



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
04.08.2004 Patentblatt 2004/32

(51) Int Cl.⁷: **F22B 1/18**

(21) Anmeldenummer: **03002243.8**

(22) Anmeldetag: 31.01.2003

(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 SE SI SK TR
 Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO

(72) Erfinder:

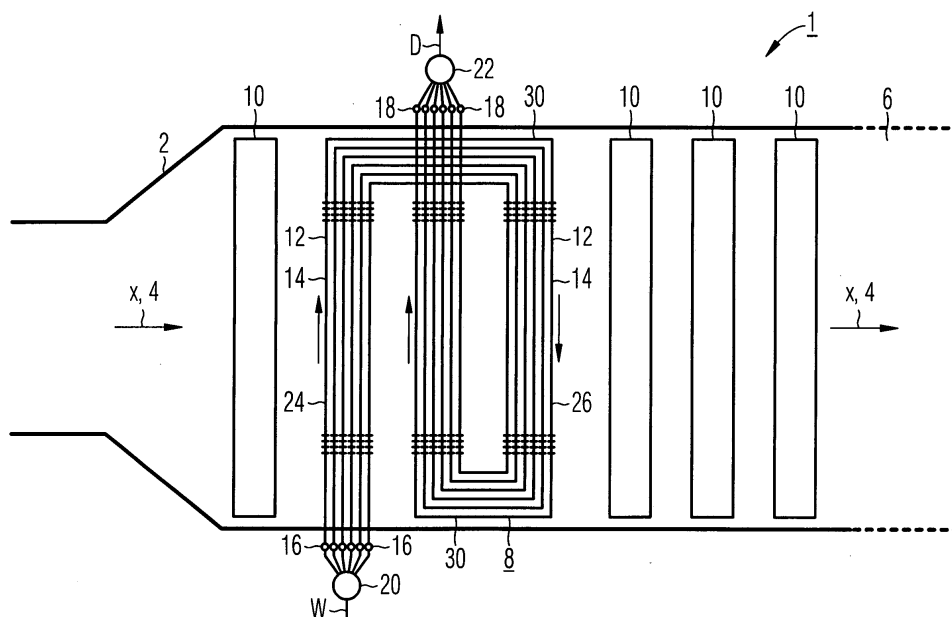
- **Franke, Joachim, Dr.**
90518 Altdorf (DE)
- **Kral, Rudolf**
92551 Stulln (DE)

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESellschaft**
80333 München (DE)

(54) **Dampferzeuger**

(57) Ein Dampferzeuger (1), bei dem in einem in einer annähernd horizontalen Heizgasrichtung (x) durchströmbaren Heizgaskanal (6) eine Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8) angeordnet ist, die eine Anzahl von zur Durchströmung eines Strömungsmediums (W) parallel geschalteten Dampferzeugerrohren (12) umfasst, und die derart ausgelegt ist, dass ein im Vergleich zu einem weiteren Dampferzeugerrohr (12) derselben Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8) mehrbeheiztes Dampferzeugerrohr (12) einen im Vergleich zum weiteren Dampferzeugerrohr (12) höheren Durchsatz des Strömungsmediums (W) aufweist, soll mit besonders geringem Aufwand herstellbar sein und auch bei unterschiedlicher thermischer Belastung eine besonders hohe mechanische Stabilität aufweisen. Dazu umfasst er

findungsgemäß das oder jedes Dampferzeugerrohr (12) jeweils ein annähernd vertikal angeordnetes, vom Strömungsmedium (W) in Aufwärtsrichtung durchströmbares Steigrohrstück (24), ein diesem strömungsmediumsseitig nachgeschaltetes, in Abwärtsrichtung durchströmbares Fallrohrstück (26) und ein letzterem strömungsmediumsseitig nachgeschaltetes, annähernd vertikal angeordnetes und vom Strömungsmedium (W) in Aufwärtsrichtung durchströmbares weiteres Steigrohrstück (28), wobei vorteilhafterweise das weitere Steigrohrstück (28) des jeweiligen Dampferzeugerrohrs (12) im Heizgaskanal (6) in Heizgasrichtung (x) gesehen zwischen dem ihm zugeordneten Steigrohrstück (24) und dem ihm zugeordneten Fallrohrstück (26) angeordnet ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Dampferzeuger, bei dem in einem in einer annähernd horizontalen Heizgasrichtung durchströmbarem Heizgaskanal eine Verdampfer-Durchlaufheizfläche angeordnet ist, die eine Anzahl von zur Durchströmung eines Strömungsmediums parallel geschalteten Dampferzeugerrohren umfasst, und die derart ausgelegt ist, dass ein im Vergleich zu einem weiteren Dampferzeugerrohr der selben Verdampfer-Durchlaufheizfläche mehrbeheiztes Dampferzeugerrohr einen im Vergleich zum weiteren Dampferzeugerrohr höheren Durchsatz des Strömungsmediums aufweist.

[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 Verdampfung des Wassers und zur Dampfüberhitzung angeordnet ist. 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 Zwangumlaufdampferzeuger 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 Zwangumlaufdampferzeuger keiner Druckbegrenzung, so dass Frischdampfdrücke weit über dem kritischen Druck von Wasser ($P_{Kri} \approx 221 \text{ bar}$) - 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_2 -Emissionen eines fossilbeheizten 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 Dampf-

turbinenanlage ist daher zur Erzielung eines hohen Gesamtwirkungsgrades der Gas- und Dampfturbinenanlage bei einfacher Bauweise besonders günstig.

