auf dem Sammler 6 gegenüber der ersten Lage 20 um genau $\beta = 22,5^\circ$ versetzt angeordnet, so dass die Rohre 31, 32, 33, 34 der zweiten Lage 30 in Figur 6 jeweils mittig zwischen den Rohren 21, 22, 23, 24 der ersten Lage 20 sichtbar sind. Durch diese regelmäßig horizontal und vertikal versetzte Anordnung von Nippeln am Sammler 6 bleibt trotz der hohen Kompaktheit immer ein genügender Abstand für Schweißarbeiten oder weitere Fertigungsschritte.

Patentansprüche

1. Wärmetauscher (1) zur Dampferzeugung für Solarkraftwerke, umfassend:

- einen Außenmantel (2) mit einem Einlass- (4) und einem Auslassstutzen (5) für ein wärmeabgebendes Medium,
- einen Eintritts- (6) und einen Austrittssammler (7) für ein wärmeaufnehmendes Medium, vorzugsweise Wasser, wobei der Eintritts- (6) und der Austrittssammler (7) im Wesentlichen innerhalb des Außenmantels (2) angeordnet sind,
- ein Rohrbündel (11) innerhalb des Außenmantels (2) mit einer Anzahl von Rohrlagen (20, 30) mit durchgehenden Rohren (21, 22, 23, 24, 33, 34), welche vom wärmeabgebenden Medium vollständig umströmbar ausgebildet sind und welche als Strömungswege für das wärmeaufnehmende Medium vom Eintrittssammler (6)

- zum Austrittssammler (7) ausgebildet sind,
- wobei das Rohrbündel (11) mäanderartig ausgebildet ist,
- wobei der Wärmetauscher (1) für die Dampferzeugung nach dem Zwangsdurchlauf-Prinzip ausgelegt ist, so dass das in den Eintrittssammler (6) eingespeiste wärmeaufnehmende Medium im Verlauf der Strömungswege nacheinander eine Vorwärmung, eine Verdampfung und eine Überhitzung erfährt, so dass aus dem Austrittssammler (7) ein überhitzter Dampf austritt, und wobei die für die Vorwärmung, Verdampfung und Überhitzung erforderliche Energie im Wesentlichen allein durch die Wärmeübertragung vom wärmeabgebenden Medium auf das wärmeaufnehmende Medium innerhalb des Wärmetauschers (1) zur Verfügung gestellt wird.
2. Wärmetauscher (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wärmetauscher (1) horizontal oder vertikal aufstellbar ist, wobei der Wärmetauscher (1) vorzugsweise vertikal aufgestellt ist.
 3. Wärmetauscher (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wärmetauscher (1) bei vertikaler Aufstellung eine Anzahl von vertikal benachbarten Rohrlagen (20, 30) aufweist, wobei jede Rohrlage (20, 30) aus einer gleichen Anzahl von Rohren (21, 22, 23, 24, 33, 34) gebildet wird, und dass die Rohrlagen (20, 30) so angeordnet sind, dass die Rohre (21, 22, 23, 24, 33, 34) der einzelnen Rohrlagen (20, 30) in horizontaler Richtung genau nebeneinander liegend ausgerichtet sind, wobei die Strömungsrichtungen des wärmeaufnehmenden Mediums in den horizontal benachbarten, quer zur Mittelachse (10) des Außenmantels (2) angeordneten Rohrabschnitten (15) entgegengesetzt sind.
 4. Wärmetauscher (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Eintritts- (6) und der Austrittssammler (7) einen kreisförmigen Querschnitt aufweisen, und die Rohre (21, 22, 23, 24) einer Rohrlage (20) auf einer Umfangslinie (13) des Eintritts- (6) und Austrittssammlers (7) voneinander um einen gleichen Winkel (α) versetzt mit dem Eintritts- (6) und Austrittssammler (7) verbunden sind.
 5. Wärmetauscher (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rohre (21, 22, 23, 24, 33, 34) der benachbarten Rohrlagen (20, 30) so mit dem Eintritts- (6) und Austrittssammler (7) verbunden sind, dass die Rohre (33, 34) der einen Rohrlage (30) bezüglich der Rohre (21, 22, 23, 24) der benachbarten Rohrlage (20) um einen Winkel (β) versetzt auf einer benachbarten Umfangslinie (14) des Eintritts- (6) und Austrittssammlers (7) angeordnet sind.
 6. Wärmetauscher (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohrbündel (11) einen separaten Abschnitt aufweist, in dem vorwiegend die Vorwärmung des wärmeaufnehmenden Mediums stattfindet.
 7. Wärmetauscher (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohrbündel (11) einen separaten Abschnitt aufweist, in dem vorwiegend die Verdampfung des wärmeaufnehmenden Mediums stattfindet.
 8. Wärmetauscher (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohrbündel (11) einen separaten Abschnitt aufweist, in dem vorwiegend die Überhitzung des wärmeaufnehmenden Mediums stattfindet.
 9. Wärmetauscher (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rohre (21, 22, 23, 24, 33, 34) über Nippel (21 a, 22a, 23a, 24a, 31 a, 32a, 33a, 34a) mit dem Eintritts- (6) bzw. Austrittssammler (7) verbunden sind.
 10. Wärmetauscher (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rohre (21, 22, 23, 24, 33, 34) ohne Nippel direkt mit dem Eintritts- (6) bzw. Austrittssammler (7) verbunden sind.
 11. Wärmetauscher (1) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Nippel (21a, 22a, 23a, 24a, 31a, 32a, 33a, 34a) stoffschlüssig mit dem Eintritts- (6) bzw. dem Austrittssammler (7) verbunden sind.
 12. Wärmetauscher (1) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Nippel (21a, 22a, 23a, 24a, 31a, 32a, 33a, 34a) aus dem Material des Eintritts- (6) bzw. Austrittssammlers (7) spanend gefertigt sind.
 13. Wärmetauscher (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohrbündel (11) in einem Innengehäuse

