

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
12. April 2012 (12.04.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/045650 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
F22B 1/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/066966

(22) Internationales Anmeldedatum:
29. September 2011 (29.09.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2010 041 903.6
4. Oktober 2010 (04.10.2010) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/
DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BRÜCKNER, Jan**
[DE/DE]; Habernhofer Weg 30, 91080 Uttenreuth (DE).
FRANKE, Joachim [DE/DE]; An der Fleischbrücke 1,
90403 Nürnberg (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGE-
SELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München
(DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG,
NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ,
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

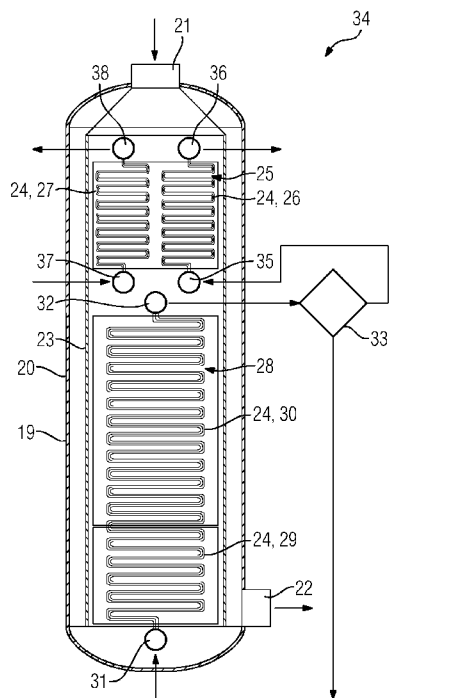
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: CONTINUOUS FLOW STEAM GENERATOR HAVING AN INTEGRATED REHEATER

(54) Bezeichnung : DURCHLAUFDAMPFERZEUGER MIT INTEGRIERTEM ZWISCHENÜBERHITZER

FIG 2



(57) Abstract: The invention relates to a continuous flow steam generator (19) having a tank (20) comprising a heat transfer medium inlet (21) and a heat transfer medium outlet (22), wherein a heat transfer medium channel (23) is formed between the heat transfer medium inlet (21) and the heat transfer medium outlet (22), and a heat transfer medium flows in said channel, having steam generator tubes (24) disposed in the heat transfer medium channel (23), wherein a first portion (25) of the steam generator tubes (24) are designed as a system of superheater (26) and reheater (27) tubes, and a second portion (28) of the steam generator tubes (24) is designed as a system of preheating (29) and boiler tubes (30), and the first portion (25) is disposed upstream of the second portion (28) in the flow direction of the heat transfer medium. The invention further relates to a steam generator device (34) having a continuous flow steam generator (19) and a water separation system (33). The invention further relates to a solar thermal power plant.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Durchlaufdampf-
zeuger (19) mit einem Behälter (20), der einen Wärmeträgermedium-
eingang (21) und einen Wärmeträgermediumausgang (22) aufweist, wobei
zwischen Wärmeträgermediumzugang (21) und Wärmeträgermediumaus-
gang (22) ein Wärmeträgermediumkanal (23) gebildet ist,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)*

in dem ein Wärmeträgermedium strömt, mit im Wärmeträgermediumkanal (23) angeordneten Dampferzeugerrohren (24), wobei ein erster Teil (25) der Dampferzeugerrohre (24) als ein System von Überhitzer- (26) und Zwischenüberhitzerrohren (27) ausgebildet ist, und ein zweiter Teil (28) der Dampferzeugerrohre (24) als ein System von Vorwärm- (29) und Verdampferrohren (30) ausgebildet ist, und in Strömungsrichtung des Wärmeträgermediums der erste Teil (25) vor dem zweiten Teil (28) angeordnet ist. Die Erfindung betrifft ferner eine Dampferzeugereinrichtung (34) mit einem Durchlaufdampferzeuger (19) und einem Wasserabscheidesystem (33). Die Erfindung betrifft auch eine solarthermische Kraftwerksanlage.

Beschreibung

Durchlaufdampferzeuger mit integriertem Zwischenüberhitzer

- 5 Die Erfindung betrifft einen Zwangsdurchlauf-Dampferzeuger, insbesondere für solarthermische Kraftwerksanlagen, mit integriertem Zwischenüberhitzer.

10 Solarthermische Kraftwerke stellen eine Alternative zur herkömmlichen Stromerzeugung dar. Zurzeit werden solarthermische Kraftwerke beispielsweise mit Turmkollektoren und indirekter Verdampfung ausgeführt, bei der ein Wärmeträgermedium durch solare Strahlung aufgeheizt wird und seine Energie in einem nachgeschalteten Wärmetauscher (Dampferzeuger) an das Arbeitsmedium eines Wasser-Dampf-Kreislaufes abgibt, wobei der
15 dabei erzeugte Dampf einer Dampfturbine zugeführt wird. Alternativen zum Solarturm-Konzept sind Kraftwerke mit Parabolrinnen- bzw. Fresnelkollektoren, bei denen die Sonnenenergie nicht auf einen Turm konzentriert wird, sondern ein Wärmeträgermedium in Rohren, die konzentrisch zu einer Brennnlinie
20 verlaufen, erwärmt wird.