[0005] Besondere Vorteile hinsichtlich des Herstellungsaufwands, aber auch hinsichtlich erforderlicher Wartungsarbeiten bietet ein Abhitzedampferzeuger in liegender Bauweise, bei dem das beheizende Medium oder Heizgas, also das Abgas aus der Gasturbine, in annähernd horizontaler Strömungsrichtung durch den Dampferzeuger geführt ist. Bei einem Durchlaufdampferzeuger in liegender Bauweise können die Dampferzeugerrohre einer Heizfläche jedoch je nach ihrer Positionierung einer stark unterschiedlichen Beheizung ausgesetzt sein. Insbesondere bei ausgangsseitig mit einem gemeinsamen Sammler verbundenen Dampferzeugerrohren kann eine unterschiedliche Beheizung einzelner Dampferzeugerrohre zu einer Zusammenführung von Dampfströmen mit stark voneinander abweichenden Dampfparametern und somit zu unerwünschten Wirkungsgradverlusten, insbesondere zu einer vergleichsweise verringerten Effektivität der betroffenen Heizfläche und einer dadurch reduzierten Dampferzeugung, führen. Eine unterschiedliche Beheizung benachbarter Dampferzeugerrohre kann zudem, insbesondere im Einmündungsbereich von Sammlern, zu Schäden an den Dampferzeugerrohren oder dem Sammler führen. Die an sich wünschenswerte Verwendung eines in liegender Bauweise ausgeführten Durchlaufdampferzeugers als Abhitzedampferzeuger für eine Gasturbine kann somit erhebliche Probleme hinsichtlich einer ausreichend stabilisierten Strömungsführung mit sich bringen.

[0006] Aus der EP 0 944 801 B1 ist ein Dampferzeuger bekannt, der für eine Auslegung in liegender Bauweise geeignet ist und zudem die genannten Vorteile eines Durchlaufdampferzeugers aufweist. Dazu ist der bekannte Dampferzeuger hinsichtlich seiner Verdampfer-Durchlaufheizfläche derart ausgelegt, dass ein im Vergleich zu einem weiteren Dampferzeugerrohr derselben Verdampfer-Durchlaufheizfläche mehrbeheiztes Dampferzeugerrohr einen im Vergleich zum weiteren Dampferzeugerrohr höheren Durchsatz des Strömungsmediums aufweist. Die Verdampfer-Durchlaufheizfläche des bekannten Dampferzeugers zeigt somit in der Art der Strömungscharakteristik einer Naturumlaufverdampferheizfläche (Naturumlaufcharakteristik) bei auftretender unterschiedlicher Beheizung einzelner Dampferzeugerrohre ein selbststabilisierendes Verhalten, das ohne das Erfordernis äußerer Einflussnahme zu einer Angleichung der austrittsseitigen Temperaturen auch an unterschiedlich beheizten, strömungsmediumsseitig parallel geschalteten Dampferzeugerrohren führt. Allerdings ist der bekannte Dampferzeuger in konstruktiver Hinsicht, insbesondere im Hinblick auf die wasser- und/oder dampfseitige Verteilung des Strömungsmediums, vergleichsweise aufwendig.

[0007] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Dampferzeuger der oben genannten Art an-

zugeben, der mit besonders geringem Aufwand herstellbar ist, und der auch bei unterschiedlicher thermischer Belastung eine besonders hohe mechanische Stabilität aufweist.

[0008] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass eines oder jedes der Dampferzeugerrohre jeweils ein annähernd vertikal angeordnetes, vom Strömungsmedium in Aufwärtsrichtung durchströmbares Steigrohrstück, ein diesem strömungsmediumsseitig nachgeschaltetes, annähernd vertikal angeordnetes und vom Strömungsmedium in Abwärtsrichtung durchströmbares Fallrohrstück und ein dem Fallrohrstück strömungsmediumsseitig nachgeschaltetes, in Aufwärtsrichtung durchströmbares weiteres Steigrohrstück umfasst.

[0009] Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, dass in einem mit besonders geringem Montage- und Fertigungsaufwand herstellbaren Dampferzeuger für ein besonders stabiles und gegenüber Unterschieden in der thermischen Belastung besonders unempfindliches Betriebsverhalten das bei dem bekannten Dampferzeuger angewandte Auslegungsprinzip einer Naturumlaufcharakteristik für eine Verdampfer-Durchlaufheizfläche konsequent ausgebaut und weiter verbessert werden sollte. Die Verdampfer-Durchlaufheizfläche sollte dabei für eine Beaufschlagung mit vergleichsweise geringer Massenstromdichte mit vergleichsweise geringerem Reibungsdruckverlust ausgelegt sein.

