



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

709 623 A2

(51) Int. Cl.: F02C 7/224 (2006.01)
F01K 23/10 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 00616/15

(22) Anmeldedatum: 05.05.2015

(43) Anmeldung veröffentlicht: 13.11.2015

(30) Priorität: 12.05.2014 US 14/275,188

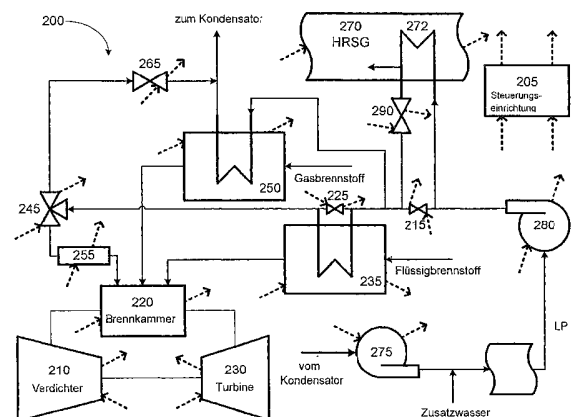
(71) Anmelder:
General Electric Company, 1 River Road
Schenectady, New York 12345 (US)

(72) Erfinder:
Hatim Khandwala, Bangalore, KA 560066 (IN)
Douglas Frank Beadie, Greer, SC 29650 (US)
Indrajit Mazumder, Bangalore, KA 560066 (IN)
Durgaprasad J, Bangalore, KA 560066 (IN)
Rajarshi Saha, Bangalore, KA 560066 (IN)

(74) Vertreter:
R.A. Egli & Co, Patentanwälte, Baarerstrasse 14
6300 Zug (CH)

(54) Flüssigbrennstoff-Erwärmungs- und Wassereinspritzsystem für ein Kombikraftwerk.

(57) Die Erfindung betrifft ein Flüssigbrennstoff-Erwärmungs- und Wassereinspritzsystem für ein Kombikraftwerk (200), bei welchem eine Kesselspeisewasserpumpe (290) einem Abhitze-dampferzeuger (270) Speisewasser zuführt und das erwärmte Speisewasser in einer Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung (235) zur Flüssigbrennstoff-Erwärmung verwendet wird. Das Speisewasser von der Kesselspeisewasserpumpe (280) wird ferner zur Wassereinspritzung (255) in eine Brennkammer (220) verwendet.



Beschreibung

[0001] Ein oder mehrere Aspekte der vorliegenden Erfindung betreffen die Wassereinspritzung und Flüssigbrennstoff-erwärmung für ein Kraftwerk. Insbesondere betreffen ein oder mehrere Aspekte der vorliegenden Erfindung die Verwendung von Kesselspeisewasser zur Flüssigbrennstoff-erwärmung und Wassereinspritzung während eines Flüssigbrennstoff-triebs.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Eine Gasturbine kann in einem Gas- und Dampfturbinen-Kombikraftwerk eingesetzt werden. Wie der Name nahelegt, kombiniert ein typisches Kombikraftwerk zwei oder mehrere Wärmekreisprozesse innerhalb eines einzigen Kraftwerks. In einem Kombikraftwerk gibt es gewöhnlich zwei Kreisprozesse, die als «Topping-» und «Bottoming-»-Zyklus bezeichnet werden. Der Grossteil der oder die gesamte Wärme wird in dem Topping-Zyklus geliefert. Die in dem Topping-Zyklus erzeugte Abwärme wird in dem Bottoming-Zyklus verwendet, der auf einem niedrigeren Temperaturniveau als der Topping-Zyklus arbeitet.

[0003] In einem typischen Kombikraftwerk sind Gasturbinen die primären Kraftmaschinen, um Leistung zu erzeugen. Diese Gasturbinen weisen typischerweise starke Abgasströme und relativ hohe Abgastemperaturen auf. Dampf wird erzeugt, indem Abgase zu einem Abhitzedampferzeuger geleitet werden. Der erzeugte Dampf wird zu einer Dampfturbine geleitet, um zusätzliche Leistung zu erzeugen. Auf diese Weise verrichtet eine Gasturbine Arbeit mittels des Brayton-Zyklus, und die Dampfturbine verrichtet Arbeit mittels des Rankine-Zyklus.

[0004] Fig. 1 veranschaulicht ein herkömmliches Kraftwerk 100, das ein Kombikraftwerk ist. Das Kraftwerk 100 enthält einen Gasturbinenabschnitt, der einen Verdichter 110, eine Brennkammer 120 und eine Turbine 130 aufweist. Das Kraftwerk 100 enthält ferner eine Rohölerwärmungseinrichtung 140, einen Hochleistungserhitzer 150, eine Wassereinspritzpumpe 160, einen Abhitzedampferzeuger 170, eine Zwischendruckkesselspeisewasserpumpe 180 und ein Ventil 190.

[0005] Es wird angenommen, dass die Brennkammer 120 sowohl für einen Gasbrennstoff- als auch für einen Flüssigbrennstoffbetrieb geeignet ist. Beim Gasbrennstoffbetrieb kann ein gasförmiger Brennstoff vor der Verbrennung erwärmt werden, um den thermischen Wirkungsgrad zu erhöhen. In einem herkömmlichen Kraftwerk 100 wird aus einem Ausgang eines Zwischen-druck-Economisers 172 entnommenes Warmwasser (d.h. Wasser, das in einen Zwischendruck-Verdampfer eintritt) des Abhitzedampferzeugers 170 verwendet, um den Gasbrennstoff in dem Hochleistungserhitzer 150 zu erhitzen.

[0006] Flüssigbrennstoff kann ebenso vor der Verbrennung erwärmt werden, um den Wirkungsgrad während des Flüssigbrennstoffbetriebs (z.B. während eines Anlauf-, eines Teillastbetriebs) zu erhöhen. In Fig. 1 wird für diesen Zweck die Rohölerwärmungseinrichtung 140 verwendet.

[0007] Zusätzlich kann während des Flüssigbrennstoffbetriebs Wasser eingespritzt werden, um Emissionen (NO_x, CO) zu reduzieren. In Fig. 1 wird die Wassereinspritzpumpe 160 während des Flüssigbrennstoffbetriebs zur Einspritzung von Wasser in die Brennkammer 120 verwendet. Es ist ersichtlich, dass die Flüssigbrennstoff-erwärmung und Wassereinspritzung vorteilhaft sind.

KURZE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0008] Ein nicht beschränkender Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Flüssigbrennstoff-erwärmungs- und Wassereinspritzsystem eines Kraftwerks. Das System kann eine Kesselspeisewasserpumpe, einen Abhitzedampferzeuger, eine Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung und eine Wassereinspritzeinrichtung enthalten. Die Kesselspeisewasserpumpe kann eingerichtet sein, um an ihrem Ausgang Speisewasser zu liefern. Der Abhitzedampferzeuger kann eingerichtet sein, um an seinem Eingang aufgenommenes Wasser zu erwärmen und um an seinem Ausgang einen Teil des erwärmten Wassers oder das gesamte erwärmte Wasser auszugeben. Die Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung kann eingerichtet sein, um erwärmtes Wasser an ihrem Eingang aufzunehmen, einen Flüssigbrennstoff zu erwärmen, bevor der Flüssigbrennstoff in einer Brennkammer verbrannt wird, und das verbrauchte warme Wasser an ihrem Ausgang auszugeben. Die Wassereinspritzeinrichtung kann eingerichtet sein, um Wasser an ihrem Eingang aufzunehmen und das aufgenommene Wasser in die Brennkammer einzuspritzen. Der Ausgang der Kesselspeisewasserpumpe kann mit dem Eingang des Abhitzedampferzeugers und mit dem Eingang der Wassereinspritzeinrichtung in Fluidverbindung stehen. Der Ausgang des Abhitzedampferzeugers kann mit dem Eingang der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung und mit dem Eingang der Wassereinspritzeinrichtung in Fluidverbindung stehen. Der Ausgang der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung kann mit dem Eingang der Wassereinspritzeinrichtung in Fluidverbindung stehen.

[0009] In dem vorstehend beschriebenen System kann der Ausgang der Kesselspeisewasserpumpe (BFP) auch mit dem Eingang der Flüssigbrennstoff(LF)-Erwärmungseinrichtung in Fluidverbindung stehen.

[0010] Das System einer beliebigen vorstehend erwähnten Art kann ferner ein HRSG-Bypassventil aufweisen, das eingerichtet ist, um eine an seinem Eingang aufgenommene Wassermenge zur Durchleitung zu seinem Ausgang zu regulieren, wobei der Eingang des HRSG-Bypassventils mit dem Ausgang der Kesselspeisewasserpumpe in Fluidverbindung stehen kann, wobei der Ausgang des HRSG-Bypassventils mit dem Eingang der Wassereinspritzeinrichtung in Fluidverbindung

stehen kann und wobei das HRSG-Bypassventil in einer parallelen Anordnung zu dem HRSG sein kann, so dass eine Speisewassermenge, die nicht durch das HRSG-Bypassventil hindurchströmt, zu dem HRSG gerichtet wird.

[0011] Zusätzlich kann der Ausgang des HRSG-Bypassventils ebenfalls mit dem Eingang der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung in Fluidverbindung stehen.

[0012] Weiter zusätzlich oder als eine Alternative kann das System ferner ein Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventil aufweisen, das eingerichtet ist, um eine an seinem Eingang aufgenommene Wassermenge zur Durchleitung durch seinen Ausgang zu regulieren, wobei der Eingang des Bypass-ventils der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung mit dem Ausgang des HRSG und mit dem Ausgang des HRSG-Bypassventils in Fluidverbindung stehen kann, wobei der Ausgang des Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventils mit dem Eingang der Wassereinspritzeinrichtung in Fluidverbindung stehen kann und wobei das Bypassventil der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung in einer parallelen Anordnung zu der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung sein kann, so dass eine Speisewassermenge, die nicht durch das Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventil hindurchströmt, zu der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung geleitet wird.

