

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 512 905 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
09.03.2005 Patentblatt 2005/10

(51) Int Cl. 7: F22B 1/18, F22B 29/06

(21) Anmeldenummer: 03020021.6

(22) Anmeldetag: 03.09.2003

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK

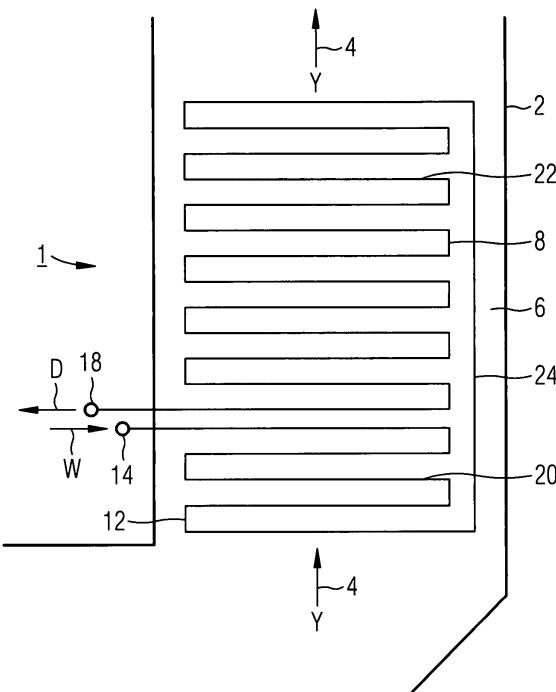
(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
80333 München (DE)

(72) Erfinder:  
• Franke, Joachim, Dr.  
90518 Altdorf (DE)  
• Kral, Rudolf  
92551 Stulln (DE)

### (54) Durchlaufdampferzeuger sowie Verfahren zum Betreiben des Durchlaufdampferzeugers

(57) Ein Durchlaufdampferzeuger (1), bei dem in einem in einer annähernd vertikalen Heizgasrichtung (y) durchströmmbaren Gaszug (6) eine Verdampferdurchlaufheizfläche (8) angeordnet ist, die eine Anzahl von zur Durchströmung eines Strömungsmediums (W) parallel geschalteten Dampferzeugerrohren (12) umfasst, soll auch bei einer Bespeisung mit vergleichsweise hoher Massenstromdichte des Strömungsmediums (W) eine besonders hohe betriebliche Stabilität und Sicherheit aufweisen. Dazu umfasst die Verdampferdurchlaufheizfläche (8) erfindungsgemäß ein vom Strömungsmedium (W) im Gegenstrom zum Gaszug (6) durchströmmbares Heizflächensegment (20), dessen strömungsmediumseitiger Austritt (16) in Heizgasrichtung (y) gesehen derart positioniert ist, dass die sich im Betriebsfall druckabhängig in der Verdampferdurchlaufheizfläche (8) einstellende Sattdampftemperatur um weniger als eine vorgegebene Maximalabweichung von der im Betriebsfall an der Position des Austritts (16) des Heizflächensegments (20) herrschenden Heizgastemperatur abweicht.

FIG 1



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Durchlaufdampferzeuger, bei dem in einem in einer annähernd vertikalen Heizgasrichtung durchströmmbaren Gaszug eine Verdampferdurchlaufheizfläche angeordnet ist, die eine Anzahl von zur Durchströmung eines Strömungsmediums parallel geschalteten Dampferzeugerrohren umfasst.

**[0002]** Bei einer Gas- und Dampfturbinenanlage wird die im entspannten Arbeitsmittel oder Heizgas aus der Gasturbine enthaltene Wärme zur Erzeugung von Dampf für die Dampfturbine genutzt. Die Wärmeübertragung erfolgt in einem der Gasturbine nachgeschalteten Abhitzedampferzeuger, in dem üblicherweise eine Anzahl von Heizflächen zur Wasservorwärmung, zur Dampferzeugung und zur Dampfüberhitzung angeordnet sind. Die Heizflächen sind in den Wasser-Dampf-Kreislauf der Dampfturbine geschaltet. Der Wasser-Dampf-Kreislauf umfasst üblicherweise mehrere, z. B. drei, Druckstufen, wobei jede Druckstufe eine Verdampferheizfläche aufweisen kann.

**[0003]** Für den der Gasturbine als Abhitzedampferzeuger heizgasseitig nachgeschalteten Dampferzeuger kommen mehrere alternative Auslegungskonzepte, nämlich die Auslegung als Durchlaufdampferzeuger oder die Auslegung als Umlaufdampferzeuger, in Betracht. Bei einem Durchlaufdampferzeuger führt die Beheizung von als Verdampferrohren vorgesehenen Dampferzeugerrohren zu einer Verdampfung des Strömungsmediums in den Dampferzeugerrohren in einem einmaligen Durchlauf. Im Gegensatz dazu wird bei einem Natur- oder Zwangsumlaufdampferzeuger das im Umlauf geführte Wasser bei einem Durchlauf durch die Verdampferrohre nur teilweise verdampft. Das dabei nicht verdampfte Wasser wird nach einer Abtrennung des erzeugten Dampfes für eine weitere Verdampfung den selben Verdampferrohren erneut zugeführt.