[0010] Eine besonders einfache und somit auch robuste Bauweise ist dabei erreichbar, indem die Heizfläche besonders im Hinblick auf Sammlung und Verteilung des Strömungsmediums besonders einfach ausgeführt ist. Dabei ist die Heizfläche für die Durchführung von allen Prozessabschnitten der vollständigen Verdampfung, also von Vorwärmung, Verdampfung und zumindest teilweise Überhitzung, in lediglich einer einzigen Stufe, also ohne zwischengeschaltete Komponenten zum Sammeln und/oder Verteilen des Strömungsmediums, geeignet ausgebildet. Zusätzliche Heizflächen zur Vorwärmung des Speisewassers oder zur weiteren Überhitzung sind im Allgemeinen vorgesehen. Um dabei einerseits überhaupt alle die genannten Prozessabschnitte vollständig im jeweiligen Dampferzeugerrohr vornehmen zu können und andererseits ausreichende Flexibilität bei der Anpassung der Dampferzeugerrohre an die Erfordernisse dieser Prozessabschnitte und die Verfahren im Heizgaskanal zu ermöglichen, umfasst jedes Dampferzeugerrohr drei strömungsmediumsseitig hintereinandergeschaltete Segmente.

[0011] Um die bei dieser Auslegung zudem angestrebte Naturumlaufcharakteristik der Durchströmung zu unterstützen, ist eine Aufteilung der Dampferzeugerrohre der Verdampfer-Durchlaufheizfläche in jeweils zumindest drei Segmente (von parallelen Rohren) vorgesehen, wobei das erste Segment alle Steigrohrstücke umfasst und in Aufwärtsrichtung durchströmt wird. Entsprechend umfasst das zweite Segment alle Fallrohr-

stücke und wird in Abwärtsrichtung durchströmt, so dass selbsttätig durch das Eigengewicht des Strömungsmediums die Strömung unterstützt wird. Dabei sind die das zweite Segment bildenden Fallrohrstücke jedes Dampferzeugerrohrs im Heizgaskanal in Heizgasrichtung gesehen jeweils hinter den ihnen zugeordneten Steigrohrstücken angeordnet. Das dritte Segment umfasst alle weiteren Steigrohrstücke und wird in Aufwärtsrichtung durchströmt.

[0012] In besonders vorteilhafter Ausgestaltung sind die Segmente des oder jedes Dampferzeugerrohrs im Heizgaskanal derart positioniert, dass der Beheizungsbedarf jedes Segments - insbesondere im Hinblick auf die dort jeweils vorgesehene Stufe im Verdampfungsprozess - in besonderen Maße an das lokale Wärmeangebot im Heizgaskanal angepasst ist. Dazu sind die das dritte Segment bildenden weiteren Steigrohrstücke jedes Dampferzeugerrohrs zweckmäßigerweise im Heizgaskanal in Heizgasrichtung gesehen jeweils zwischen den ihnen zugeordneten Steigrohrstücken des ersten und den Fallrohrstücken des zweiten Segments angeordnet. Mit anderen Worten: Zweckmäßigerweise sind die Dampferzeugerrohre im Heizgaskanal räumlich derart positioniert, dass das strömungsmediumsseitig gesehen erste Segment oder Steigrohrstück heizgasseitig stromaufwärts vom strömungsmediumsseitig gesehen dritten Segment oder weiteren Steigrohrstück und das strömungsmediumsseitig gesehen zweite Segment oder Fallrohrstück heizgasseitig stromabwärts vom strömungsmediumsseitig gesehen dritten Segment oder weiteren Steigrohrstück angeordnet ist.

[0013] Bei einer derartigen Anordnung ist somit das jeweils erste Steigrohrstück, das einer teilweisen Vorwärmung und zum großen Teil bereits einer Verdampfung des Strömungsmediums dient, einer vergleichsweise starken Beheizung durch das Heizgas im "heißen Rauchgasgebiet" ausgesetzt. Dadurch ist sichergestellt, dass im gesamten Lastbereich aus dem jeweiligen ersten Steigrohrstück Strömungsmedium mit vergleichsweise hohen Dampfanteil abströmt. Dies führt bei der nachfolgenden Einleitung in das nachgeschaltete Fallrohrstück dazu, dass im Fallrohrstück ein für die Strömungsstabilität ungünstiges Aufsteigen von Dampfblasen entgegen der Strömungsrichtung des Strömungsmediums konsequent vermieden wird. Durch die Anordnung des Fallrohrstücks im vergleichsweise kalten Rauchgasbereich und die Anordnung des zweiten Steigrohrstücks zwischen dem ersten Steigrohrstück und dem Fallrohrstück, also rauchgasseitig vor dem Fallrohrstück, wird somit bei hoher betrieblicher Sicherheit ein besonders hoher Wirkungsgrad der Heizfläche insgesamt erreicht, wobei das erste Steigrohrstücke die Funktion eines Vorverdampfers erfüllt.

[0014] Ein besonders einfacher Aufbau der Verdampfer-Durchlaufheizfläche einerseits sowie eine besonders geringe mechanische Belastung der Verdampfer-Durchlaufheizfläche auch bei unterschiedlicher thermischer Beaufschlagung andererseits ist erreichbar, in-

dem in weiterer oder alternativer vorteilhafter Ausgestaltung das Steigrohrstück eines oder jedes Dampferzeugerrohrs mit dem ihm zugeordneten Fallrohrstück sowie das Fallrohrstück eines oder jedes Dampferzeugerrohrs mit dem ihm zugeordneten weiteren Steigrohrstück strömungsmediumsseitig über je ein Überströmstück verbunden ist.