[0013] In dem System der zuletzt erwähnten Art kann das Kraftwerk in einem Flüssigbrennstoff-Betrieb betrieben werden, wobei der Flüssigbrennstoff-Betrieb stattfindet, wenn Flüssigbrennstoff in der Brennkammer verbrannt wird, wobei das HRSG-Bypassventil und das Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventil so eingerichtet sein können, dass zumindest während eines Teils des Flüssigbrennstoff-Betriebs das HRSG-Bypassventil eine von Null verschiedene Speisewassermenge von der Kesselspeisewasserpumpe zu dem HRSG leitet, und das Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventil eine von Null verschiedene Menge des erwärmten Speisewassers von dem HRSG zu der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung leitet.

[0014] Zusätzlich oder als eine Alternative kann das System ferner ein Dreiwegeventil aufweisen, das eingerichtet ist, um Wasser an seinem Eingang aufzunehmen und das aufgenommene Wasser zu einem oder beiden von seinem ersten und seinem zweiten Ausgang zu leiten, wobei der Eingang des Dreiwegeventils mit dem Ausgang des Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventils und mit dem Ausgang des Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventils in Fluidverbindung stehen kann, wobei der erste Ausgang des Dreiwegeventils mit dem Eingang der Wassereinspritzeinrichtung in Fluidverbindung stehen kann und wobei der zweite Ausgang des Dreiwegeventils mit einem Kondensator in Fluidverbindung stehen kann.

[0015] In dem System der zuletzt erwähnten Art kann das Dreiwegeventil derart eingerichtet sein, dass, wenn eine Wassereinspritzung in die Brennkammer stattfinden soll, eine von Null verschiedene Menge an aufgenommenem Speisewasser zu seinem ersten Ausgang geleitet wird, und wenn eine Wassereinspritzung in die Brennkammer nicht stattfinden sollte, das gesamte aufgenommene Speisewasser zu seinem zweiten Ausgang geleitet wird.

[0016] In dem System einer beliebigen vorstehend erwähnten Art kann die Kesselspeisewasserpumpe eingerichtet sein, um Speisewasser aus einem Bottoming-Zyklus des Kraftwerks zu liefern.

[0017] Zusätzlich oder als eine Alternative kann die Kesselspeisewasserpumpe eine Niederdruck(LP)-Kesselspeisewasserpumpe oder eine Mitteldruck(IP)-Kesselspeisewasserpumpe sein.

[0018] In dem System einer beliebigen vorstehend erwähnten Art kann die Wassereinspritzeinrichtung einen Filter, der eingerichtet ist, um das Speisewasser vor der Einspritzung in die Brennkammer zu filtern, ein Strömungsmessgerät, das eingerichtet ist, um die Strömungsrate des in die Brennkammer eingespritzten Speisewassers zu messen, und ein Steuerungsventil aufweisen, das eingerichtet ist, um das in die Brennkammer eingespritzte Speisewasser zu steuern.

[0019] Ausserdem kann die Wassereinspritzeinrichtung ferner vorzugsweise ein Druckregelventil (PRV) aufweisen, das zur Regelung des Drucks der in die Wassereinspritzeinrichtung einströmenden Speisewassers eingerichtet ist.

[0020] Ein weiterer nicht beschränkender Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Kraftwerk. Das Kraftwerk kann einen Verdichter, eine Brennkammer und eine Gasturbine enthalten. Die Brennkammer kann eingerichtet sein, um ein Brennstoff-Luft-Gemisch für den Antrieb der Gasturbine zu verbrennen, wobei das Brennstoff-Luft-Gemisch ein Gemisch aus verdichteter Luft aus dem Verdichter und Brennstoff aufweist. Der Brennstoff kann gasförmig und/oder flüssig sein. Das Kraftwerk kann ferner eine Kesselspeisewasserpumpe, einen Abhitzedampferzeuger, eine Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung, eine Wassereinspritzeinrichtung und eine Steuerungseinrichtung enthalten. Die Steuerungseinrichtung kann eingerichtet sein, um eine oder mehrere Betriebsarten des Kraftwerks zu steuern. Die Kesselspeisewasserpumpe kann eingerichtet sein, um an ihrem Ausgang Speisewasser zu liefern. Der Abhitzedampferzeuger, dessen Eingang mit dem Ausgang der Kesselspeisewasserpumpe in Fluidverbindung stehen kann, kann eingerichtet sein, um das an seinem Eingang aufgenommene Speisewasser zu erwärmen und an seinem Ausgang zumindest einen Teil von dem erwärmten Wasser auszugeben. Die Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung, deren Eingang mit dem Ausgang des Abhitzedampferzeugers in Fluidverbindung stehen kann, kann eingerichtet sein, um unter Verwendung des aufgenommenen erwärmten Speisewassers den Flüssigbrennstoff zu erwärmen, bevor der Flüssigbrennstoff in der Brennkammer verbrannt wird, und um das verbrauchte erwärmte Speisewasser an ihrem Ausgang auszugeben. Die Wassereinspritzeinrichtung, deren Eingang mit dem Ausgang der Kesselspeisewasserpumpe und dem Ausgang des Abhitzedampferzeugers in Fluidverbindung stehen kann, kann eingerichtet sein, um das Speisewasser an ihrem Eingang aufzunehmen und das aufgenommene Speisewasser in die Brennkammer einzuspritzen.

[0021] In dem vorstehend beschriebenen Kraftwerk kann die Steuerungseinrichtung eingerichtet sein, um zu bestimmen, ob der Flüssigbrennstoff erwärmt werden soll oder nicht; und wenn bestimmt wurde, dass der Flüssigbrennstoff erwärmt werden soll, den Betrieb des Kraftwerks zu steuern, um eine von Null verschiedene Speisewassermenge von der Kesselspeisewasserpumpe zu dem HRSG zu leiten und eine von Null verschiedene erwärmte Speisewassermenge von dem HRSG zu der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung zu leiten.

[0022] Zusätzlich kann das Kraftwerk ferner ein HRSG-Bypassventil aufweisen, das eingerichtet ist, um eine an seinem Eingang aufgenommene Wassermenge zur Durchleitung durch seinen Ausgang zu regeln, wobei der Eingang des HRSG-Bypass-ventils mit dem Ausgang der Kesselspeisewasserpumpe in Fluidverbindung steht, wobei der Ausgang des HRSG-Bypassventils mit dem Eingang der Wassereinspritzeinrichtung in Fluidverbindung steht und wobei das HRSG-Bypassventil in einer parallelen Anordnung zu dem HRSG ist, so dass eine Speisewassermenge, die nicht durch das HRSG-Bypassventil hindurchströmt, in Richtung des HRSG geleitet wird, wobei, wenn bestimmt wird, dass der Flüssigbrennstoff erwärmt werden soll, die Steuerungseinrichtung die von Null verschiedene Menge des Speisewassers aus der Kesselspeisewasserpumpe zu dem HRSG leiten kann, indem sie das HRSG-Bypassventil steuert.

[0023] Weiter zusätzlich oder als eine Alternative kann das Kraftwerk ein Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventil aufweisen, das eingerichtet ist, um eine an seinem Eingang aufgenommene Wassermenge zur Durchleitung durch seinen Ausgang zu steuern/regeln, wobei der Eingang des Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventils mit dem Ausgang des HRSG und mit dem Ausgang des HRSG-Bypassventils in Fluidverbindung steht, wobei der Ausgang des Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventils mit dem Eingang[^] ~MJ! der Wassereinspritzeinrichtung in Fluidverbindung steht und wobei das Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventil in einer parallelen Anordnung zu der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung ist, so dass eine Speisewassermenge, die nicht durch das Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventil hindurchströmt, in Richtung der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung geleitet werden kann, wobei, wenn bestimmt wird, dass der Flüssigbrennstoff erwärmt werden soll, die Steuerungseinrichtung die von Null verschiedene Menge des Speisewassers von dem HRSG zu der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung leiten kann, indem sie das HRSG-Bypassventil steuert.

[0024] In dem Kraftwerk einer beliebigen vorstehend erwähnten Art kann die Steuerungseinrichtung eingerichtet sein, um zu bestimmen, ob eine Wassereinspritzung in die Brennkammer stattfinden sollte oder nicht stattfinden sollte, und, wenn bestimmt wird, dass die Wassereinspritzung stattfinden sollte, den Betrieb des Kraftwerks zu steuern, um eine von Null verschiedene Speisewassermenge von der Kesselspeisewasserpumpe und/oder von dem HRSG zu der Wassereinspritzeinrichtung zu leiten, und wenn bestimmt wird, dass eine Wassereinspritzung nicht stattfinden sollte, den Betrieb des Kraftwerks zu steuern, um das gesamte Speisewasser von der Kesselspeisewasserpumpe und/oder von dem HRSG in Richtung eines Kondensators zu leiten.

[0025] Ausserdem kann das Kraftwerk ferner ein Dreiwegeventil aufweisen, das eingerichtet ist, um Wasser an seinem Eingang aufzunehmen und das aufgenommene Wasser zu einem oder beiden von seinen ersten und zweiten Ausgang zu leiten, wobei der Eingang des Dreiwegeventils mit dem Ausgang der Kesselspeisewasserpumpe und mit dem Ausgang des HRSG in Fluidverbindung steht, wobei der erste Ausgang des Dreiwegeventils mit dem Eingang der Wassereinspritzeinrichtung in Fluidverbindung steht und wobei der zweite Ausgang des Dreiwegeventils mit einem Kondensator in Fluidverbindung steht, wobei, wenn bestimmt wird, dass die Wassereinspritzung stattfinden sollte, die Steuerungseinrichtung das Dreiwegeventil steuern kann, um eine von Null verschiedene Speisewassermenge von der Kesselspeisewasserpumpe und/oder von dem HRSG zu seinem ersten Ausgang zu leiten, und wobei, wenn bestimmt wird, dass die Wassereinspritzung nicht stattfinden sollte, die Steuerungseinrichtung das Dreiwegeventil steuern kann, um das gesamte Speisewasser von der Kesselspeisewasserpumpe und/oder von dem HRSG zu seinem zweiten Ausgang zu leiten.