Der o.g. Dampferzeuger wird derzeit so ausgeführt, dass er z.B. aus vier Komponenten (Vorwärmer, Verdampfer, Überhitzer
25 und Zwischenüberhitzer) besteht. Nachteilig hieran ist, dass diese Art der Bauform hohe Kosten für die Dampferzeugerkomponenten selbst und zusätzlich für das notwendige Rohrleitungssystem bedingt.

30 Aufgabe der Erfindung ist es, einen kostengünstigen Dampferzeuger vorzuschlagen. Ferner ist es eine Aufgabe der Erfindung, eine kostengünstige Dampferzeugungseinrichtung und eine solarthermische Kraftwerksanlage zu reduzierten Kosten vorzuschlagen.

35

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch die Vorrichtung gemäß Anspruch 1, sowie die Vorrichtungen der Ansprüche 8 und 11 bis 13. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung

sind in den jeweiligen abhängigen Ansprüchen definiert. In einem Durchlaufdampferzeuger mit einem Behälter, der einen Wärmeträgermediumeneingang und einen Wärmeträgermediumausgang aufweist, wobei zwischen Wärmeträgermediumeneingang und Wärmeträgermediumausgang ein Wärmeträgermediumkanal gebildet ist, in dem ein Wärmeträgermedium strömt, mit im Wärmeträgermediumkanal angeordneten Dampferzeugerrohren, wobei ein erster Teil der Dampferzeugerrohre als ein System von Überhitzer- und Zwischenüberhitzerrohren ausgebildet ist, und ein zweiter Teil der Dampferzeugerrohre als ein System von Vorwärm- und Verdampferrohren ausgebildet ist, und in Strömungsrichtung des Wärmeträgermediums der erste Teil vor dem zweiten Teil angeordnet ist, findet die gesamte Dampferzeugung (inklusive Zwischenüberhitzung) in einer Komponente statt, was die Kosten wesentlich reduziert. Bei den bisher bekannten Ausführungsformen des Dampferzeugers waren mindestens zwei Druckbehälter (Vorwärmer + Verdampfer + Überhitzer und separater Zwischenüberhitzer), meistens sogar vier Druckbehälter erforderlich.

Vorteilhafter Weise sind Überhitzerrohren und Zwischenüberhitzerrohren auf einer Wärmeträgermediumsseite zu einer Heizfläche verschaltet. Damit wird eine äußerst kompakte Bauform des Durchlaufdampferzeugers erzielt.

Zweckmäßigerweise ist der Behälter des Dampferzeugers ein Druckbehälter.

Weiterhin ist es zweckmäßig, wenn der Druckbehälter derart ausgelegt ist, dass ein Wärmeträgermedium den Druckbehälter von oben nach unten durchströmt.

Vorteilhafter Weise ist das Wärmeträgermedium eine Salzsammelze, da Salze ungiftig, kostengünstig und im geschmolzenen Zustand drucklos speicherbar sind.

In einer vorteilhaften Ausführungsform sind die Überhitzer- und Zwischenüberhitzerrohren in Strömungsrichtung eines Wärme-

trägermediums alternierend nebeneinander im Behälter angeordnet.

5 In einer alternativen Ausführungsform sind die Überhitzer- und Zwischenüberhitzerrohre alternierend hintereinander im Behälter angeordnet.

10 Die Dampferzeugungseinrichtung nach der Erfindung umfasst in vorteilhafter Weise neben dem erfinderischen Durchlaufdampferzeuger ferner ein Wasserabscheidesystem, wobei der erste Teil der Dampferzeugerrohre dem Wasserabscheidesystem strömungsmediumsseitig nachgeschaltet ist.

15 Dabei ist der zweite Teil der Dampferzeugerrohre dem Wasserabscheidesystem strömungsmediumsseitig zweckmäßigerweise vorgeschaltet.

20 Weiterhin ist es zweckmäßig, wenn an Verdampferrohre parallel angrenzende Überhitzerrohre dem Wasserabscheidesystem strömungsseitig unmittelbar nachgeschaltet sind.

25 Die Dampferzeugungseinrichtung mit dem Dampferzeuger ist dabei nach besonders vorteilhafter Ausgestaltung in ein Solarturm-Kraftwerk mit indirekter Verdampfung integriert.

In einer alternativen Ausgestaltung ist die Dampferzeugungseinrichtung mit dem Dampferzeuger in ein solarthermisches Kraftwerk mit Parabolrinnenkollektoren integriert.