[0015] Eine derartige Anordnung ist besonders zur Dehnungskompensation bei thermischer Wechselbelastung geeignet; dass das Steigrohrstück und das Fallrohrstück beziehungsweise das Fallrohrstück und das weitere Steigrohrstück verbindende Überströmstück dient hierbei nämlich als Dehnungsbogen, der relative Längenänderungen des Steigrohrstücks und/oder des Fallrohrstücks und/oder des weiteren Steigrohrstücks ohne weiteres kompensieren kann. Durch das Überströmstück ist somit eine Umlenkung der Dampferzeugerrohre im oberen Bereich einer durch die Steigrohrstücke gegebenen ersten Verdampferstufe mit direkter Weiterführung und erneuter Umlenkung im unteren Bereich einer durch die Fallrohrstücke gebildeten zweiten Verdampferstufe sowie eine Umlenkung und Weiterführung der Dampferzeugerrohre im unteren Bereich der zweiten Verdampferstufe in eine durch die weiteren Steigrohrstücke gebildeten dritten Verdampferstufe gegeben.

[0016] Das oder jedes Überströmstück ist vorteilhafterweise innerhalb des Heizgaskanals verlegt. Alternativ kann das Überströmstück aber auch außerhalb des Heizgaskanals geführt sein, insbesondere wenn aus Gründen einer möglicherweise erforderlichen Entwässerung der Verdampfer-Durchlaufheizfläche ein Entwässerungssammler an das Überströmstück angeschlossen sein soll.

[0017] Die Dampferzeugerrohre können innerhalb des Heizgaskanals zu Rohrreihen zusammengefasst sein, von den jede jeweils eine Anzahl von senkrecht zur Heizgasrichtung nebeneinander angeordneten Dampferzeugerrohren umfasst. Bei einer derartigen Ausgestaltung sind die Dampferzeugerrohre vorteilhafterweise derart geführt, dass den die am stärksten beheizte Rohrreihe bildenden Steigrohrstücken, also der in Heizgasrichtung gesehen ersten Rohrreihe, die am schwächsten beheizte oder in Heizgasrichtung gesehen letzte Rohrreihe der Fallrohrstücke zugeordnet ist. Zudem sind zweckmäßigerweise die Fallrohr- und Steigrohrstücke mehrerer Dampferzeugerrohre im Heizgaskanal relativ zueinander derart positioniert, dass einem in Heizgasrichtung gesehen vergleichsweise weit hinten liegenden Fallrohrstück ein in Heizgasrichtung gesehen vergleichsweise weit vorn liegendes weiteres Steigrohrstück zugeordnet ist.

[0018] Durch eine derartige Anordnung werden die vergleichsweise stark beheizten weiteren Steigrohrstücke mit vergleichsweise schwach vorbeheiztem, aus den Fallrohrstücken abströmendem Strömungsmedium bespeist.

[0019] Um die für eine sterile Durchströmung der

Rohre erwünschte Naturumlaufcharakteristik sicher zu stellen, ist das jeweilige Dampferzeugerrohr vorteilhafterweise derart ausgestaltet, dass es lediglich ein Steigrohrstück sowie ein diesem strömungsmediumsseitig nachgeschaltetes Fallrohrstück sowie ein letzterem strömungsmediumsseitig nachgeschaltetes weiteres Steigrohrstück umfasst.

[0020] Zweckmäßigerweise wird der Dampferzeuger als Abhitzedampferzeuger einer Gas- und Dampfturbinenanlage verwendet. Dabei ist der Dampferzeuger vorteilhafterweise heizgasseitig einer Gasturbine nachgeschaltet. Bei dieser Schaltung kann zweckmäßigerweise hinter der Gasturbine eine Zusatzfeuerung zur Erhöhung der Heizgastemperatur angeordnet sein.

[0021] Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, dass durch die dreistufige Ausgestaltung der Dampferzeugerrohre mit einem in Aufwärtsrichtung durchströmbar Steigrohrstück, einem in Abwärtsrichtung durchströmbar Fallrohrstück und einem diesem strömungsmediumsseitig nachgeschalteten, in Aufwärtsrichtung durchströmbar weiteren Steigrohrstück die vollständige Durchführung der Verdampfung, also teilweise Vorwärmung, Verdampfung und eine teilweise Überhitzung, in lediglich einer Stufe und ohne Zwischenschaltung von Komponenten zum Sammeln oder Verteilen eine besonders einfachen Bauweise erreichbar ist. Dabei ist beispielsweise eine Auslegung ohne Wasserabscheider möglich, wobei beim Anfahren ein unerwünschter Wasserausstoß in den Überhitzer vermieden oder gering gehalten werden kann, indem zu Beginn des Anfahrprozesses ausschließlich das jeweilige erste Steigrohrstück mit Wasser gefüllt wird, das nach Beginn des Anfahrvorgangs beim Durchtritt durch die nachfolgenden Rohrstücke vollständig oder zu einem ausreichend hohen Teil verdampft wird.

[0022] Zwar führen abwärts durchströmte beheizte Verdampfersysteme üblicherweise zu Strömungsinstabilitäten, die gerade beim Einsatz in Zwangsdurchlaufverdampfern nicht tolerabel sind. Bei einer Durchströmung mit vergleichsweise niedriger Massenstromdichte ist durch den vergleichsweise geringen Reibungsdruckverlust aber in zuverlässiger Weise eine Naturumlaufcharakteristik des Dampferzeugerrohrs erzielbar, die bei einer Mehrbeheizung eines Dampferzeugerrohrs im Vergleich zu einem weiteren Dampferzeugerrohr zu einem vergleichsweise höheren Durchsatz des Strömungsmediums im mehrbeheizten Dampferzeugerrohr führt. Diese Naturumlaufcharakteristik gewährleistet auch bei Verwendung der abwärts durchströmten Segmente eine ausreichend stabile und zuverlässige Durchströmung der Dampferzeugerrohre.