**[0004]** Ein Durchlaufdampferzeuger unterliegt im Gegensatz zu einem Natur- oder Zwangsumlaufdampferzeuger keiner Druckbegrenzung, so dass Frischdampfdrücke weit über dem kritischen Druck von Wasser ( $P_{Kri} \approx 221$  bar) - wo es nur noch geringe Dichteunterschiede gibt zwischen flüssigkeitsähnlichem und dampfähnlichem Medium - möglich sind. Ein hoher Frischdampfdruck begünstigt einen hohen thermischen Wirkungsgrad und somit niedrige CO<sub>2</sub>-Emissionen eines fossil-beheizten Kraftwerks. Zudem weist ein Durchlaufdampferzeuger im Vergleich zu einem Umlaufdampferzeuger eine einfache Bauweise auf und ist somit mit besonders geringem Aufwand herstellbar. Die Verwendung eines nach dem Durchlaufprinzip ausgelegten Dampferzeugers als Abhitzedampferzeuger einer Gas- und Dampfturbinenanlage ist daher zur Erzielung eines hohen Gesamtwirkungsgrades der Gas- und Dampfturbinenanlage bei einfacher Bauweise besonders günstig.

**[0005]** Ein solcher Abhitzedampferzeuger kann technisch besonders einfach ausgeführt werden, indem das

dem Dampferzeuger von der Gasturbine zugeführte Heizgas den Gaszug in vertikaler Richtung, insbesondere von unten nach oben, durchströmt. Dabei kommen für die strömungsmedium- und heizgasseitige Verschaltung

- 5 der die Verdampferdurchlaufheizfläche bildenden Dampferzeugerrohre grundsätzlich zwei mögliche Konzepte in Betracht: Entweder werden die innerhalb des Gaszuges verlegten Dampferzeugerrohre im so genannten Kreuz- oder Gegenstrom vom Strömungsmedium durchströmt, das heißt, das Strömungsmedium durchströmt jedes Heizflächenrohr in aufeinander folgenden Durchgängen durch den Gaskanal quer zur Gasströmung, deshalb die Bezeichnung Kreuzstromschaltung. Die von einer Seite des Gaskanals zur anderen Seite führenden horizontalen Rohrstücke sind über Umlenkstücke derart miteinander verbunden, dass sie in vertikaler Richtung aufeinanderfolgend entgegen der Strömungsrichtung des Gases durchströmt werden, deshalb die Bezeichnung Gegenstromschaltung. Insgesamt handelt es sich also um eine Mischform von Kreuz- und Gegenstromschaltung. Der Kreuzstromcharakter ist für die folgenden Erörterungen unwesentlich. Diese Schaltung wird deshalb im folgenden nur als Gegenstromschaltung bezeichnet. Es ist allgemein bekannt,
- 10 dass eine Verdampferheizfläche in Gegenstromschaltung problematisch hinsichtlich der Stabilität der Strömung ist. Insbesondere eine gleichmäßige Verteilung der Strömung auf alle parallelen Rohre der Verdampferheizfläche erfordert technischen Aufwand.
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45

- [0006]** Eine Alternative zur Gegenstromschaltung stellt die so genannte Gleichstromschaltung dar, bei der die Dampferzeugerrohre im Kreuz-/Gleichstrom durchströmt werden. Bei dieser Schaltung sind die horizontal geführten Rohrstücke wie in der vorangehend beschriebenen Kreuzstromschaltung über Umlenkstücke miteinander verbunden, nur dass sie nun in vertikaler Richtung aufeinanderfolgend in Strömungsrichtung des Gases durchströmt werden, deshalb die Bezeichnung Gleichstromschaltung. Insgesamt handelt es sich also um eine Mischform von Kreuz- und Gleichstromschaltung. Der Kreuzstromcharakter ist für die folgenden Erörterungen unwesentlich. Diese Schaltung wird deshalb im folgenden nur als Gleichstromschaltung bezeichnet. Eine Gleichstromschaltung erfordert den Einsatz verhältnismäßig großer Heizflächen, deren Herstellung und Montage mit erheblichem Aufwand verbunden sind.
  - 50
  - 55
- [0007]** Aus der EP 0 425 717 A ist ein Dampferzeuger bekannt, der die genannten Vorteile eines Durchlaufdampferzeugers aufweist. Seine Verdampferdurchlaufheizfläche ist als Kombination von Gegenstrom- und Gleichstromschaltung ausgelegt, indem eine Anzahl von Rohrabschnitten in Gegenstromrichtung geschaltet ist, während eine Anzahl von weiteren Rohrabschnitten in Gleichstromrichtung geschaltet ist. Durch diese Art der Verschaltung kann ein höheres Maß an Strömungsstabilität erreicht werden als bei einer reinen Gegenstromschaltung. Zudem kann der bei Verwendung einer reinen Gleichstromschaltung notwendige hohe techni-

sche und apperative Aufwand verringert werden.