30 In einer weiteren alternativen Ausgestaltung ist die Dampferzeugungseinrichtung mit dem Dampferzeuger in ein solarthermisches Kraftwerk mit Fresnelkollektoren integriert.

35 Die Erfindung wird beispielhaft anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen schematisch und nicht maßstäblich:

Figur 1 ein Solarturm-Kraftwerk mit indirekter Verdampfung und

Figur 2 eine Dampferzeugungseinrichtung mit einem Zwangsdurchlauf-Dampferzeuger mit integrierter Zwischenüberhitzung nach der Erfindung und einem Wasserabscheider.

5

Die Figur 1 zeigt schematisch und beispielhaft ein Solarturm-Kraftwerk 1. Es umfasst einen Solarturm 2, an dessen vertikal oberem Ende ein Absorber 3 angeordnet ist. Ein Heliostatenfeld 4 mit einer Anzahl von Heliostaten 5 ist am Boden um den Solarturm 2 herum platziert. Das Heliostatenfeld 4 mit den Heliostaten 5 ist für eine Fokussierung der direkten Solarstrahlung 6 ausgelegt. Dabei sind die einzelnen Heliostaten 5 so angeordnet und ausgerichtet, dass die direkte Solarstrahlung 6 von der Sonne in Form von konzentrierter Solarstrahlung 7 auf den Absorber 3 fokussiert wird. Bei dem Solarturm-Kraftwerk 1 wird somit die Sonnenstrahlung durch ein Feld einzelner nachgeführter Spiegel, die Heliostaten 5, auf die Spitze des Solarturmes 2 konzentriert. Der Absorber 3 wandelt die Strahlung in Wärme um und gibt sie an ein Wärmeträgermedium, beispielsweise Salzschnmelze oder Thermoöl, ab, das die Wärme einem konventionellen Kraftwerksprozess 8 mit einer Dampfturbine 9 zuführt.

Zur Übertragung der Wärme auf das Arbeitsmittel des konventionellen Kraftwerksprozesses 8, bei dem üblicherweise eine Dampfturbine 9 mit einer oder mehreren Druckstufen 10, 11, 12 in einen Wasser-Dampf-Kreislauf 13 geschaltet ist, wird das vom Kondensator 14 kommende Speisewasser durch verschiedene Wärmetauscher 15, 16, 17 geleitet. Diese Wärmetauscher 15, 16, 17 haben die Funktion von Vorwärmer 15, Verdampfer 16 und Überhitzer 17. Außerdem wird zur Erhöhung des Gesamtwirkungsgrads des Kraftwerks üblicherweise Dampf, der im Hochdruckteil 10 der Dampfturbine 9 entspannt und leicht abgekühlt ist, vor dem Eintritt in den Mitteldruckteil 11 in einem weiteren Wärmetauscher 18 zwischenüberhitzt. Zur Wärmeübertragung vom Wärmeträgermedium auf das Arbeitsmedium werden somit typischer Weise vier Komponenten benötigt. Diese Art der Bauform bedingt hohe Kosten für die Dampferzeugerkomponenten

selbst und zusätzlich für das notwendige Rohrleitungssystem. Diese Problematik ist nicht nur auf den in Figur 1 gezeigten Typ eines solarthermischen Kraftwerks beschränkt, sondern betrifft auch andere solare Kraftwerkstypen mit indirekter Verdampfung, wie z.B. Kraftwerke mit Parabolrinnen oder Fresnelkollektoren.

Figur 2 zeigt eine Ausführungsform des erfinderischen Dampferzeugers 19, in dem alle genannten Dampferzeugerkomponenten, d.h. Vorwärmer, Verdampfer, Überhitzer und Zwischenüberhitzer, in einer Komponente zusammengefasst sind. Der Durchlaufdampferzeuger 19 umfasst einen Druckbehälter 20, der einen Wärmeträgermediumeingang 21 und einen Wärmeträgermediumausgang 22 aufweist, zwischen denen ein Wärmeträgermediumkanal 23 gebildet ist. Im Wärmeträgermediumkanal 23 sind Dampferzeugerrohre 24 angeordnet, wobei ein erster Teil 25 der Dampferzeugerrohre 24 als ein System von Überhitzer- 26 und Zwischenüberhitzerrohren 27 ausgebildet ist und ein zweiter Teil 28 der Dampferzeugerrohre 24 als ein System von Vorwärm- 29 und Verdampferrohren 30 ausgebildet ist.