[0026] Ein noch weiterer, nicht beschränkender Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Kraftwerks, das eine Kesselspeisewasserpumpe, einen Abhitzedampferzeuger in einem Fluidpfad stromabwärts von der Kesselspeisewasserpumpe, eine Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung in dem Fluidpfad stromabwärts von dem Abhitzedampferzeuger und eine Wassereinspritzeinrichtung in dem Fluidpfad stromabwärts von der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung aufweist. Das Verfahren kann das Zuführen von Speisewasser zu dem Fluidpfad in Richtung des Abhitzedampferzeugers und der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung unter Verwendung der Kesselspeisewasserpumpe enthalten. Das Verfahren kann ferner das Bestimmen, ob der der Brennkammer zugeführte Flüssigbrennstoff erwärmt werden sollte oder nicht erwärmt werden sollte, enthalten. Wenn bestimmt wird, dass der Flüssigbrennstoff erwärmt werden sollte, kann das Verfahren zum Erwärmen des Flüssigbrennstoffs fortschreiten. Der Schritt des Erwärmens des Flüssigbrennstoffs kann das Leiten des Speisewassers von der Kesselspeisewasserpumpe zu dem Abhitzedampferzeuger, Erwärmen des geleiteten Speisewassers in dem Abhitzedampferzeuger, Zuführen des erwärmten Speisewassers zu der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung und Erwärmen des Flüssigbrennstoffs in der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung unter Verwendung des erwärmten Speisewassers aus dem Abhitzedampferzeuger enthalten. Das Verfahren kann ferner das Bestimmen, ob eine Wassereinspritzung in die Brennkammer stattfinden sollte oder nicht stattfinden sollte, enthalten. Wenn bestimmt wird, dass die Wassereinspritzung stattfinden sollte, kann das Verfahren zum Einspritzen des Speisewassers in die Brennkammer fortfahren. Der Schritt des Einspritzens des Speisewassers kann das Leiten des Speisewassers von der Kesselspeisewasserpumpe zu der Wassereinspritzeinrichtung und Einspritzen des Speisewassers in die Brennkammer unter Verwendung der Wassereinspritzeinrichtung enthalten.

[0027] In dem zuvor erwähnten Verfahren kann das Kraftwerk ferner ein HRSG-Bypassventil stromabwärts von der Kesselspeisewasserpumpe und in paralleler Anordnung mit dem HRSG, ein Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventil stromabwärts von dem HRSG und dem HRSG-Bypassventil in dem Fluid-pfad und in paralleler Anordnung mit der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung und ein Dreiwegeventil stromabwärts von dem Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventil und stromaufwärts von der Wassereinspritzeinrichtung in dem Fluidpfad aufweisen, wobei der Schritt des Leitens des Speisewassers von der Kesselspeisewasserpumpe zu dem HRSG ein Betreiben des HRSG-Bypassventils derart aufweisen kann, dass eine von Null verschiedene Menge an Speisewasser zu dem HRSG geleitet wird, wobei der Schritt des Zuführens des erwärmten Speisewassers zu der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung ein Betreiben des Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventils derart aufweisen kann, dass eine von Null verschiedene Menge des erwärmten Speisewassers zu der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung geleitet wird, und wobei der Schritt des Leitens des Speisewassers von der Kesselspeisewasserpumpe zu der Wassereinspritzeinrichtung ein Betreiben des Dreiwegeventils derart aufweisen kann, dass eine von Null verschiedene Menge des Speisewassers zu der Wassereinspritzeinrichtung geleitet wird.

[0028] Die Erfindung wird nun detaillierter in Verbindung mit den nachstehend angegebenen Zeichnungen beschrieben.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0029] Diese und weitere Merkmale der vorliegenden Erfindung werden anhand der folgenden detaillierten Beschreibung beispielhafter Ausführungsformen in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen besser verstanden, in denen:

- Fig. 1 ein herkömmliches Kombikraftwerk veranschaulicht;
- Fig. 2 ein Kraftwerk gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht;
- Fig. 3 eine Wassereinspritzeinrichtung gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht;
- Fig. 4 eine Wassereinspritzeinrichtung gemäss einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht;
- Fig. 5 eine schematische Darstellung eines Einspritzmodus des Kraftwerks mit erwärmtem Speisewasser gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;
- Fig. 6 eine schematische Darstellung eines Einspritzmodus des Kraftwerks mit nicht erwärmtem Speisewasser gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;
- Fig. 7 eine schematische Darstellung eines kombinierten Einspritzmodus des Kraftwerks mit erwärmtem und nicht erwärmtem Speisewasser gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;
- Fig. 8 ein Flussdiagramm eines beispielhaften Verfahrens zum Betrieb eines Kraftwerks gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;
- Fig. 9 ein Flussdiagramm eines beispielhaften Prozesses zur Erwärmung eines Flüssigbrennstoffs in einem Kraftwerk gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt; und
- Fig. 10 ein Flussdiagramm eines beispielhaften Prozesses zur Einspritzung von Wasser in ein Kraftwerk gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0030] Es werden einer oder mehrere Aspekte eines neuartigen Kraftwerks beschrieben. Unter vielen Vorteilen enthalten die erfinderischen Aspekte ein vereinfachtes Wassereinspritz- und Flüssigbrennstoff-Erwärmungssystem, das Kosten und Aufstellungsflächen reduzieren kann. Ebenso kann der Wirkungsgrad des Kombinationszyklus durch die erfinderischen Aspekte erhöht werden.

[0031] In einem oder mehreren Aspekten ist eine Anordnung geschaffen, in der Kesselspeisewasser, z.B. aus einem Bottoming-Zyklus, während eines Flüssigbrennstoff(LF)-Betriebs in einem Kraftwerk sowohl zur Flüssigbrennstoff-Erwärmung als auch für eine Wassereinspritzung genutzt werden kann. Eine Entnahme stromabwärts von einer Speisewasserpumpe kann beispielsweise für die Flüssigbrennstoff-Erwärmung verwendet werden. Dasselbe Speisewasser kann zu einer Wassereinspritzeinrichtung befördert werden, die das Wasser zu den Brennkammerdüsen befördert. Die Wassereinspritzeinrichtung kann auch die Strömung des Wassers steuern/regeln.

[0032] Der Flüssigbrennstoff(LF)-Betrieb des Kraftwerks kann dann angesehen werden, als wenn Flüssigbrennstoff in der Brennkammer des Gasturbinen(GT)-Systems verbrannt wird. Ebenso kann ein Gasbrennstoff(GF)-Betrieb des Kraftwerks angesehen werden, als wenn gasförmiger Brennstoff in der Brennkammer verbrannt wird. Man erkenne, dass es möglich

ist, dass sowohl Flüssigbrennstoff als auch Gasbrennstoff zur gleichen Zeit verbrannt werden können. D.h., das GT-System des CCPC kann sowohl im Flüssigbrennstoff- als auch im GF-Betrieb arbeiten.

[0033] Fig. 2 veranschaulicht ein beispielhaftes Kraftwerk gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. In dieser Fig. ist das Kraftwerk 200 als ein Gas- und Dampfturbinen-Kombikraftwerk veranschaulicht. Dies sollte jedoch nicht als eine Anforderung verstanden werden. Das beispielhafte Kraftwerk 200 kann eine Steuerungseinrichtung 205 enthalten, die eingerichtet ist, um die gesamte Funktionsweise des Kraftwerks 200 zu steuern. D.h., die Steuerungseinrichtung 205 kann eingerichtet sein, um eine oder mehrere Betriebsarten des Kraftwerks 200, einschliesslich des LF-Betriebs und/oder des GF-Betriebs, zu steuern. Die Steuerungseinrichtung 205 kann den Betrieb des Kraftwerks 200 dadurch steuern, dass sie eine oder mehrere einzelne Komponenten des Kraftwerks 200 steuert.

[0034] Gestrichelte Linien in Fig. 2, die in die Steuerungseinrichtung 205 eintreten, repräsentieren Eingangssignale von einer beliebigen einzelnen oder beliebigen mehreren der Komponenten 210–290 (z.B. Sensorinformationen) des Kraftwerks 200 sowie Anweisungen eines menschlichen Bedieners. Die Sensorinformation ist ebenfalls durch die gestrichelten Linien dargestellt, die aus den Komponenten austreten. Der Einfachheit halber sind die tatsächlichen Kopplungen der Ausgänge der Komponenten 210–290 an die Steuerungseinrichtung 205 nicht gezeigt. Die gestrichelten Linien, die die Steuerungseinrichtung 205 verlassen, repräsentieren Ausgangssignale, die an eine beliebige einzelne oder an beliebige mehrere der gleichen Komponenten 210–290 geliefert werden (z.B. Steuerungssignale), sowie Ausgangsinformationen für den menschlichen Bediener. Die Steuerungsinformationen sind ebenfalls durch gestrichelte Linien, die in die Komponenten eintreten, dargestellt. Aus Gründen der Lesbarkeit sind wiederum die tatsächlichen Kopplungen der Ausgänge aus der Steuerungseinrichtung 205 mit den Komponenten 210–290 nicht gezeigt.

[0035] Das Kraftwerk 200 kann ein GT-System als seine Hauptkraftmaschine enthalten. In Fig. 2 weist das GT-System einen Verdichter 210, eine Brennkammer 220 und eine Gasturbine 330 auf. Der Verdichter 210 kann eingerichtet sein, um Luft zu verdichten und die verdichtete Luft – oder allgemeiner ein verdichtetes Oxidationsmittel – der Brennkammer 220 zuzuführen. Die Brennkammer 220 kann eingerichtet sein, um die verdichtete Luft und Brennstoff aufzunehmen und das Brennstoff-Luft-Gemisch zum Antreiben der Gasturbine 330 zu verbrennen. Der Brennstoff kann ein Gas und/oder eine Flüssigkeit sein. D.h., die Brennkammer 220 ist sowohl zu einem Flüssigbrennstoff (LF)-Betrieb als auch zu einem Gasbrennstoff(GF)-Betrieb fähig.

[0036] Das Kraftwerk 200 kann ferner eine Kesselspeisewasserpumpe (BFP) 280, einen Abhitzedampferzeuger (HRSG) 270 und einen Hochleistungserhitzer 250 enthalten. Die Kesselspeisewasserpumpe 280 kann mit dem HRSG 270 in Fluidverbindung stehen. Allgemeinen kann gesagt werden, dass zwei Vorrichtungen oder Elemente miteinander in Fluidverbindung stehen, wenn es einen Pfad für ein Fluid gibt, auf dem das Fluid von einer Vorrichtung zu der anderen strömen kann. In diesem Falle ist es ersichtlich, dass es einen Pfad für ein Fluid (z.B. Speisewasser) gibt, auf dem dieses von dem Ausgang der Kesselspeisewasserpumpe 280 zu dem Eingang des HRSG 270 strömen kann.