**[0008]** Grundsätzlich problematisch bei Dampferzeugern in derartiger Bauweise können so genannte Temperaturschieflagen sein, also Temperaturdifferenzen an den Austritten benachbarter, strömungsmediumseitig parallel geschalteter Dampferzeugerrohre, die zu Rohrreißern oder anderen Beschädigungen führen können. Zur Vermeidung derartiger Temperaturschieflagen können Durchlaufdampferzeuger für besonders geringe Massenstromdichten des Strömungsmediums ausgelegt sein, was jedoch die Flexibilität bei der Wahl der Auslegungsparameter für den Dampferzeuger begrenzt.

**[0009]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Durchlaufdampferzeuger der oben genannten Art anzugeben, der auch bei einer Beaufschlagung mit vergleichsweise großen Massenstromdichten des Strömungsmediums auch bei unterschiedlicher Beheizung der Dampferzeugerrohre eine besonders hohe Stabilität insbesondere gegenüber Temperaturschieflagen aufweist. Des Weiteren soll ein zum Betreiben dieses Dampferzeugers besonders geeignetes Verfahren der oben genannten Art angegeben werden.

**[0010]** Bezüglich des Durchlaufdampferzeugers wird diese Aufgabe erfindungsgemäß gelöst, indem die Verdampferdurchlaufheizfläche ein vom Strömungsmedium im Gegenstrom zum Gaszug durchströmbares Heizflächensegment umfasst, dessen strömungsmediumseitiger Austritt in Heizgasrichtung gesehen derart positioniert ist, dass die sich im Betriebsfall in der Verdampferdurchlaufheizfläche einstellende Sattdampftemperatur um weniger als eine vorgegebene Maximalabweichung von der im Betriebsfall an der Position des Austritts des Heizflächensegments herrschenden Heizgastemperatur abweicht.

**[0011]** Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, dass bei der Bespeisung der Verdampferdurchlaufheizfläche mit vergleichsweise großen Massenstromdichten eine lokal unterschiedliche Beheizung einzelner Rohre die Strömungsverhältnisse derart beeinflussen könnte, dass mehrbeheizte Rohre von weniger und weniger beheizte Rohre von mehr Strömungsmedium durchströmt werden. Mehrbeheizte Rohre würden in diesem Fall schlechter gekühlt als minderbeheizte Rohre, so dass die auftretenden Temperaturdifferenzen selbsttätig verstärkt würden. Um diesem Fall auch ohne aktive Beeinflussung der Strömungsverhältnisse wirksam begegnen zu können, sollte das System für eine grundsätzliche und globale Begrenzung möglicher Temperaturunterschiede geeignet ausgelegt sein. Dazu ist die Erkenntnis nutzbar, dass am Austritt aus der Verdampferdurchlaufheizfläche das Strömungsmedium zumindest die im Wesentlichen durch den Druck im Dampferzeugerrohr gegebene Sattdampftemperatur aufweisen muss. Andererseits kann das Strömungsmedium aber maximal die Temperatur aufweisen, die das Heizgas an der Austrittsstelle des Strömungsmediums aus der Verdampferdurchlaufheizfläche hat. Durch eine

geeignete Abstimmung dieser beiden das mögliche Temperaturintervall überhaupt eingrenzenden Grenztemperaturen aufeinander können somit auch die maximal möglichen Temperaturschieflagen geeignet begrenzt werden. Durch die Aufteilung der Verdampferdurchlaufheizfläche in ein austritsseitiges Gegenstromsegment und ein diesem heizgas- und medienseitig vorgeschaltetes weiteres Segment ist der Austritt in Heizgasrichtung frei positionierbar, so dass ein zusätzlicher Auslegungsparameter verfügbar ist. Ein besonders geeignetes Mittel zur Abstimmung der beiden Grenztemperaturen aufeinander ist dabei die gezielte Positionierung des Austritts der Verdampferdurchlaufheizfläche in Strömungsrichtung des Heizgases gesehen.

**[0012]** Vorteilhafterweise ist die Positionierung des Austritts der Verdampferdurchlaufheizfläche in Relation zum Temperaturprofil des Heizgases im Gaszug derart gewählt, dass eine Maximalabweichung von etwa 50 °C eingehalten ist, so dass im Hinblick auf verfügbare Materialien und weitere Auslegungsparameter eine besonders hohe betriebliche Sicherheit gewährleistet ist.