[0023] Eine derartige Charakteristik ist zudem mit besonders geringem baulichen und Montageaufwand erreichbar, indem das Fallrohrstück dem ihm jeweils zugeordneten Steigrohrstück beziehungsweise das weitere Steigrohrstück dem ihm jeweils zugeordneten Fallrohrstück direkt und ohne Zwischenschaltung eines auf-

wendigen Sammler- oder Verteilersystems nachgeschaltet ist. Der Dampferzeuger weist somit bei besonders stabilem Strömungsverhalten eine vergleichsweise geringe Anlagenkomplexität auf. Darüber hinaus können sowohl das Steigrohrstück als auch das Fallrohrstück und das diesem nachgeschaltete weitere Steigrohrstück jedes Dampferzeugerrohrs jeweils in hängender Bauweise im Bereich der Gehäusedecke des Heizgaskanals befestigt sein, wobei jeweils eine freie Längsdehnung im unteren Bereich zugelassen ist. Derartige, durch thermische Effekte bedingte Längsdehnungen werden nunmehr durch dass das jeweilige Fallrohrstück mit dem Steigrohrstück beziehungsweise durch dass das weitere Steigrohrstück mit dem Fallrohrstück verbindende Überströmstück kompensiert, so dass aufgrund thermischer Effekte keine Verspannungen auftreten.

[0024] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigt die Figur in vereinfachter Darstellung im Längsschnitt einen Dampferzeuger in liegender Bauweise.

[0025] Der Dampferzeuger 1 gemäß der Figur ist in der Art eines Abhitzedampferzeugers einer nicht näher dargestellten Gasturbine abgasseitig nachgeschaltet. Der Dampferzeuger 1 weist eine Umfassungswand 2 auf, die einen in einer annähernd horizontalen, durch die Pfeile 4 angedeuteten Heizgasrichtung x durchströmbar Heizgaskanal 6 für das Abgas aus der Gasturbine bildet. Im Heizgaskanal 6 ist jeweils eine Anzahl von nach dem Durchlaufprinzip ausgelegten Heizflächen, auch als Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 bezeichnet, die für die Verdampfung des Strömungsmediums vorgesehen sind, angeordnet. Im Ausführungsbeispiel gemäß der Figur ist lediglich eine Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 gezeigt, es kann aber auch eine größere Anzahl von Verdampfer-Durchlaufheizflächen vorgesehen sein.

[0026] Das aus der Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 gebildete Verdampfersystem ist mit Strömungsmedium W beaufschlagbar, das bei einmaligem Durchlauf durch die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 verdampft und nach dem Austritt aus der Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 als bereits überhitzter Dampf D abgeführt und lediglich bedarfsweise zur weiteren Überhitzung Überhitzerheizflächen zugeführt wird. Das aus der Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 gebildete Verdampfersystem ist in den nicht näher dargestellten Wasserdampf-Kreislauf einer Dampfturbine geschaltet. Zusätzlich zu dem Verdampfersystem sind in den Wasserdampf-Kreislauf der Dampfturbine eine Anzahl weiterer, in FIG 1 schematisch angedeuteter Heizflächen 10 geschaltet. Bei den Heizflächen 10 kann es sich beispielsweise um Überhitzer, Mitteldruckverdampfer, Niederdruckverdampfer und/oder um Vorwärmer handeln.

[0027] Die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 des Dampferzeugers 1 nach der Figur 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 x gesehen nebeneinander angeordnet. Dabei ist jeweils lediglich eines der so nebeneinander angeordneten Dampferzeugerrohre 12 sichtbar. Den so nebeneinander angeordneten Dampferzeugerrohren 12 ist dabei strömungsmediumsseitig jeweils ein gemeinsamer Verteiler 16 vor- und ein gemeinsamer Austrittssammler 18 nachgeschaltet. Die Verteiler 16 sind dabei ihrerseits eingangsseitig mit einem Hauptverteiler 20 verbunden, wobei die Austrittssammler 18 ausgangsseitig an einen gemeinsamen Hauptsammler 22 angeschlossen sind.

[0028] Die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 ist derart ausgelegt, dass sie für eine Bespeisung der Dampferzeugerrohre 12 mit vergleichsweise niedriger Massenstromdichte geeignet ist, wobei die Dampferzeugerrohre 12 eine Naturumlaufcharakteristik aufweisen. Bei dieser Naturumlaufcharakteristik weist ein im Vergleich zu einem weiteren Dampferzeugerrohr 12 derselben Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 mehrbeheiztes Dampferzeugerrohr 12 einen im Vergleich zum weiteren Dampferzeugerrohr 12 höheren Durchsatz des Strömungsmediums W auf. Um dies mit besonders einfachen konstruktiven Mitteln auf besonders zuverlässige Weise sicherzustellen, umfasst die Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 drei strömungsmediumsseitig in Reihe geschaltete Segmente. Im ersten Segment umfasst jedes Dampferzeugerrohr 12 der Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 dabei ein annähernd vertikal angeordnetes, vom Strömungsmedium W in Aufwärtsrichtung durchströmbares Steigrohrstück 24. Im zweiten Segment umfasst jedes Dampferzeugerrohr 12 ein dem Steigrohrstück 24 strömungsmediumsseitig nachgeschaltetes, annähernd vertikal angeordnetes und vom Strömungsmedium W in Abwärtsrichtung durchströmbares Fallrohrstück 26. Im dritten Segment umfasst jedes Dampferzeugerrohr 12 ein dem Fallrohrstück 26 strömungsmediumsseitig nachgeschaltetes, annähernd vertikal angeordnetes und vom Strömungsmedium W in Aufwärtsrichtung durchströmbares weiteres Steigrohrstück 28.