[0037] Es ist zu beachten, dass zwei Vorrichtungen auch dann in Fluidverbindung stehen können, wenn dazwischen eingreifende Elemente vorhanden sind. Es kann beispielsweise gesagt werden, dass die Kesselspeisewasserpumpe 280 mit dem Hochleistungserhitzer 250 in Fluidverbindung steht, selbst wenn der HRSG 270 dazwischen sein kann. Dies ist deshalb der Fall, weil es einen Pfad gibt, auf dem das Speisewasser von dem Ausgang der Kesselspeisewasserpumpe 280 zu dem Eingang des Hochleistungserhitzers 250 über den HRSG 270 strömen kann.

[0038] Die Kesselspeisewasserpumpe 280 kann eingerichtet sein, um an ihrem Ausgang Speisewasser bereitzustellen. Wie in Fig. 2 angeordnet, kann die Kesselspeisewasserpumpe 280 eingerichtet sein, um das Speisewasser dem HRSG 270 zuzuführen. Die Kesselspeisewasserpumpe 280 kann das Speisewasser beispielsweise einem Vorwärmer (Economiser) 272 des HRSG 270 zuführen. In einem Aspekt kann die Kesselspeisewasserpumpe 280 das Speisewasser aus einem Bottoming-Zyklus des Kraftwerks 200 liefern. Das gelieferte Speisewasser kann von einem (nicht dargestellten) Kondensator stammen und durch eine Kondensator-Extraktionspumpe (CEP) 275 gepumpt werden.

[0039] Der HRSG 270 kann eingerichtet sein, um an seinem Eingang aufgenommenes Wasser zu erwärmen und um einiges von dem erwärmten Wasser oder das gesamte erwärmte Wasser an seinem Ausgang auszugeben. Der Ausgang des HRSG 270 kann mit dem Eingang des Hochleistungserhitzers 250 in Fluidverbindung stehen. Wie angeordnet, kann der HRSG 270 eingerichtet sein, um das von der Kesselspeisewasserpumpe 280 gelieferte Speisewasser zu erwärmen. In einem Aspekt kann das Abgas aus der Gasturbine 230 die Wärmequelle sein, die in dem HRSG 270 verwendet wird, um das Speisewasser zu erwärmen. Das erwärmte Speisewasser aus dem HRSG 270 kann dem Hochleistungserhitzer 250 zugeführt werden, und der Hochleistungserhitzer 250 kann eingerichtet sein, um während des GF-Betriebs den Gasbrennstoff unter Verwendung des erwärmten Speisewassers aus dem HRSG 270 (z.B. aus dem Vorwärmer 272) zu erwärmen. Ein Ventil 290 für erwärmtes Speisewasser kann eingerichtet sein, um eine Menge des aus dem HRSG 270 austretenden erwärmten Speisewassers zu steuern/regeln.

[0040] Der Vorwärmer 272 kann ein Mitteldruck(IP)-Vorwärmer oder ein Hochdruck(HP)-Vorwärmer sein. In ähnlicher Weise kann die Kesselspeisewasserpumpe 280 entweder eine IP-Kessel-speisewasserpumpe oder eine HP-Kesselspeisewasserpumpe sein. Obwohl es nicht speziell veranschaulicht ist, kann das in dem Hochleistungserhitzer 250 erwärmte Speisewasser aus einer beliebigen Kombination eines von dem IP- und dem HP-Vorwärmer oder von beiden stammen. In einem Fall kann es zwei Kessel-speisewasserpumpe 280 und zwei Ventile 290 für erwärmtes Wasser für die entsprechenden Vorwärmer 272 geben. Für den Rest dieser Beschreibung wird eine Kesselspeisewasserpumpe 280 und ein

Ventil 290 für erwärmtes Wasser angenommen. Es sollte aber erkannt werden, dass der Umfang der Beschreibung ohne weiteres mehrere Kesselspeisewasserpumpen und/oder mehrere Ventile 290 für erwärmtes Wasser, die den mehreren Vorwärmern 272 entsprechen, umfassen kann.

[0041] Wie vorstehend erwähnt, kann während eines Flüssigbrennstoff-Betriebs (d.h. während eines Anlauf-, eines Teillastbetriebs) der Flüssigbrennstoff vor der Verbrennung erwärmt werden, um die Effizienz zu erhöhen. Ebenso kann während eines Flüssigbrennstoff-Betriebs Wasser in die Brennkammer eingespritzt werden, um Emissionen zu reduzieren. In dem herkömmlichen System (siehe zum Beispiel Fig. 1) wird jedoch eine Rohölerwärmungseinrichtung mit einer Hilfswärmequelle verwendet, um den flüssigen Brennstoff zu erwärmen. Dies beschränkt das Mass der Kombinationszykluseffizienz, die erzielt werden kann. Eine Wassereinspritzung wird auch durch eine gesonderte Wassereinspritzpumpe bewerkstelligt. Dies hat zur Folge, dass die Standfläche der Ausrüstung für die Wassereinspritzung und für die Flüssigbrennstoff-Erwärmung gross und komplex wird. Dies beschränkt ebenfalls den Wirkungsgrad und erhöht die Kosten.

[0042] Das Kraftwerk 200 geht jedoch einige oder alle der Mängel des herkömmlichen Systems an. Das Kraftwerk 200 ermöglicht die Verwendung des Speisewassers, das für die Flüssigbrennstoff-Erwärmung von der Kesselspeisewasserpumpe 280 zugeführt wird. Das Kraftwerk 200 ermöglicht die Verwendung des Speisewassers von der Kesselspeisewasserpumpe 280 auch für die Wassereinspritzung in die Brennkammer 220.

[0043] In einer Ausführungsform kann das Kraftwerk 200 eine Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung 235 enthalten. Der Ausgang des HRSG 270 kann mit dem Eingang der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung 235 in Fluidverbindung stehen. Da der HRSG 270 mit der Kesselspeisewasserpumpe 280 in Fluidverbindung steht, kann auch gesagt werden, dass der Ausgang der Kesselspeisewasserpumpe 280 über den HRSG 270 mit der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung 235 in Fluidverbindung steht. Die Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung 235 kann eingerichtet sein, um Heisswasser an ihrem Eingang aufzunehmen, einen Flüssigbrennstoff zu erwärmen, bevor der Flüssigbrennstoff in der Brennkammer 220 verbrannt wird, und an ihrem Ausgang verbrauchtes Heisswasser auszugeben. In diesem Falle ist aufgrund der Fluidverbindung das von der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung 235 verwendete Heisswasser das Speisewasser von der Kesselspeisewasserpumpe 280, das durch den HRSG 270 erwärmt wird.

[0044] Dies ist insofern vorteilhaft, als zum Erwärmen des Flüssigbrennstoffs eine eigenständige Hilfsquelle nicht erforderlich ist. In einer Ausführungsform gibt es somit keine Hilfswärmequelle für die Flüssigbrennstoff-Erwärmung. Aber in einer weiteren Ausführungsform kann eine Hilfswärmequelle in Kombination mit dem erwärmten Speisewasser aus dem HRSG 270 verwendet werden.

[0045] In einigen Fällen kann es nicht notwendig und/oder nicht erwünscht sein, dass das Speisewasser in die Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung 235 strömt. Wenn beispielsweise lediglich ein Gasbrennstoff in der Brennkammer 220 verbrannt wird, d.h. wenn kein Flüssigbrennstoff-Betrieb stattfindet, dann bestünde keine Notwendigkeit für die Flüssigbrennstoff-Erwärmung. Als ein weiteres Beispiel kann während eines Anlaufs der HRSG 270 nicht in der Lage sein, das Speisewasser von der Kesselspeisewasserpumpe 280 für eine Flüssigbrennstoff-Erwärmung ausreichend zu erwärmen. In diesem Fall kann es, selbst wenn ein Flüssigbrennstoff-Betrieb stattfindet, erwünscht sein, die Flüssigbrennstoff-Erwärmung zu umgehen. Es kann in der Tat vorteilhafter sein, den HRSG 270 zu umgehen sowie zu erlauben, dass der HRSG 270 seine Betriebstemperatur schneller erreicht.

[0046] Um eine solche Flexibilität zu ermöglichen, kann das Kraftwerk 200 ein HRSG-Bypassventil 215 enthalten, welches eingerichtet sein kann, um eine an seinem Eingang aufgenommene Wassermenge zum Durchleiten durch seinen Ausgang zu steuern/regeln. Wie ersichtlich, kann das HRSG-Bypassventil 215 in einer parallelen Anordnung mit dem HRSG 270 angeordnet sein. D.h., der Eingang und der Ausgang des HRSG-Bypassventils 215 kann jeweils mit dem Ausgang der Kesselspeisewasserpumpe 280 bzw. mit dem Eingang der Wassereinspritzeinrichtung 255 in Fluidverbindung stehen. Bei der parallelen Anordnung kann die Menge an Speisewasser, die nicht durch das HRSG-Bypassventil 215 strömt, zu dem HRSG 270 umgeleitet werden. Die Menge an Speisewasser, die durch das HRSG-Bypassventil 215 hindurchströmt, kann in einem Bereich zwischen einem Minimum (so niedrig wie Null) und einem Maximum (so viel wie die gesamte Menge) liegen. Dies impliziert, dass die Menge an Speisewasser, die zu dem HRSG 270 geleitet wird, ebenso in einem Bereich zwischen einem Minimum und einem Maximum liegen kann.