**[0013]** Ein weiteres Problem bei einem Dampferzeuger der genannten Bauweise könnte die Gefährdung der Strömungsstabilität durch so genannte Strömungsoszillationen sein. Strömungsoszillationen treten auf, wenn sich bei Mehrbeheizung eines Dampferzeugerrohres das Gebiet innerhalb des Dampferzeugerrohres, in dem Verdampfung stattfindet, deutlich innerhalb des Rohres verschiebt. Die Verlagerung des Verdampfungsgebietes innerhalb eines Dampferzeugerrohres beeinflusst den Druckverlust der Strömung innerhalb der Verdampferdurchlaufheizfläche auf unerwünschte Art und Weise. Daher könnten bei einem Dampferzeuger, der derart empfindlich auf eine abweichende Beheizung der Dampferzeugerrohre reagiert, Drosseln am Eintritt aller Dampferzeugerrohre vorgesehen sein, die es erlauben, den Druckverlust der Strömung innerhalb der Verdampferdurchlaufheizfläche über einen verhältnismäßig großen Bereich hinweg zu steuern. Um auch hierfür geeignete Auslegungsparameter bereitzustellen, umfasst die Verdampferdurchlaufheizfläche vorteilhafterweise ein weiteres, dem genannten Heizflächensegment strömungsmediumseitig vorgeschaltetes Heizflächensegment, das heizgasseitig zweckmäßigerverweise vor dem genannten Heizflächensegment angeordnet ist.

**[0014]** Das dem Heizflächensegment strömungsmediumseitig vorgeschaltete weitere Heizflächensegment ist vorteilhafterweise ebenfalls in der Art einer Gegenstromsektion ausgebildet oder alternativ im Gleichstrom zur Heizgasrichtung geschaltet.

**[0015]** Durch eine derartige Anordnung der Segmente im Heizgaskanal wird weitgehend der Vorteil einer reinen Gegenstromschaltung erhalten, die Wärme des Abgases effektiv auf das Strömungsmedium zu übertragen, und gleichzeitig eine hohe inhärente Sicherheit gegen schädliche Temperaturdifferenzen am strömungs-

mediumsseitigen Austritt erzielt.

**[0016]** Zweckmäßigerweise wird der Dampferzeuger als Abhitzedampferzeuger einer Gas- und Dampfturbinenanlage verwendet. Dabei ist der Dampferzeuger vorteilhafterweise heizgasseitig einer Gasturbine nachgeschaltet. Bei dieser Schaltung kann zweckmäßigerverweise hinter der Gasturbine eine Zusatzfeuerung zur Erhöhung der Heizgasttemperatur angeordnet sein.

**[0017]** Bezuglich des Verfahrens wird die genannte Aufgabe gelöst, indem das Strömungsmedium in Heizgasrichtung gesehen an einer Position aus der Verdampferdurchlaufheizfläche abgeführt wird, an der die im Betriebsfall herrschende Heizgasttemperatur um weniger als eine vorgegebene Maximalabweichung von der sich im Betriebsfall infolge des Druckverlusts in der Verdampferdurchlaufheizfläche einstellenden Satt dampf temperatur abweicht.

**[0018]** Vorteilhafterweise wird das Strömungsmedium vor seinem Austritt aus der Verdampferdurchlaufheizfläche im Gegenstrom zur Heizgasrichtung geführt. In dem entsprechenden Heizflächensegment werden die Dampferzeugerrohre dabei vom Strömungsmedium entgegen der Heizgasrichtung, also von oben nach unten, durchströmt. Bei einer derartigen Bespeisung der Verdampferdurchlaufheizfläche ist die Positionierung des Austritts vergleichsweise einfach variierbar und an das Temperaturprofil des Heizgases im Gaszug anpassbar. Vorteilhafterweise wird eine Maximalabweichung von etwa 50 °C vorgegeben.

**[0019]** Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, dass durch die nunmehr vorgesehene, an das Temperaturprofil des Heizgases im Gaszug angepasste Positionierung des strömungsmediumseitigen Austritts der Verdampferdurchlaufheizfläche das insgesamt bei der Verdampfung des Strömungsmediums erreichbare Temperaturintervall zwischen Satt dampf temperatur des Strömungsmediums und Heizgasttemperatur an der Austrittsstelle vergleichsweise eng eingegrenzt wird, so dass unabhängig von den Strömungsverhältnissen nur geringe austrittsseitige Temperaturdifferenzen möglich sind. Dadurch kann eine ausreichende Angleichung der Temperaturen des Strömungsmediums in jedem Betriebszustand sichergestellt werden. Zudem ist die Durchlaufverdampferheizfläche durch die geeignete Positionierung des strömungsmediumseitigen Eintritts der Verdampferdurchlaufheizfläche am gasseitigen Eintritt der Verdampferdurchlaufheizfläche strömungsmäßig stabiler als eine reine Gegenstromschaltung. Somit ist eine besonders hohe Strömungsstabilität und eine besonders hohe betriebliche Sicherheit für den Dampferzeuger gewährleistet. Darüber hinaus ist aber auch sichergestellt, dass die möglichen Austrittstemperaturen in ihrer absoluten Höhe begrenzt sind, so dass die durch die Materialeigenschaften vorgegebenen zulässigen Grenztemperaturen sicher unterschritten bleiben.