(3) angeordnet ist, welches konzentrisch innerhalb des Außenmantels (2) angeordnet ist und eine Ein- und eine Austrittsöffnung für das wärmeabgebende Medium aufweist.

5

14. Wärmetauscher (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Einlass- (4) und der Auslassstutzen (5) für das wärmeabgebende Medium bei der vertikalen Aufstellung des Wärmetauschers (1) im unteren Teil des Außenmantels (2) angeordnet sind.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

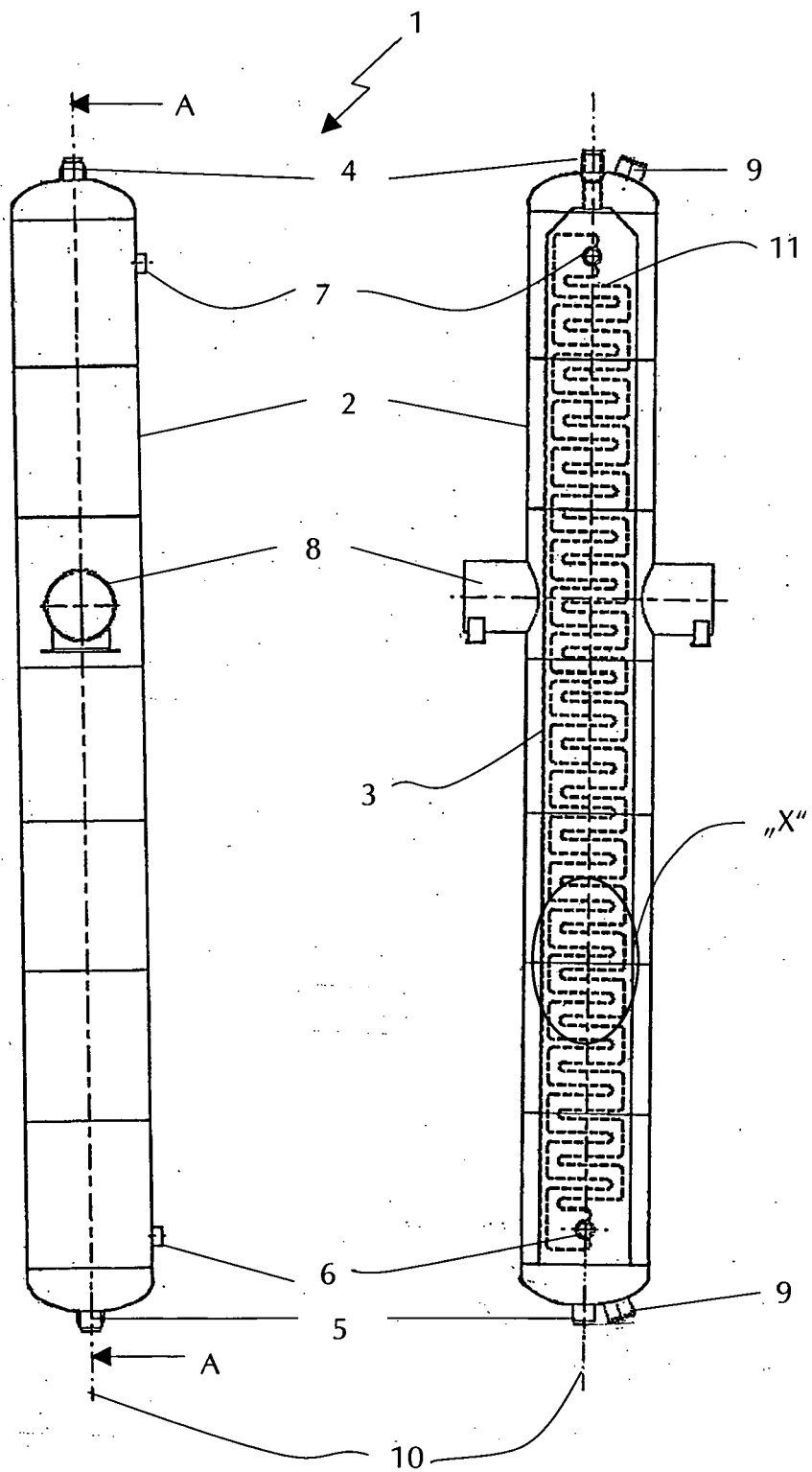
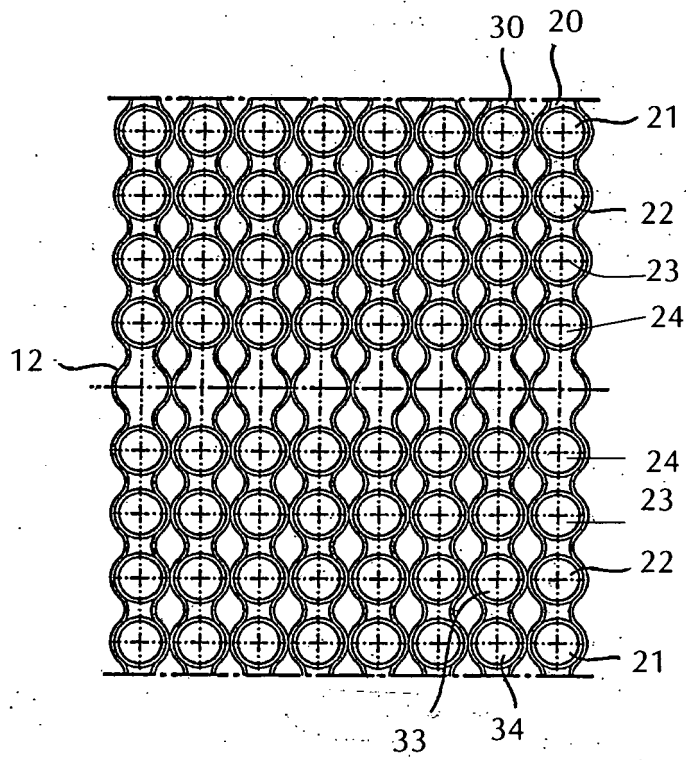
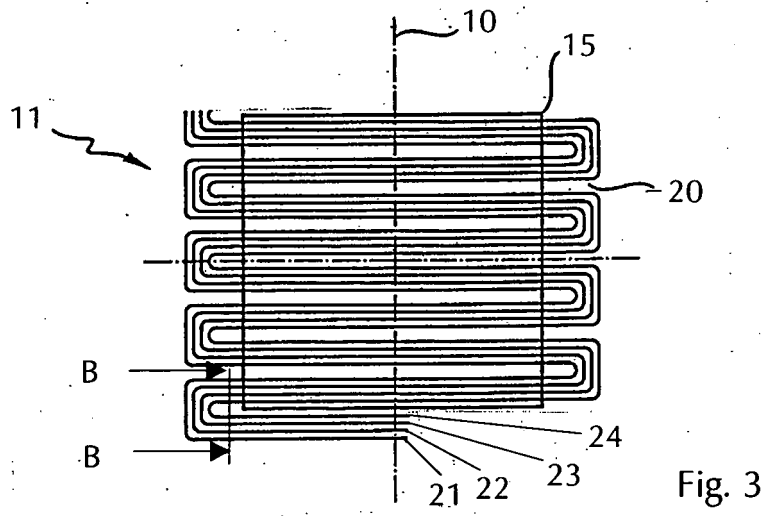