[0047] Das Kraftwerk 200 kann ein Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventil 225 enthalten, das ebenfalls eingerichtet sein kann, um eine an seinem Eingang aufgenommene Wassermenge zum Durchleiten durch seinen Ausgang zu regulieren. Das Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventil 225 kann in einer parallelen Anordnung mit der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung 235 angeordnet sein. D.h. der Eingang und der Ausgang des Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventils 225 kann jeweils mit dem Ausgang des HRSG 270 bzw. mit dem Eingang der Wassereinspritzeinrichtung 255 in Fluidverbindung stehen. Der Eingang des Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventils 225 kann mit dem Ausgang des HRSG-Bypassventils 215 in Fluidverbindung stehen. Bei der parallelen Anordnung kann die Menge an Speisewasser, die nicht durch das Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventil 225 strömt, zu der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung 235 umgeleitet werden. Die Menge an Speisewasser, die durch das Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventil 225 hindurchströmt, kann in einem Bereich zwischen einem Minimum und einem Maximum liegen, was impliziert, dass die Menge an Speisewasser, die zu der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung 235 umgeleitet wird, ebenso zwischen irgendeinem Minimum und Maximum liegen kann.

[0048] In einem Aspekt kann die Steuerungseinrichtung 205 bestimmen, ob der Flüssigbrennstoff erwärmt werden soll. Während eines Flüssigbrennstoff-Betriebs können Sensorinformationen beispielsweise anzeigen, dass die Temperatur des Flüssigbrennstoffs niedriger als eine erwünschte Temperatur ist. Wenn festgestellt wird, dass der Flüssigbrennstoff erwärmt werden sollte, kann die Steuerungseinrichtung 205 das HRSG-Bypassventil 215 so steuern, dass zumindest ein Teil, d.h. eine von Null verschiedene Menge, des Speisewassers von der Kesselspeisewasserpumpe 280 zu dem HRSG 270 geleitet wird. Auf diese Weise sollte erwärmtes Speisewasser verfügbar sein. Die Steuerungseinrichtung 205 kann auch das Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventil 225 steuern, so dass eine von Null verschiedene Menge des erwärmten Speisewassers zu der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung 235 geleitet wird.

[0049] Es ist zu beachten, dass durch die Steuerung irgendeines/irgendeiner einzelnen oder mehrerer von der Kesselspeisewasserpumpe 280, dem HRSG 270, dem HRSG-Bypassventil 215, dem Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventil 225 und der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung 235 die Steuerungseinrichtung 205 den in der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung 235 stattfindenden Wärmeaustausch während des Flüssigbrennstoff-Betriebs regulieren kann. Die Steuerungseinrichtung 205 kann beispielsweise die Temperatur und/oder die Strömungsrate des in die Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung 235 einströmenden Speisewassers steuern/regeln.

[0050] Das Kraftwerk 200 kann ferner eine Wassereinspritzeinrichtung 255 enthalten, die eingerichtet sein kann, um Wasser an ihrem Eingang aufzunehmen und das aufgenommene Wasser in die Brennkammer 220 einzuspritzen. Der Eingang der Wassereinspritzeinrichtung 255 kann mit dem Ausgang der Kesselspeisewasserpumpe in Fluidverbindung stehen. In diesem Falle ist aufgrund der Fluidverbindungen das durch die Wassereinspritzeinrichtung 255 in die Brennkammer 220 eingespritzte Wasser das Speisewasser von der Kesselspeisewasserpumpe 280. D.h., dasselbe Speisewasser, das für die Flüssigbrennstoff-Erwärmung verwendet wird, kann ebenso für die Wassereinspritzung verwendet werden. Dies wird ferner ersichtlich, indem man erkennt, dass der Ausgang der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung 235 auch mit dem Eingang der Wassereinspritzeinrichtung 255 in Fluidverbindung stehen kann. Man beachte, dass der Eingang der Wassereinspritzeinrichtung 255 auch mit dem Ausgang des HRSG 270 in Fluidverbindung stehen kann.

[0051] Fig. 3 veranschaulicht eine Wassereinspritzeinrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Die Wassereinspritzeinrichtung 255 kann einen Filter 310, ein Strömungsmessgerät 320 und ein Steuerungsventil 330 aufweisen. Der Filter 310 kann eingerichtet sein, um das aufgenommene Wasser – jede Kombination aus dem erwärmten und nicht erwärmten Speisewasser – vor der Einspritzung in die Brennkammer 220 zu filtern. Das Strömungsmessgerät 320 kann eingerichtet sein, um die Strömungsrate des in die Brennkammer 220 eingespritzten Wassers zu messen, und das Steuerungsventil 330 kann eingerichtet sein, um das in die Brennkammer 220 eingespritzte Wasser zu steuern/regeln. Beispielsweise kann die Information über die Strömungsrate an die Steuerungseinrichtung 205 als ein Sensorsignal übermittelt werden, und die Steuerungseinrichtung 205 kann ein Steuerungssignal liefern, um das Steuerungsventil 330 zu betreiben.

[0052] Fig. 4 veranschaulicht eine Wassereinspritzeinrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. In dieser Figur kann die Wassereinspritzeinrichtung 255 zusätzlich ein Druckregelventil (PRV) 410 enthalten, das eingerichtet ist, um den Druck des in die Wassereinspritzeinrichtung 255 einströmenden Wassers zu regulieren.

[0053] Unter erneuter Bezugnahme auf Fig. 2 kann das Kraftwerk 200 ein Mehrwegeventil 245, z.B. ein Dreiwegeventil 245, enthalten. Das Dreiwegeventil 245 kann eingerichtet sein, um Wasser an seinem Eingang aufzunehmen und das aufgenommene Wasser zu einem oder beiden von seinem ersten und seinem zweiten Ausgang zu leiten. Der Eingang des Dreiwegeventils 245 kann mit dem Ausgang des Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventils 225 und mit dem Ausgang des Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventils 225 in Fluidverbindung stehen. In Folge dessen kann der Eingang des Dreiwegeventils 245 mit dem Ausgang der Kesselspeisewasserpumpe 280 und mit dem Ausgang des HRSG 270 in Fluidverbindung stehen. Der erste und der zweite Ausgang des Dreiwegeventils können mit dem Eingang der Wassereinspritzeinrichtung 255 bzw. mit einem Kondensator in Fluidverbindung stehen. Die zu dem ersten und zweiten Ausgang geleitete Menge an Speisewasser kann vollständig steuerbar/regelbar sein.

[0054] Man beachte, dass es nicht notwendig ist, dass eine Wassereinspritzung immer stattfindet. In einem Aspekt kann die Steuerungseinrichtung 205 bestimmen, ob die Wassereinspritzung stattfinden sollte. Beispielsweise können Sensorinformationen andeuten, dass das GT-System unter Teillast (z.B. 30% der Last oder mehr) arbeitet. In diesem Fall kann eine Wassereinspritzung zur NO_x-Senkung nützlich sein. Wenn bestimmt wird, dass die Wassereinspritzung stattfinden sollte, kann die Steuerungseinrichtung 205 das Dreiwegeventil 245 derart steuern, dass eine von Null verschiedene Speisewassermenge zu dem ersten Ausgang, d.h. in Richtung der Wassereinspritzeinrichtung 255, geleitet wird. Auf der anderen Seite kann, wenn bestimmt wird, dass die Wassereinspritzung nicht stattfinden sollte, die Steuerungseinrichtung 205 das Dreiwegeventil 245 steuern, um das gesamte aufgenommene Speisewasser zu dem zweiten Ausgang zu leiten.

[0055] Wann immer eine Wassereinspritzung stattfindet, sollte die für die Wassereinspritzung verwendete Speisewassermenge ausgeglichen werden. In Fig. 2 kann Zusatzwasser zugeführt werden, um den Speisewasserverlust durch die Wassereinspritzung auszugleichen.

[0056] Jede Kombination aus dem erwärmten und/oder nicht erwärmten Speisewasser kann in die Brennkammer 220 eingespritzt werden. Nicht gewärmtes Wasser bezieht sich auf den Teil des Speisewassers, der durch den HRSG 270 nicht erwärmt wird. Dieser kann der Speisewassermenge entsprechen, die durch das HRSG-Bypassventil 215 hindurch-

strömt. Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung eines Einspritzmodus mit erwärmtem Speisewasser gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Der Einfachheit halber werden nicht alle Komponenten des Kraftwerks 200 wiedergegeben. Wie zu sehen, kann das erwärmte Speisewasser aus dem HRSG 270 zu der Wassereinspritzeinrichtung 255 (z.B. in Form eines Wassereinspritzgeräts) zur Einspritzung in die Brennkammer 220 zugeführt werden. Die Steuerungseinrichtung 205 kann das HRSG-Bypassventil 215 derart steuern, dass das gesamte Speisewasser von der Kesselspeisewasserpumpe 280 zu dem HRSG 270 geleitet wird.

[0057] Fig. 6 veranschaulicht eine schematische Darstellung einer Einspritzung nicht erwärmten Speisewassers gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Wie es ersichtlich ist, kann das Speisewasser von der Kesselspeisewasserpumpe 280 der Wassereinspritzeinrichtung 255 zugeführt werden, ohne durch den HRSG 270 erwärmt zu werden. Die Steuerungseinrichtung 205 kann das HRSG-Bypassventil 215 so steuern, dass das gesamte Speisewasser von der Kesselspeisewasserpumpe 280 durch das HRSG-Bypassventil 215 hindurchströmt. Wie in Fig. 7 dargestellt, kann selbstverständlich auch eine Kombination aus erwärmtem und nicht erwärmtem Speisewasser eingespritzt werden. Die Steuerungseinrichtung 205 kann das HRSG-Bypassventil 215 so steuern/regeln, dass ein Teil, aber nicht die Gesamtheit, des Speisewassers aus der Kesselspeisewasserpumpe 280 durch das HRSG-Bypassventil 215 hindurchströmt.

[0058] Obgleich es in den Fig. 5–7 nicht veranschaulicht ist, kann die Steuerungseinrichtung 205 auch das Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventil 225 betreiben, so dass kein, einiges an oder das gesamte Speisewasser (erwärmt und/oder nicht erwärmt) durch das Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventil 235 hindurchströmt. Dies impliziert, dass zumindest ein Teil des für eine Flüssigbrennstoff-Erwärmung verwendeten Speisewassers ebenfalls für eine Wassereinspritzung verwendet wird.

[0059] Es ist selbstverständlich auch möglich, dass das gesamte eingespritzte Speisewasser nicht erwärmt wird, z.B. wenn das HRSG-Bypassventil 215 und das Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventil 225 beide in vollem Bypassbetrieb sind. Dies kann beispielsweise während des Anlaufs vorkommen.