**[0020]** Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

FIG 1 in vereinfachter Darstellung ausschnittsweise im Längsschnitt einen Durchlaufdampferzeuger, und

5 FIG 2 die Verdampfungssektion des Durchlaufdampferzeugers nach FIG 1 in einer alternativen Ausführung.

**[0021]** Gleiche Teile sind in beiden Figuren mit den selben Bezugszeichen versehen.

**[0022]** Der Durchlaufdampferzeuger 1 gemäß FIG 1 ist in der Art eines Abhitzedampferzeugers einer nicht näher dargestellten Gasturbine abgasseitig nachgeschaltet. Der Durchlaufdampferzeuger 1 weist eine Umfassungswand 2 auf, die einen in einer annähernd vertikalen, durch die Pfeile 4 angedeuteten Heizgasrichtung y durchströmmbaren Gaszug 6 für das Abgas aus der Gasturbine bildet. Im Gaszug 6 ist eine Anzahl von nach dem Durchlaufprinzip ausgelegten Heizflächen, insbesondere eine Verdampferdurchlaufheizfläche 8, angeordnet. Im Ausführungsbeispiel gemäß FIG 1 ist lediglich die Verdampferdurchlaufheizfläche 8 gezeigt, es kann aber auch eine größere Anzahl von Durchlaufheizflächen vorgesehen sein.

25 **[0023]** Das aus der Verdampferdurchlaufheizfläche 8 gebildete Verdampfersystem ist mit Strömungsmedium W beaufschlagbar, das bei einmaligem Durchlauf durch die Verdampferdurchlaufheizfläche 8 verdampft und nach dem Austritt aus der Verdampferdurchlaufheizfläche 8 als Dampf D abgeführt und üblicherweise zur weiteren Überhitzung Überhitzerheizflächen zugeführt wird. Das aus der Verdampferdurchlaufheizfläche 8 gebildete Verdampfersystem ist in den nicht näher dargestellten Wasser-Dampf-Kreislauf einer Dampfturbine geschaltet. Zusätzlich zu dem Verdampfersystem sind in den Wasser-Dampf-Kreislauf der Dampfturbine eine Anzahl weiterer, in FIG 1 nicht dargestellter Heizflächen geschaltet. Bei den Heizflächen kann es sich beispielsweise um Überhitzer, Mitteldruckverdampfer, Niederdruk ver dampfer und/oder um Vorwärmer handeln.

30 **[0024]** Die Verdampferdurchlaufheizfläche 8 des Durchlaufdampferzeugers 1 nach FIG 1 umfasst in der Art eines Rohrbündels eine Mehrzahl von zur Durchströmung des Strömungsmediums W parallel geschalteten Dampferzeugerrohren 12. Dabei ist jeweils eine Mehrzahl von Dampferzeugerrohren 12 in Heizgasrichtung y gesehen nebeneinander angeordnet. Dabei ist jeweils lediglich eines der so nebeneinander angeordneten Dampferzeugerrohre 12 sichtbar. Die Dampferzeugerrohre 12 umfassen jeweils eine Anzahl von waagerecht durchströmten Rohrstücken, von denen jeweils zwei durch ein senkrecht durchströmtes Rohrstück verbunden sind. Mit anderen Worten: Die Dampferzeugerrohre sind jeweils mäanderartig innerhalb des Gaszuges 6 verlegt. Den so nebeneinander angeordneten Dampferzeugerrohren 12 ist dabei strömungsmediumseitig an ihrem Eintritt 13 in die Verdampferdurchlaufheizfläche 8 jeweils ein gemeinsamer Eintrittssammler

14 vor- und an ihrem Austritt 16 aus der Verdampferdurchlaufheizfläche 8 ein gemeinsamer Austrittssammler 18 nachgeschaltet.