[0029] In Heizgasrichtung x gesehen ist dabei das von den weiteren Steigrohrstücken 28 gebildete Segment zwischen dem von den ersten Steigrohrstücken 24 gebildeten Segment und dem von den Fallrohrstücken 26 gebildeten Segment angeordnet. Dadurch ist eine im besonderem Maße an die Bedürfnisse bei der Beheizung des Strömungsmediums und an die Beheizungsverhältnisse im Heizgaskanal 6 angepasste Bauweise gewährleistet.

[0030] Das Fallrohrstück 26 ist mit dem ihm zugeordneten Steigrohrstück 24 dabei über ein Überströmstück 30 verbunden. In derselben Weise ist das weitere Steigrohrstück 28 mit dem ihm zugeordneten Fallrohrstück 26 über ein Überströmstück 30 verbunden. Im Ausführungsbeispiel sind die Überströmstücke 30 innerhalb des Heizgaskanals 6 geführt. Alternativ können die Überströmstücke 30 auch außerhalb des Heizgaska-

nals 6 geführt sein. Dies kann insbesondere für den Fall günstig sein, dass aus konstruktiven oder betrieblichen Gründen eine Entwässerung der Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 vorgesehen sein soll.

[0031] Wie in der Figur erkennbar ist weist ein Fallrohrstück 26 mit dem ihm zugeordneten weiteren Steigrohrstück 28 und dem beide verbindenden Überströmstück 30 eine nahezu u-förmige Form auf, wobei die Schenkel des U durch das Fallrohrstück 26 und das weitere Steigrohrstück 28 und der Verbindungsbogen durch das Überströmstück 30 gebildet sind. Bei einem derartig ausgestalteten Dampferzeugerrohr 12 erzeugt der geodätische Druckbeitrag des Strömungsmediums W im Bereich des Fallrohrstücks 26 - im Gegensatz zum Bereich des weiteren Steigrohrstücks 28 - einen strömungsfördernden und nicht einen strömungshemmenden Druckbeitrag. Mit anderen Worten: Die im Fallrohrstück 26 befindliche Wassersäule an unverdampftem Strömungsmedium W "schiebt" die Durchströmung des jeweiligen Dampferzeugerrohrs 12 noch mit an, statt diese zu behindern.

[0032] Dadurch weist das Dampferzeugerrohr 12 insgesamt gesehen einen vergleichsweise geringen Druckverlust auf.

[0033] Bei dieser Bauweise sind beide Steigrohrstücke 24, 28 und das Fallrohrstück 26 in der Art einer hängenden Bauweise an der Decke des Heizgaskanals 6 aufgehängt oder befestigt. Das räumlich gesehen untere Ende des jeweiligen Steigrohrstückes 24 und das untere Ende des jeweiligen Fallrohrstücks 26 und des weiteren Steigrohrstückes 28, die jeweils durch ihr Überströmstück 30 miteinander verbunden sind, sind hingegen nicht unmittelbar räumlich im Heizgaskanal 6 fixiert. Längendehnungen dieser Segmente der Dampferzeugerrohre 12 sind somit ohne Schadensrisiko tolerierbar, wobei das jeweilige Überströmstück 30 als Dehnungsbogen wirkt. Diese Anordnung der Dampferzeugerrohre 12 ist somit mechanisch besonders flexibel und hinsichtlich thermischer Spannungen unempfindlich gegenüber auftretenden Differenzdehnungen.

[0034] Eine Mehrbeheizung eines Dampferzeugerrohrs 12, insbesondere in seinem Steigrohrstück 24, führt dabei dort zunächst zur Erhöhung der Verdampfungsrates, wobei bereits aufgrund der Dimensionierung des Dampferzeugerrohrs 12 infolge dieser Mehrbeheizung eine Erhöhung der Durchströmungsrate durch das mehrbeheizte Dampferzeugerrohr 12 eintritt.

[0035] Zudem sind die Fallrohrstücke 26 und die weiteren Steigrohrstücke 28 mehrerer Dampferzeugerrohre 12 im Heizgaskanal 6 relativ zueinander derart positioniert, dass einem in Heizgasrichtung x gesehen vergleichsweise hinten liegenden Fallrohrstück 26 jeweils in Heizgasrichtung x gesehen vergleichsweise weit vorn liegende Steigrohrstücke 24, 28 zugeordnet sind. Durch diese Anordnung kommunizieren vergleichsweise stark beheizte Steigrohrstücke 24, 28 mit einem vergleichsweise schwach beheizten Fallrohrstück 26. Durch diese relative Positionierung ist bezüglich der Durchströmung

auch zwischen den Rohrreihen 14 ein selbsttätig ausgleichender Effekt erreicht.