[0060] In Fig. 8 ist ein Flussdiagramm eines beispielhaften Verfahrens zum Betreiben eines Kraftwerks veranschaulicht. Das beispielhafte Verfahren 800 kann in der Steuerungseinrichtung 205 zur Steuerung des Betriebs des Kraftwerks 200 implementiert sein. Wie es ersichtlich ist, kann im Schritt 810 die Steuerungseinrichtung 205 die Kesselspeisewasserpumpe 280 steuern, um Speisewasser zu dem Fluidpfad in Richtung der HRSG 270 und der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung 235 zuzuführen.

[0061] Im Schritt 820 kann die Steuerungseinrichtung 205 bestimmen, ob der der Brennkammer 220 zugeführte Flüssigbrennstoff erwärmt werden sollte oder nicht. Wenn bestimmt wird, dass der Flüssigbrennstoff erwärmt werden sollte, kann die Steuerungseinrichtung 205 zum Erwärmen des Flüssigbrennstoffs im Schritt 830 fortschreiten. Fig. 9 veranschaulicht ein Flussdiagramm eines beispielhaften Prozesses zur Durchführung des Schritts der Flüssigbrennstoff-Erwärmung. Wie ersichtlich, kann im Schritt 910 das Speisewasser aus der Kesselspeisewasserpumpe 280 zu dem HRSG 270 geleitet werden. Die Steuerungseinrichtung 205 kann beispielsweise das HRSG-Bypassventil 215 so betreiben, dass eine von Null verschiedene Menge des Speisewassers von der Kesselspeisewasserpumpe 280 zu dem HRSG 270 umgeleitet wird. Im Schritt 920 kann das umgeleitete Speisewasser in dem HRSG 270 erwärmt werden. Im Schritt 930 kann das erwärmte Speisewasser der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung 235 zugeführt werden. Die Steuerungseinrichtung 205 kann beispielsweise das Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventil 225 so betreiben, dass eine von Null verschiedene Menge des erwärmten Speisewassers zu der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung 235 geleitet wird. Im Schritt 940 kann der Flüssigbrennstoff unter Verwendung des erwärmten Speisewassers in der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung erwärmt werden.

[0062] Unter erneuter Bezugnahme auf Fig. 8 kann die Steuerungseinrichtung 205 im Schritt 840 bestimmen, ob eine Wassereinspritzung in die Brennkammer 220 stattfinden sollte oder nicht. Wenn bestimmt wird, dass eine Wassereinspritzung stattfinden sollte, kann das Verfahren zum Einspritzen des Speisewassers im Schritt 850 fortfahren. Fig. 10 veranschaulicht ein Flussdiagramm eines beispielhaften Prozesses zur Durchführung des Wassereinspritzungsschritts. Wie ersichtlich, kann im Schritt 1010 das Speisewasser aus der Kesselspeisewasserpumpe 280 zu der Wassereinspritzeinrichtung 255 geleitet werden. Die Steuerungseinrichtung 205 kann beispielsweise das Dreiwegeventil 245 so betreiben, dass eine von Null verschiedene Speisewassermenge zu der Wassereinspritzeinrichtung 255 umgeleitet wird. Im Schritt 1020 kann das umgeleitete Speisewasser durch die Wassereinspritzeinrichtung 255 in die Brennkammer 220 eingespritzt werden.

[0063] In einem oder mehreren erfinderischen Aspekten kann das von einer Kesselspeisewasserpumpe zugeführte Speisewasser für eine Flüssigbrennstoff-Erwärmung verwendet werden. Dies weist den Vorteil auf, dass keine Hilfswärmequelle erforderlich ist. Das Speisewasser aus der Kesselspeisewasserpumpe kann auch für eine Wassereinspritzung in die Brennkammer verwendet werden. Dies weist den Vorteil auf, dass die gesamte Flüssigbrennstoff-Erwärmung und Wassereinspritzung vereinfacht werden können.

[0064] Diese schriftliche Beschreibung verwendet Beispiele, um die Erfindung, einschliesslich der besten Ausführungsart, zu offenbaren und auch um jeden Fachmann auf dem Gebiet zu befähigen, die Erfindung in die Praxis umzusetzen, wozu die Schaffung und Verwendung jeglicher Vorrichtungen oder Systeme und die Durchführung jeglicher enthaltenen Verfahren gehören. Der patentierbare Umfang der Erfindung ist durch die Ansprüche definiert und kann weitere Beispiele umfassen, die Fachleuten auf dem Gebiet einfallen. Derartige weitere Beispiele sollen in dem Umfang der Ansprüche

enthalten sein, wenn sie strukturelle Elemente aufweisen, die sich von dem Wortsinn der Ansprüche nicht unterscheiden, oder wenn sie äquivalente strukturelle Elemente mit gegenüber dem Wortsinn der Ansprüche unwesentlichen Unterschieden enthalten.

[0065] In einem oder mehreren erfindungsgemässen Aspekten kann eine Kesselspeisewasserpumpe einem Abhitzedampferzeuger Speisewasser zuführen, und das erwärmte Speisewasser kann in einer Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung zur Flüssigbrennstoff-Erwärmung verwendet werden. Das Speisewasser von der Kesselspeisewasserpumpe kann ferner zur Wassereinspritzung in eine Brennkammer verwendet werden.

Patentansprüche

1. Flüssigbrennstoff-Erwärmungs- und Wassereinspritzsystem eines Kraftwerks, wobei das System aufweist:
eine Kesselspeisewasserpumpe (BFP), die eingerichtet ist, um Speisewasser an ihrem Ausgang zu liefern;
einen Abhitzedampferzeuger (HRSG), der eingerichtet ist, um an seinem Eingang aufgenommenes Wasser zu erwärmen und um einen Teil von dem erwärmten Wasser oder das gesamte erwärmte Wasser an seinem Ausgang auszugeben;
eine Flüssigbrennstoff(LF)-Erwärmungseinrichtung, die eingerichtet ist, um warmes Wasser an ihrem Eingang aufzunehmen, Flüssigbrennstoff zu erwärmen, bevor der Flüssigbrennstoff in einer Brennkammer verbrannt wird, und das verbrauchte warme Wasser an ihrem Ausgang auszugeben; und
eine Wassereinspritzeinrichtung, die eingerichtet ist, um Wasser an ihrem Eingang aufzunehmen und das aufgenommene Wasser in die Brennkammer einzuspritzen,
wobei der Ausgang der Kesselspeisewasserpumpe mit dem Eingang des HRSG und mit dem Eingang der Wassereinspritzeinrichtung in Fluidverbindung steht,
wobei der Ausgang des HRSG mit dem Eingang der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung und mit dem Eingang der Wassereinspritzeinrichtung in Fluidverbindung steht und
wobei der Ausgang der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung mit dem Eingang der Wassereinspritzeinrichtung in Fluidverbindung steht.
2. System gemäss Anspruch 1, wobei der Ausgang der Kesselspeisewasserpumpe auch mit dem Eingang der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung in Fluidverbindung steht.
3. System gemäss Anspruch 1 oder 2, das ferner aufweist:
ein HRSG-Bypassventil, das eingerichtet ist, um eine an seinem Eingang aufgenommene Wassermenge zum Durchleiten durch seinen Ausgang zu regulieren,
wobei der Eingang des HRSG-Bypassventils mit dem Ausgang der Kesselspeisewasserpumpe in Fluidverbindung steht,
wobei der Ausgang des HRSG-Bypassventils mit dem Eingang der Wassereinspritzeinrichtung in Fluidverbindung steht, und
wobei das HRSG-Bypassventil in einer parallelen Anordnung mit dem HRSG angeordnet ist, so dass eine Speisewassermenge, die nicht durch das HRSG-Bypassventil hindurchströmt, zu dem HRSG umgeleitet wird;
wobei der Ausgang des HRSG-Bypassventils vorzugsweise auch mit dem Eingang der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung in Fluidverbindung steht.
4. System gemäss Anspruch 3, das ferner aufweist:
ein Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventil, das eingerichtet ist, um eine an seinem Eingang aufgenommene Wassermenge zur Durchleitung zu seinem Ausgang zu regulieren,
wobei der Eingang des Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventils mit dem Ausgang des HRSG und mit dem Ausgang des HRSG-Bypassventils in Fluidverbindung steht,
wobei der Ausgang des Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventils mit dem Eingang der Wassereinspritzeinrichtung in Fluidverbindung steht, und
wobei das Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventil in einer parallelen Anordnung mit der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung angeordnet ist, so dass eine Speisewassermenge, die nicht durch das Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventil hindurchströmt, zu der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung umgeleitet wird.
5. System gemäss Anspruch 4,
wobei das Kraftwerk in einem Flüssigbrennstoff-Betrieb arbeitet, wobei der Flüssigbrennstoff-Betrieb stattfindet, wenn der Flüssigbrennstoff in der Brennkammer verbrannt wird, und
wobei das HRSG-Bypassventil und das Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventil derart eingerichtet sind, dass zumindest während eines Teils des Flüssigbrennstoff-Betriebs
das HRSG-Bypassventil eine von Null verschiedene Menge des Speisewassers von der Kesselspeisewasserpumpe zu dem HRSG umleitet und
das Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventil eine von Null verschiedene Menge des erwärmten Speisewassers von dem HRSG zu der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung umleitet.
6. System gemäss Anspruch 4 oder 5, das ferner aufweist:

ein Dreiwegeventil, das eingerichtet ist, um Wasser an seinem Eingang aufzunehmen und das aufgenommene Wasser zu einem oder beiden von seinem ersten und seinem zweiten Ausgang zu leiten, wobei der Eingang des Dreiwegeventils mit dem Ausgang des Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventils und mit dem Ausgang des Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtungs-Bypassventils in Fluidverbindung steht, wobei der erste Ausgang des Dreiwegeventils mit dem Eingang der Wassereinspritzeinrichtung in Fluidverbindung steht, und

wobei der zweite Ausgang des Dreiwegeventils mit einem Kondensator in Fluidverbindung steht;