**[0025]** Der Durchlaufdampferzeuger 1 ist für eine besonders hohe betriebliche Sicherheit und zur konsequenten Unterdrückung von auch als Temperaturschiffelage bezeichneten signifikanten Temperaturunterschieden am Austritt 16 zwischen benachbarten Dampferzeugerrohren 12 selbst bei einer Bespeisung mit vergleichsweise hohen Massenstromdichten ausgelegt. Dazu umfasst die Verdampferdurchlaufheizfläche 8 in ihrem strömungsmediumseitig gesehen hinteren Bereich ein Heizflächensegment 20, das im Gegenstrom zur Heizgasrichtung y geschaltet ist. Weiterhin umfasst die Verdampferdurchlaufheizfläche 8 zusätzlich zum Heizflächensegment 20 ein diesem strömungsmediumseitig vorgeschaltetes weiteres Heizflächensegment 22. Durch diese Schaltung ist die Positionierung des Austritts 16 in Heizgasrichtung y gesehen wählbar. Diese Positionierung ist beim Durchlaufdampferzeuger 1 derart gewählt, dass die sich im Betriebsfall druckabhängig in der Verdampferdurchlaufheizfläche 8 einstellende Sattdampftemperatur des Strömungsmediums W um weniger als eine vorgegebene Maximalabweichung von etwa 50 °C von der im Betriebsfall an der Position oder auf der Höhe des Austritts 16 des Heizflächensegments 20 herrschenden Heizgastemperatur abweicht. Da die Temperatur des Strömungsmediums W am Austritt 16 immer mindestens gleich der Sattdampftemperatur sein muss, andererseits aber nicht höher als die an dieser Stelle herrschende Heizgastemperatur sein kann, sind die möglichen Temperaturdifferenzen zwischen unterschiedlich beheizten Rohren auch ohne weitere Gegenmaßnahmen auf die vorgegebene Maximalabweichung von etwa 50 °C begrenzt.

**[0026]** Eine besonders hohe Strömungsstabilität bei gleichzeitig begrenztem technischen Aufwand lässt sich zudem durch die Verwendung einer Kombination aus Gegenstromschaltung und Gleichstromschaltung der Dampferzeugerrohre erzielen. Das erste Heizflächensegment 20 ist dabei mit dem zweiten Heizflächensegment 22 durch ein Verbindungsstück 24 verbunden. Die Verdampferdurchlaufheizfläche 8 umfasst das weitere Heizflächensegment 22, das diesem strömungsmediumseitig nachgeschaltete Verbindungsstück 24 sowie das dem Verbindungsstück 24 strömungsmediumseitig nachgeschaltete Heizflächensegment 20. Im Ausführungsbeispiel nach FIG 1 ist das weitere Heizflächensegment 22 ebenfalls im Gegenstrom zur Heizgasrichtung 4 geschaltet.

**[0027]** Wie sich herausgestellt hat, weist sowohl die in FIG 1 dargestellte als auch die in FIG 2 dargestellte alternative Schaltung der Verdampferdurchlaufheizfläche 8 eine besonders große Strömungsstabilität auf. Insbesondere wird auch das Auftreten von Strömungsoszillationen sicher verhindert. Diese treten auf, wenn eine abweichende Beheizung einzelner Dampferzeugerrohre 12 das Verdampfungsgebiet innerhalb des be-

treffenden Dampferzeugerrohres 12 stark entlang der Strömungsrichtung des Strömungsmediums W verschiebt. Strömungsoszillationen können in einem solchen Fall vermieden werden, indem der beim Durchströmen der Verdampferdurchlaufheizfläche 8 auftretende Druckverlust im Strömungsmedium W durch Drosseln am Eintritt der Rohre künstlich erhöht wird. Bei den in FIG 1 und 2 dargestellten Schaltungen tritt das Problem der Strömungsoszillationen jedoch nicht auf.

Es hat sich gezeigt, dass sich das Verdampfungsgebiet bei einer abweichenden Beheizung nur vergleichsweise wenig innerhalb des jeweiligen Dampferzeugerrohres 12 verschiebt. Zur Stabilisierung der Strömung ist daher lediglich eine geringe künstliche Erhöhung des Druckverlustes erforderlich.

### Patentansprüche

- 20 1. Durchlaufdampferzeuger (1), bei dem in einem in einer annähernd vertikalen Heizgasrichtung (y) durchströmmbaren Gaszug (6) eine Verdampferdurchlaufheizfläche (8) angeordnet ist, die eine Anzahl von zur Durchströmung eines Strömungsmediums (W) parallel geschalteten Dampferzeugerrohren (12) umfasst, und die ein vom Strömungsmedium (W) im Gegenstrom zum Gaszug (6) durchströmbares Heizflächensegment (20) umfasst, dessen strömungsmediumseitiger Austritt (16) in Heizgasrichtung (y) gesehen derart positioniert ist, dass die sich im Betriebsfall in der Verdampferdurchlaufheizfläche (8) einstellende Sattdampftemperatur um weniger als eine vorgegebene Maximalabweichung von der im Betriebsfall an der Position des Austritts (16) des Heizflächensegments (20) herrschenden Heizgastemperatur abweicht.
- 25 2. Durchlaufdampferzeuger (1) nach Anspruch 1, bei dem eine Maximalabweichung von höchstens 70°C vorgegeben ist.
- 30 3. Durchlaufdampferzeuger (1) nach Anspruch 1 oder 2, dessen Verdampferdurchlaufheizfläche (8) ein weiteres, dem Heizflächensegment (20) strömungsmediumseitig vorgeschaltetes Heizflächensegment (22) umfasst.
- 35 4. Durchlaufdampferzeuger (1) nach Anspruch 3, bei dem das weitere Heizflächensegment (22) im Gegenstrom zur Heizgasrichtung (y) geschaltet ist.
- 40 5. Durchlaufdampferzeuger (1) nach Anspruch 3, bei dem das weitere Heizflächensegment (22) im Gleichstrom zur Heizgasrichtung (y) geschaltet ist.
- 45 6. Durchlaufdampferzeuger (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dem heizgasseitig eine Gasturbine vorgeschaltet ist.