Fig. 1

Fig. 2



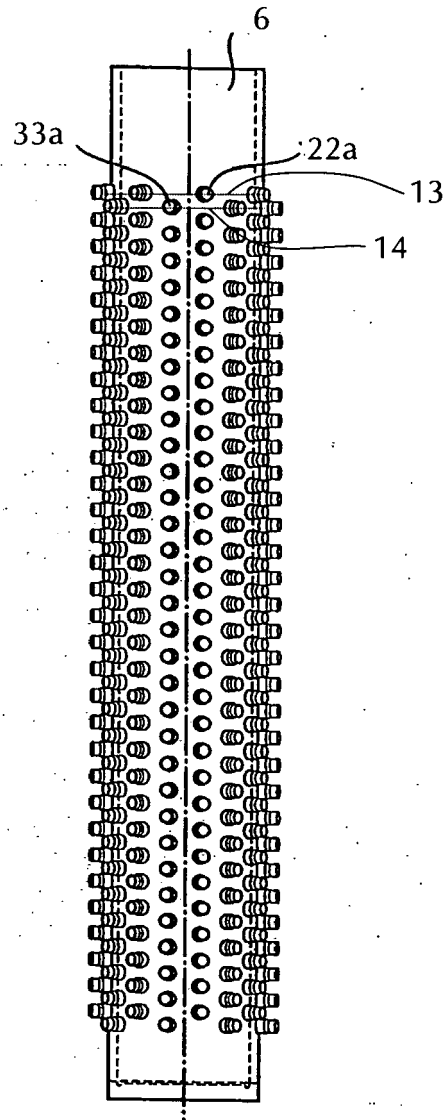


Fig. 5

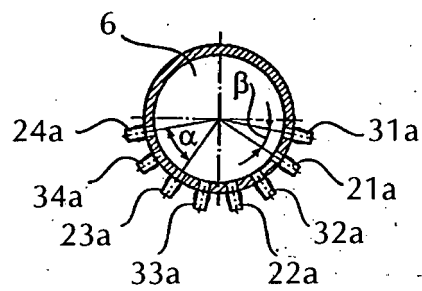


Fig. 6



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 09 01 4365

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	FR 1 359 081 A (FOSTER WHEELER LTD) 16. März 1964 (1964-03-16) * Abbildungen 1-12 * * Seite 1 - Seite 2 * * Seite 3, rechte Spalte * -----	1,2,6-8, 10,14	INV. F22B29/06 F24J1/00 F28D7/08
X	US 5 871 045 A (HIRTH MARKUS [DE] ET AL) 16. Februar 1999 (1999-02-16) * Abbildungen 1-3 * * Spalte 1, Zeile 63 - Spalte 2, Zeile 58 * * Spalte 3, Zeile 49 - Zeile 59 * * Spalte 4, Zeile 9 - Spalte 5, Zeile 11 * -----	1-3,5-13	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F22B F24J F28D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 9. November 2010	Prüfer Röberg, Andreas
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	

 3
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 09 01 4365

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente 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.

09-11-2010

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
FR 1359081	A	24-04-1964	KEINE		

US 5871045	A	16-02-1999	CN	1149124 A	07-05-1997
			DE	29510720 U1	07-09-1995
			EP	0752569 A2	08-01-1997
			JP	9152283 A	10-06-1997
			RU	2117892 C1	20-08-1998

EPO FORM P0461

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