[0036] Aufgrund der besonders ausgeprägten Naturumlaufcharakteristik der Dampferzeugerrohre 12 weisen diese in besonderem Maße ein selbststabilisierendes Verhalten gegenüber lokal unterschiedlicher Beheizung auf: Eine Mehrbeheizung einer Reihe von Dampferzeugerrohren 12 führt dabei lokal zur erhöhten Zufuhr von Strömungsmedium W in diese Reihe von Dampferzeugerrohr 12, so dass aufgrund der entsprechend vergrößerten Kühlwirkung selbsttätig eine Angleichung der jeweiligen Temperaturwerte einsetzt. Der in den Hauptsammler 22 einströmende Frischdampf ist somit hinsichtlich seiner Dampfparameter, unabhängig von der individuell durchlaufenen Rohrreihe 14, besonders homogen.

[0037] Ein besonderer Vorteil der Bauweise der Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8, deren Austritt in Form der weiteren Steigrohrstücke 28 gasseitig zwischen den ersten Steigrohrstücken 24 einerseits und den Fallrohrstücken 26 andererseits und damit in einem mittleren Gas-Temperaturbereich der Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 positioniert ist, besteht darin, dass durch diese Positionierung eine zu starke Überhitzung des Strömungsmediums auch in einzelnen Dampferzeugerrohren 12 am Austritt der Verdampfer-Durchlaufheizfläche 8 auf natürliche Weise vermieden ist.

Patentansprüche

1. Dampferzeuger (1), bei dem in einem in einer annähernd horizontalen Heizgasrichtung (x) durchströmbar Heizgaskanal (6) eine Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8) angeordnet ist, die eine Anzahl von zur Durchströmung eines Strömungsmediums (W) parallel geschalteten Dampferzeugerrohren (12) umfasst, und die derart ausgelegt ist, dass ein im Vergleich zu einem weiteren Dampferzeugerrohr (12) derselben Verdampfer-Durchlaufheizfläche (8) mehrbeheiztes Dampferzeugerrohr (12) einen im Vergleich zum weiteren Dampferzeugerrohr (12) höheren Durchsatz des Strömungsmediums (W) aufweist,

dadurch gekennzeichnet, dass

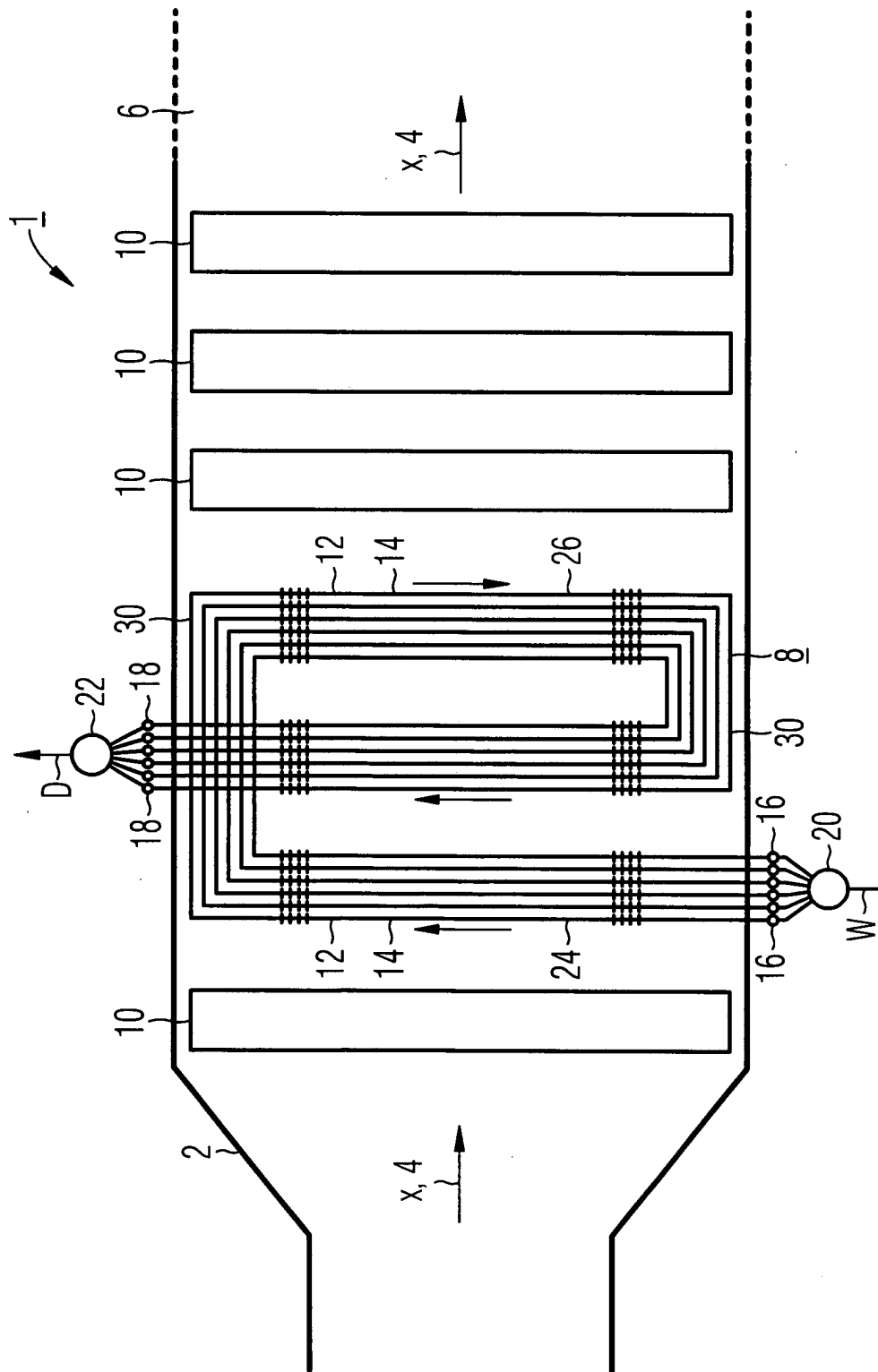
ein oder jedes Dampferzeugerrohr (12) jeweils ein annähernd vertikal angeordnetes, vom Strömungsmedium (W) in Aufwärtsrichtung durchströmbares Steigrohrstück (24), ein diesem strömungsmediumsseitig nachgeschaltetes, annähernd vertikal angeordnetes und vom Strömungsmedium (W) in Abwärtsrichtung durchströmbares Fallrohrstück (26) und ein letzterem strömungsmediumsseitig nachgeschaltetes, annähernd vertikal angeordnetes und vom Strömungsmedium (W) in Aufwärtsrichtung durchströmbares weiteres Steigrohrstück (28) umfasst.