7. Verfahren zum Betreiben eines Durchlaufdampferzeugers (1) mit einer in einem in einer annähernd vertikalen Heizgasrichtung (y) durchströmbaren Gaszug (6) mit einer Verdampferdurchlaufheizfläche (8), die eine Anzahl von zur Durchströmung eines Strömungsmediums (W) parallel geschalteten Dampferzeugerrohren (12) umfasst, wobei das Strömungsmedium (W) in Heizgasrichtung (y) gesehen an einer Position aus der Verdampferdurchlaufheizfläche (8) abgeführt wird, an der die im Betriebsfall herrschende Heizgastemperatur um weniger als eine vorgegebene Maximalabweichung von der sich im Betriebsfall infolge des Druckverlusts in der Verdampferdurchlaufheizfläche (8) einstellen den Satt dampf temperatur abweicht. 5
8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem das Strömungsmedium (W) unmittelbar vor seinem Austritt aus der Verdampferdurchlaufheizfläche (8) im Gegenstrom zum Heizgas geführt wird. 10
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, bei dem eine Maximalabweichung von höchstens 70°C vorgegeben wird. 15
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, bei dem das Strömungsmedium (W) unmittelbar nach seinem Eintritt in die Verdampferdurchlaufheizfläche (8) im Gegenstrom zum Heizgas geführt wird. 20
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, bei dem das Strömungsmedium (W) unmittelbar nach seinem Eintritt in die Verdampferdurchlaufheizfläche (8) im Gleichstrom zum Heizgas geführt wird. 25

30

35

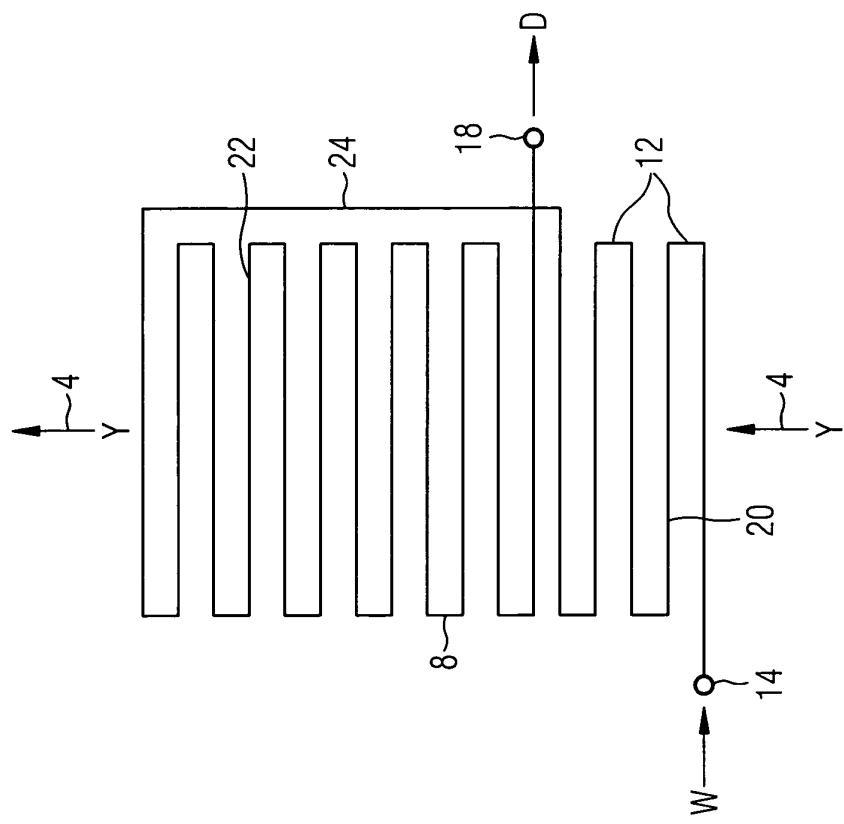
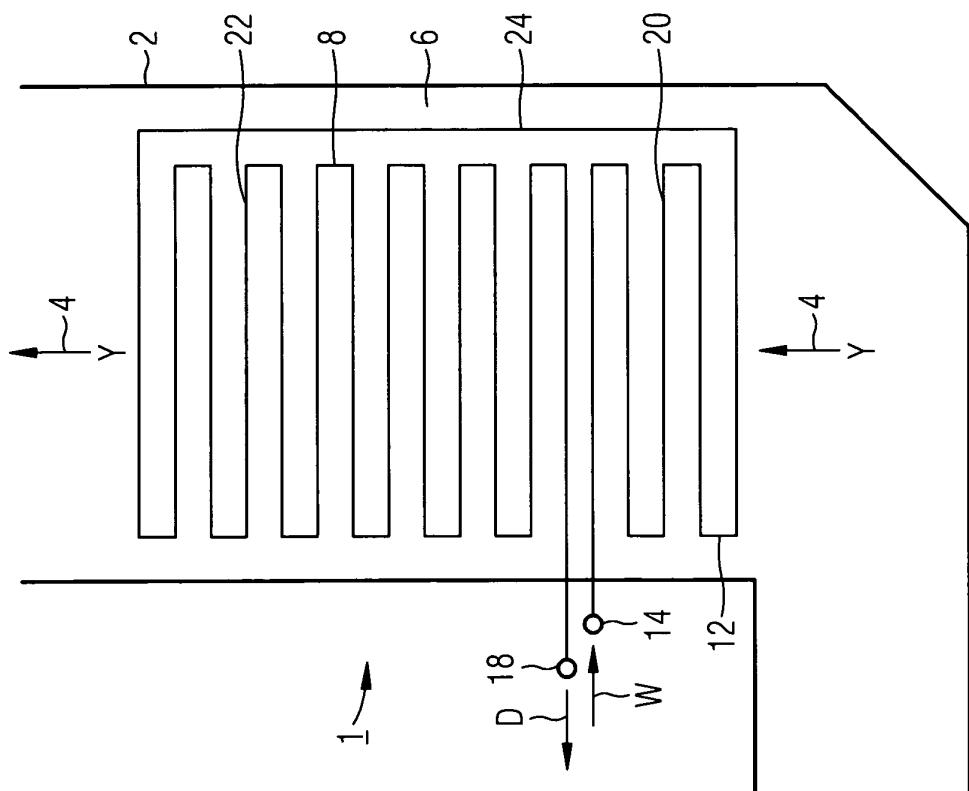
40