Im Betrieb wird ein heißes Wärmeträgermedium, z.B. eine Salzschmelze, am Wärmeträgermediumeingang 21 in den Druckbehälter 20 des Dampferzeugers 19 geleitet und strömt durch den Wärmeträgermediumkanal 23 an den Dampferzeugerrohren 24 vorbei zum Wärmeträgermediumausgang 22. Kaltes Speisewasser wird über einen Speisewassereinlass 31 in die Vorwärmrohre 29 gepumpt und strömt weiter durch die Verdampferrohre 30. Der hierbei erzeugte Dampf wird über einen ersten Dampfauslass 32 einem Wasserabscheidesystem 33 zur Abtrennung nicht verdampften Wassers zugeführt. Dampferzeuger 19 und Wasserabscheidesystem 33 bilden dabei eine Dampferzeugungseinrichtung 34. Der verbleibende Dampf wird über einen ersten Dampfeinlass 35 wieder dem Dampferzeuger 19 zur Überhitzung in den Überhitzerrohren 26 zugeführt und verlässt diesen wieder über einen zweiten Dampfauslass 36 in Richtung der Dampfturbine 9. Der im Hochdruckteil 10 der Dampfturbine 9 teilentspannte und abgekühlte Dampf wird zur Zwischenüberhitzung über einen zwei-

ten Dampfeinlass 37 wieder dem Dampferzeuger 19 zugeführt und verlässt diesen nach Durchströmen der Zwischenüberhitzerrohre 27 wieder am dritten Dampfauslass 38 in Richtung des Mittel-druckteils 11 der Dampfturbine 9.

Patentansprüche

1. Durchlaufdampferzeuger (19) mit einem Behälter (20), der einen Wärmeträgermediumeingang (21) und einen Wärmeträgermediumausgang (22) aufweist, wobei zwischen Wärmeträgermediumeingang (21) und Wärmeträgermediumausgang (22) ein Wärmeträgermediumkanal (23) gebildet ist, in dem ein Wärmeträgermedium strömt, mit im Wärmeträgermediumkanal (23) angeordneten Dampferzeugerrohren (24), wobei ein erster Teil (25) der Dampferzeugerrohre (24) als ein System von Überhitzer- (26) und Zwischenüberhitzerrohren (27) ausgebildet ist, und ein zweiter Teil (28) der Dampferzeugerrohre (24) als ein System von Vorwärm- (29) und Verdampferrohren (30) ausgebildet ist, und in Strömungsrichtung des Wärmeträgermediums der erste Teil (25) vor dem zweiten Teil (28) angeordnet ist.
2. Durchlaufdampferzeuger (19) nach Anspruch 1, wobei Überhitzerrohre (26) und Zwischenüberhitzerrohre (27) auf einer Wärmeträgermediumsseite zu einer Heizfläche verschaltet sind.
3. Durchlaufdampferzeuger (19) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei der Behälter (20) ein Druckbehälter (20) ist.
4. Durchlaufdampferzeuger (19) nach Anspruch 3, bei dem der Druckbehälter (20) derart ausgelegt ist, dass ein Wärmeträgermedium den Druckbehälter (20) von oben nach unten durchströmt.
5. Durchlaufdampferzeuger (19) nach Anspruch 4, wobei das Wärmeträgermedium eine Salzschiemele ist.
6. Durchlaufdampferzeuger (19) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Überhitzer- (26) und Zwischenüberhitzerrohre (27) in Strömungsrichtung des Wärmeträgerme-

diums alternierend nebeneinander im Behälter (20) angeordnet sind.

- 5 7. Durchlaufdampferzeuger (19) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Überhitzer- (26) und Zwischenüberhitzerrohre (27) in Strömungsrichtung des Wärmeträgermediums alternierend hintereinander im Behälter (20) angeordnet sind.
- 10 8. Dampferzeugungseinrichtung (34) mit einem Durchlaufdampferzeuger (19) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiter umfassend ein Wasserabscheidesystem (33), wobei der erste Teil (25) der Dampferzeugerrohre (24) dem Wasserabscheidesystem (33) strömungsmediumsseitig nachgeschaltet ist.
- 15 9. Dampferzeugungseinrichtung (34) nach Anspruch 8, wobei der zweite Teil (28) der Dampferzeugerrohre (24) dem Wasserabscheidesystem (33) strömungsmediumsseitig vorgeschaltet ist.
- 20 10. Dampferzeugungseinrichtung (34) nach einem der Ansprüche 8 oder 9, wobei an Verdampferrohre (29) parallel angrenzende Überhitzerrohre (26) dem Wasserabscheidesystem (33) strömungsseitig unmittelbar nachgeschaltet sind.
- 25 11. Solarthermische Kraftwerksanlage mit einer Dampferzeugungseinrichtung (34) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, weiter umfassend einen Solarturm (2).
- 30 12. Solarthermische Kraftwerksanlage mit einer Dampferzeugungseinrichtung (34) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, weiter umfassend Parabolrinnenkollektoren.
- 35 13. Solarthermische Kraftwerksanlage mit einer Dampferzeugungseinrichtung (34) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, weiter umfassend Fresnelkollektoren.

FIG 2