2. Dampferzeuger (1) nach Anspruch 1, bei dem das weitere Steigrohrstück (28) des jeweiligen Dampferzeugerrohrs (12) im Heizgaskanal (6) in Heizgasrichtung (x) gesehen zwischen dem ihm zugeordneten Steigrohrstück (24) und dem ihm zugeordneten Fallrohrstück (26) angeordnet ist. 5
3. Dampferzeuger (1) nach Anspruch 1 oder 2, bei dem das Steigrohrstück (24) eines oder jedes Dampferzeugerrohrs (12) mit dem ihm zugeordneten Fallrohrstück (26) und das Fallrohrstück (26) mit dem ihm zugeordneten weiteren Steigrohrstück (28) jeweils strömungsmediumsseitig über ein Überströmstück (30) verbunden ist. 10 15
4. Dampferzeuger (1) nach Anspruch 3, bei dem die jeweiligen Überströmstücke (30) innerhalb des Heizgaskanals (6) angeordnet sind.
5. Dampferzeuger (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die weiteren Steigrohrstücke (28) und die Fallrohrstücke (26) mehrerer Dampferzeugerrohre (12) im Heizgaskanal (6) relativ zueinander derart positioniert sind, dass einem in Heizgasrichtung (x) gesehen vergleichsweise weit hinten liegenden weiteren Steigrohrstück (28) ein in Heizgasrichtung (x) gesehen vergleichsweise weit vorn liegendes Fallrohrstück (26) zugeordnet ist. 20 25
6. Dampferzeuger (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem eine Anzahl der Dampferzeugerrohre (12) jeweils eine Mehrzahl von strömungsmediumsseitig alternierend hintereinandergeschalteten Steigrohr- (24), Fallrohr- (26) und weiteren Steigrohrstücken (28) umfasst. 30 35
7. Dampferzeuger (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dem heizgasseitig eine Gasturbine vorgeschaltet ist. 40

45

50

55





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 03 00 2243

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
D,X	EP 0 944 801 A (SIEMENS AG) 29. September 1999 (1999-09-29)	1,3,7	F22B1/18
Y	* das ganze Dokument *	2-4,6	
Y	DE 197 00 350 A (STEINMUELLER GMBH L & C) 16. Juli 1998 (1998-07-16)	2-4,6	
	* Zusammenfassung; Abbildung 2 *		
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 505 (M-1194), 20. Dezember 1991 (1991-12-20) & JP 03 221702 A (TOSHIBA CORP), 30. September 1991 (1991-09-30)	2-4,6	
	* Zusammenfassung *		
Y	US 6 019 070 A (DUFFY THOMAS E) 1. Februar 2000 (2000-02-01)	3,4,6	
	* Zusammenfassung; Abbildungen 1,2A,2B,3 *		
Y	DE 11 76 155 B (BUCKAU WOLF MASCHF R) 20. August 1964 (1964-08-20)	3,4,6	
	* Abbildung 1 *		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			F22B F25D
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
MÜNCHEN	21. Juli 2003	Zerf, G	
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 Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 03 00 2243

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

21-07-2003

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0944801 A	29-09-1999	DE 19651678 A1	25-06-1998
		DE 59703022 D1	29-03-2001
		DK 944801 T3	11-06-2001
		EP 0944801 A1	29-09-1999
		JP 2001505645 T	24-04-2001
		US 6189491 B1	20-02-2001
		CN 1239540 A	22-12-1999
		WO 9826213 A1	18-06-1998
		ES 2154914 T3	16-04-2001
		KR 2000057541 A	25-09-2000
DE 19700350 A	16-07-1998	DE 19700350 A1	16-07-1998
JP 03221702 A	30-09-1991	KEINE	
US 6019070 A	01-02-2000	KEINE	
DE 1176155 B	20-08-1964	KEINE	

EPO FORM P0461

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