45

50

55

FIG 1      FIG 2





Europäisches  
Patentamt

## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 03 02 0021

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreift Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	US 5 159 897 A (WITTCHOW EBERHARD ET AL) 3. November 1992 (1992-11-03) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 * * Spalte 3, Zeile 61 - Spalte 6, Zeile 17 *	1-10	F22B1/18 F22B29/06
X	--- DE 41 26 631 A (SIEMENS AG) 18. Februar 1993 (1993-02-18) * Zusammenfassung; Abbildung 2 *	1-3,5-7, 9,11	
X	--- DE 11 22 082 B (VER KESSELWERKE AG) 18. Januar 1962 (1962-01-18) * Abbildung 1 *	1-3,5-7, 9,10	
X	--- DE 29 50 622 A (EVT ENERGIE & VERFAHRENSTECH) 8. Oktober 1981 (1981-10-08) * Abbildung * * Seite 6, Absatz 2 *	1-3,5-7, 9,10	
X	--- DE 44 41 008 A (SIEMENS AG) 23. Mai 1996 (1996-05-23) * Zusammenfassung; Abbildung 2 *	1-3,5-7, 9,10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
X	--- DE 736 611 C (DUERRWERKE AG) 23. Juni 1943 (1943-06-23) * Abbildung *	1-7,9,11	F22B
X	--- US 5 588 400 A (STEFAN ION ET AL) 31. Dezember 1996 (1996-12-31) * Zusammenfassung; Abbildung *	1-4,6-10	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
1	Recherchenort <b>MÜNCHEN</b>	Abschlußdatum der Recherche <b>18. Dezember 2003</b>	Prüfer <b>Zerf, G</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

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

EP 03 02 0021

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.

18-12-2003

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5159897	A	03-11-1992	EP CA DE JP JP	0425717 A1 2028796 A1 58909259 D1 2865851 B2 3170701 A	08-05-1991 01-05-1991 29-06-1995 08-03-1999 24-07-1991
DE 4126631	A	18-02-1993	DE WO	4126631 A1 9304318 A1	18-02-1993 04-03-1993
DE 1122082	B	18-01-1962		KEINE	
DE 2950622	A	08-10-1981	DE	2950622 A1	08-10-1981
DE 4441008	A	23-05-1996	DE WO	4441008 A1 9616298 A1	23-05-1996 30-05-1996
DE 736611	C	23-06-1943		KEINE	
US 5588400	A	31-12-1996	DE WO EP	4303613 A1 9418498 A1 0635113 A1	18-08-1994 18-08-1994 25-01-1995