wobei das Dreiwegeventil derart eingerichtet sein kann, dass,

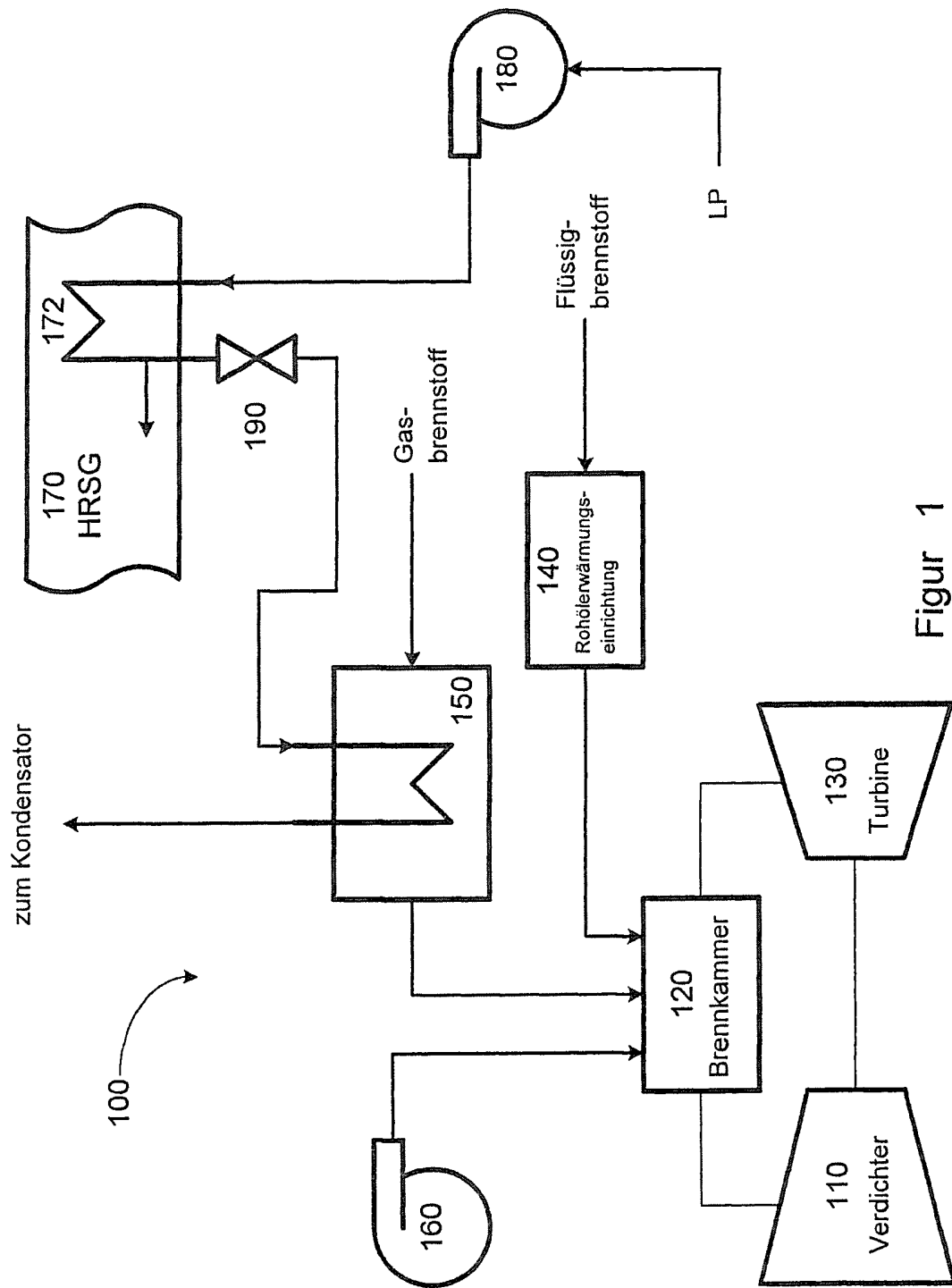
wenn die Wassereinspritzung in die Brennkammer stattfinden soll, eine von Null verschiedene Menge des aufgenommenen Speisewassers zu seinem ersten Ausgang geleitet wird, und

wenn die Wassereinspritzung in die Brennkammer nicht stattfinden sollte, das gesamte aufgenommene Speisewasser zu seinem zweiten Ausgang geleitet wird.

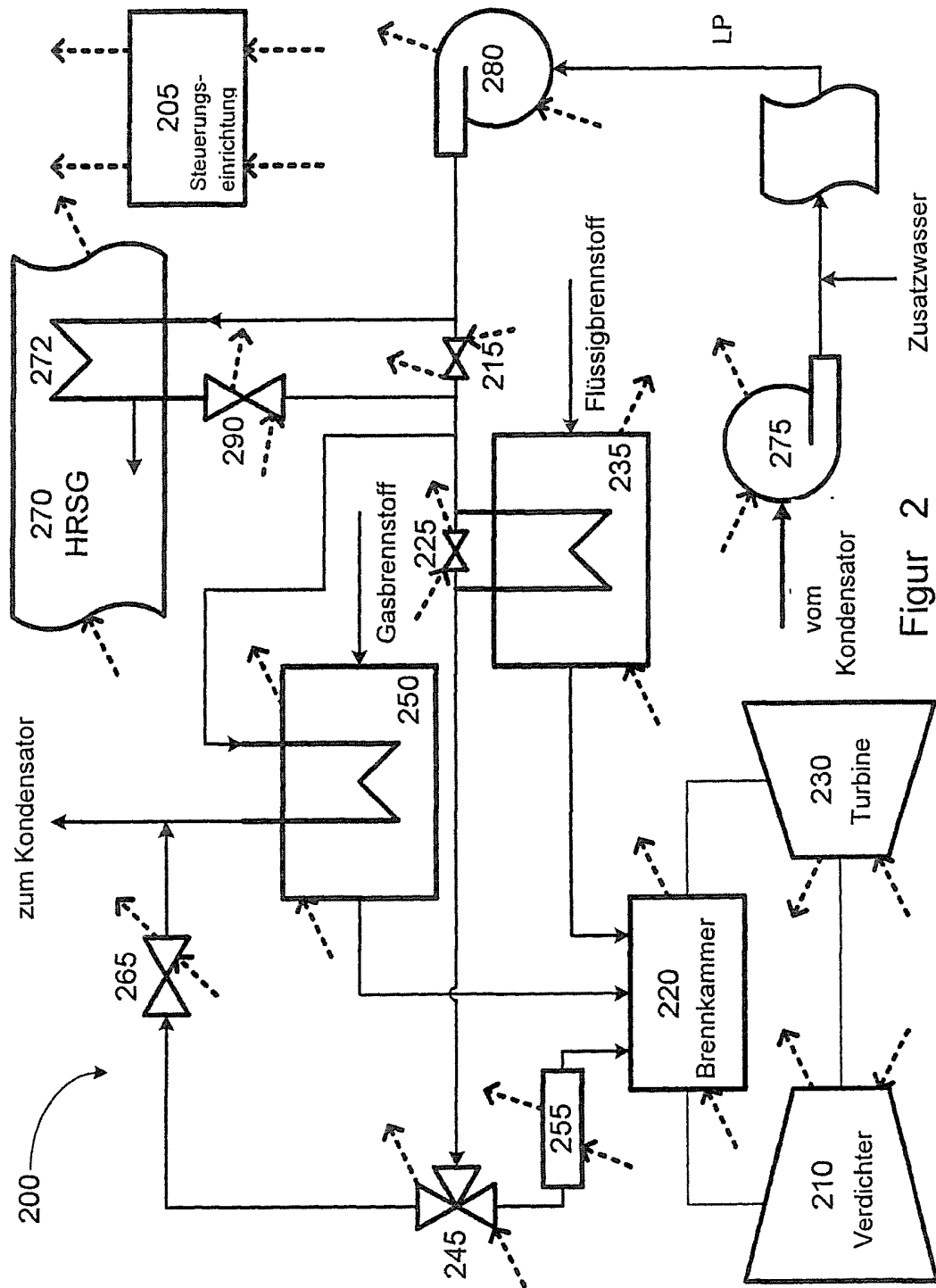
7. System gemäss einem beliebigen der vorstehenden Ansprüche, wobei die Kesselspeisewasserpumpe eingerichtet ist, um das Speisewasser aus einem Bottoming-Zyklus des Kraftwerks zu liefern; und/oder wobei die Kesselspeisewasserpumpe eine Niederdruck(LP)-Kesselspeisewasserpumpe oder eine Mitteldruck(IP)-Kesselspeisewasserpumpe ist.
8. System gemäss einem beliebigen der vorstehenden Ansprüche, wobei die Wassereinspritzvorrichtung aufweist: einen Filter, der eingerichtet ist, um das Speisewasser vor der Einspritzung in die Brennkammer zu filtern; ein Strömungsmessgerät, das eingerichtet ist, um die Strömungsrate des in die Brennkammer eingespritzten Speisewassers zu messen; und ein Steuerungsventil, das eingerichtet ist, um das in die Brennkammer eingespritzte Speisewasser zu steuern/regeln; wobei die Wassereinspritzeinrichtung ferner vorzugsweise ein Druckregelventil (PRV) aufweist, das zur Regelung des Drucks des in die Wassereinspritzeinrichtung einströmenden Speisewassers eingerichtet ist.
9. Kraftwerk, das aufweist:
 - einen Verdichter, eine Brennkammer und eine Gasturbine (GT), wobei die Brennkammer eingerichtet ist, um ein Brennstoff-Luft-Gemisch zu verbrennen, um die Gasturbine anzutreiben, wobei das Brennstoff-Luft-Gemisch ein Gemisch aus verdichteter Luft aus dem Verdichter und Brennstoff aufweist, wobei der Brennstoff gasförmig und/oder flüssig ist;
 - eine Kesselspeisewasserpumpe (BFP), die eingerichtet ist, um an ihrem Ausgang Speisewasser zu liefern;
 - einen Abhitzedampferzeuger (HRSG), dessen Eingang mit dem Ausgang der Kesselspeisewasserpumpe in Fluidverbindung steht, wobei der HRSG eingerichtet ist, um an seinem Eingang aufgenommenes Speisewasser zu erwärmen und an seinem Ausgang zumindest einen Teil von dem erwärmten Speisewasser auszugeben;
 - eine Flüssigbrennstoff(LF)-Erwärmungseinrichtung, deren Eingang mit dem Ausgang des HRSG in Fluidverbindung steht, wobei die Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung eingerichtet ist, um unter Verwendung des an ihrem Eingang aufgenommenen erwärmten Speisewassers den Flüssigbrennstoff zu erwärmen, bevor er in einer Brennkammer verbrannt wird, und um das verbrauchte erwärmte Speisewasser an ihrem Ausgang auszugeben;
 - eine Wassereinspritzeinrichtung, deren Eingang mit dem Ausgang der Kesselspeisewasserpumpe und dem Ausgang des HRSG in Fluidverbindung steht, wobei die Wassereinspritzeinrichtung eingerichtet ist, um das Speisewasser an ihrem Eingang aufzunehmen und das aufgenommene Speisewasser in die Brennkammer einzuspritzen, und eine Steuerungseinrichtung, die eingerichtet ist, um den Betrieb des Kraftwerks zu steuern.
10. Verfahren zum Betrieb eines Kraftwerks, wobei das Kraftwerk eine Kesselspeisewasserpumpe (BFP), einen Abhitzedampferzeuger (HRSG) stromabwärts von der Kessel-speisewasserpumpe in einem Fluidpfad, eine Flüssigbrennstoff (LF)-Erwärmungseinrichtung stromabwärts von dem HRSG in dem Fluidpfad und eine Wassereinspritzeinrichtung stromabwärts von der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung in dem Fluidpfad aufweist, wobei das Verfahren aufweist:
 - Zuführen von Speisewasser zu dem Fluidpfad in Richtung des HRSG und der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung unter Verwendung der Kesselspeisewasserpumpe;
 - Bestimmen, ob der zu der Brennkammer gelieferte Flüssigbrennstoff erwärmt werden sollte oder nicht;
 - Erwärmen des Flüssigbrennstoffs unter Verwendung des Speisewassers von der Kesselspeisewasserpumpe, wenn bestimmt wird, dass der Flüssigbrennstoff erwärmt werden sollte;
 - Bestimmen, ob eine Wassereinspritzung in die Brennkammer stattfinden sollte oder nicht; und
 - Einspritzen des Speisewassers von der Kesselspeisewasserpumpe in die Brennkammer, wenn bestimmt wird, dass eine Wassereinspritzung stattfinden sollte,wobei der Schritt des Erwärmens des Flüssigbrennstoffs aufweist:
 - Leiten des Speisewassers von der Kesselspeisewasserpumpe zu dem HRSG;
 - Erwärmen des geleiteten Speisewassers in dem HRSG;
 - Zuführen des erwärmten Speisewassers zu der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung; und
 - Erwärmen des Flüssigbrennstoffs in der Flüssigbrennstoff-Erwärmungseinrichtung unter Verwendung des erwärmten Speisewassers aus dem HRSG, undwobei der Schritt des Einspritzens des Speisewassers in die Brennkammer aufweist:

CH 709 623 A2

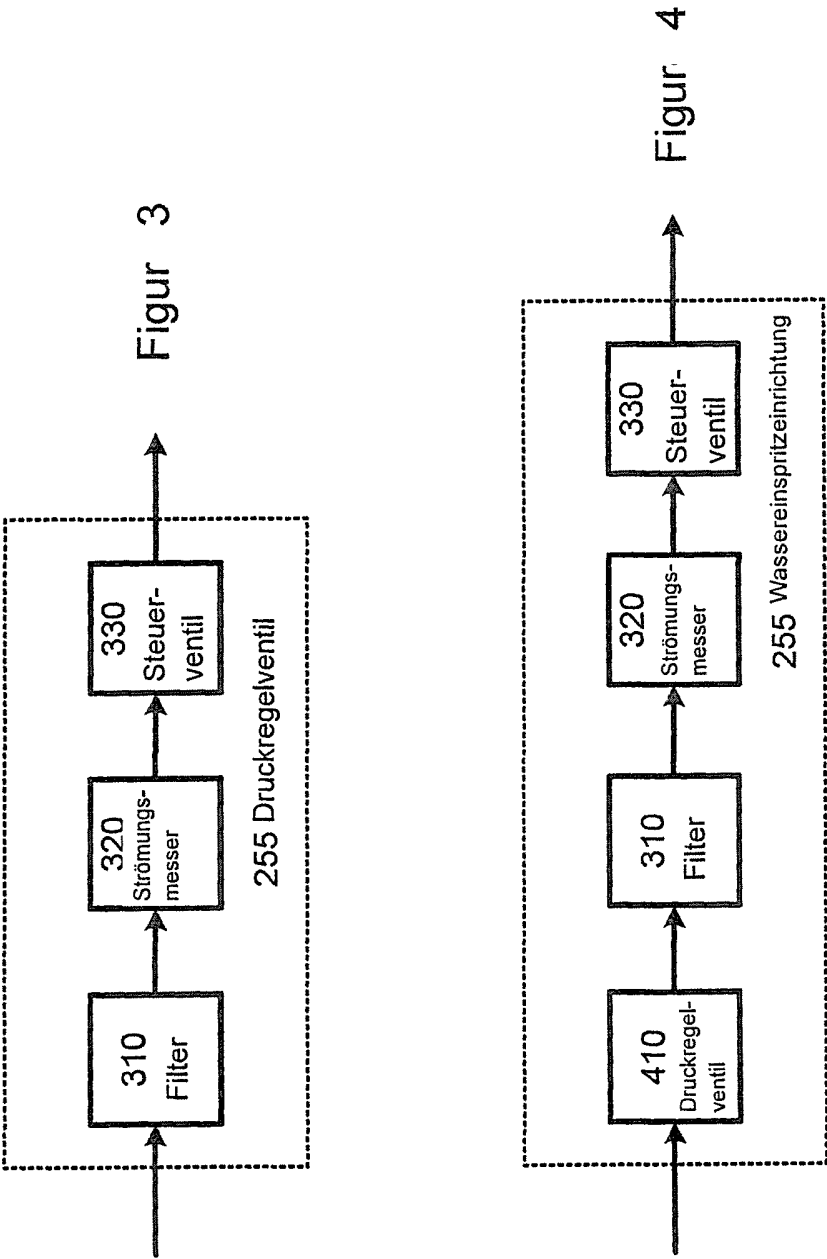
Leiten des Speisewassers von der Kesselspeisewasserpumpe zu der Wassereinspritzeinrichtung; und Einspritzen des Speisewassers in die Brennkammer unter Verwendung der Wassereinspritzeinrichtung.

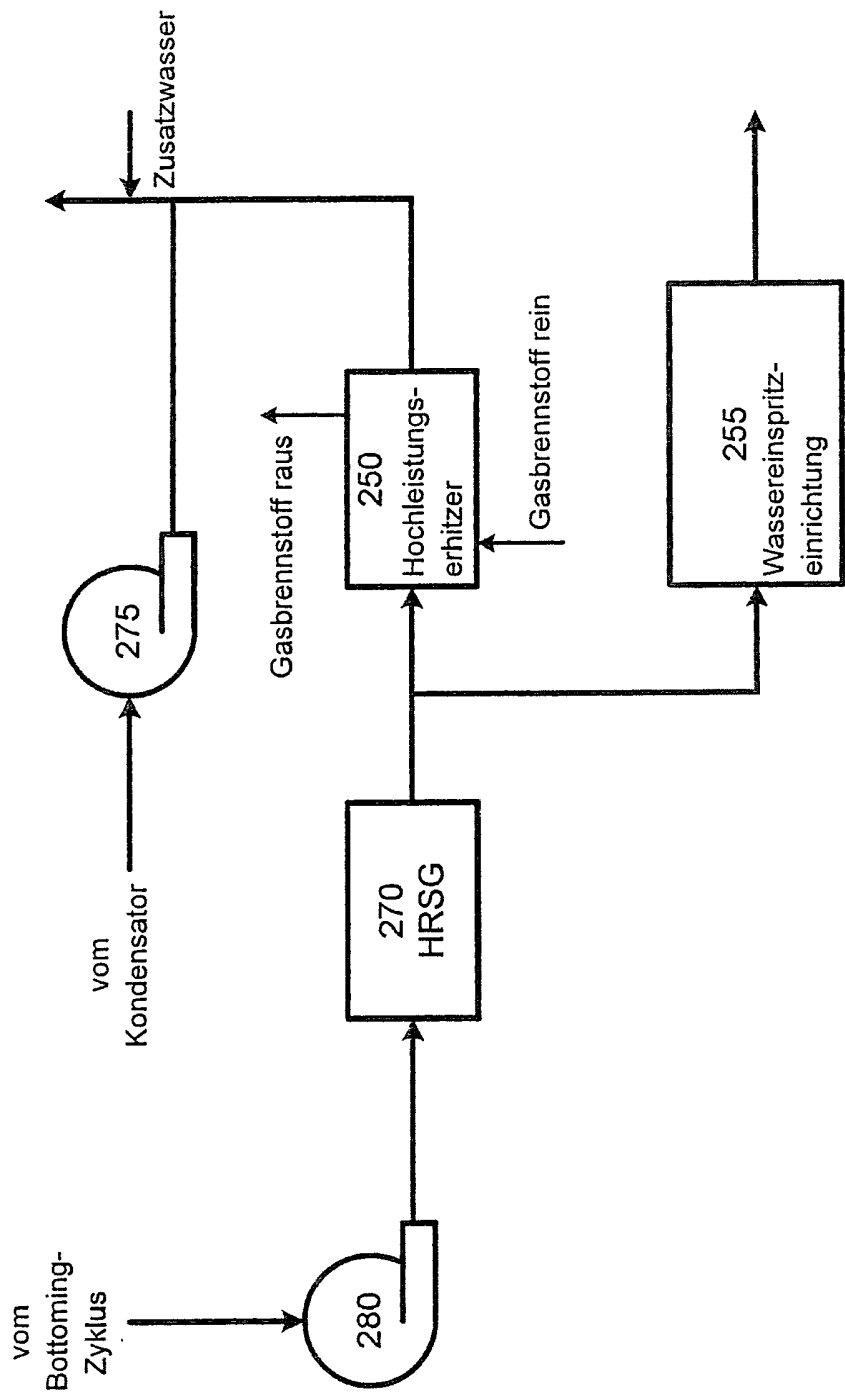


Figur 1

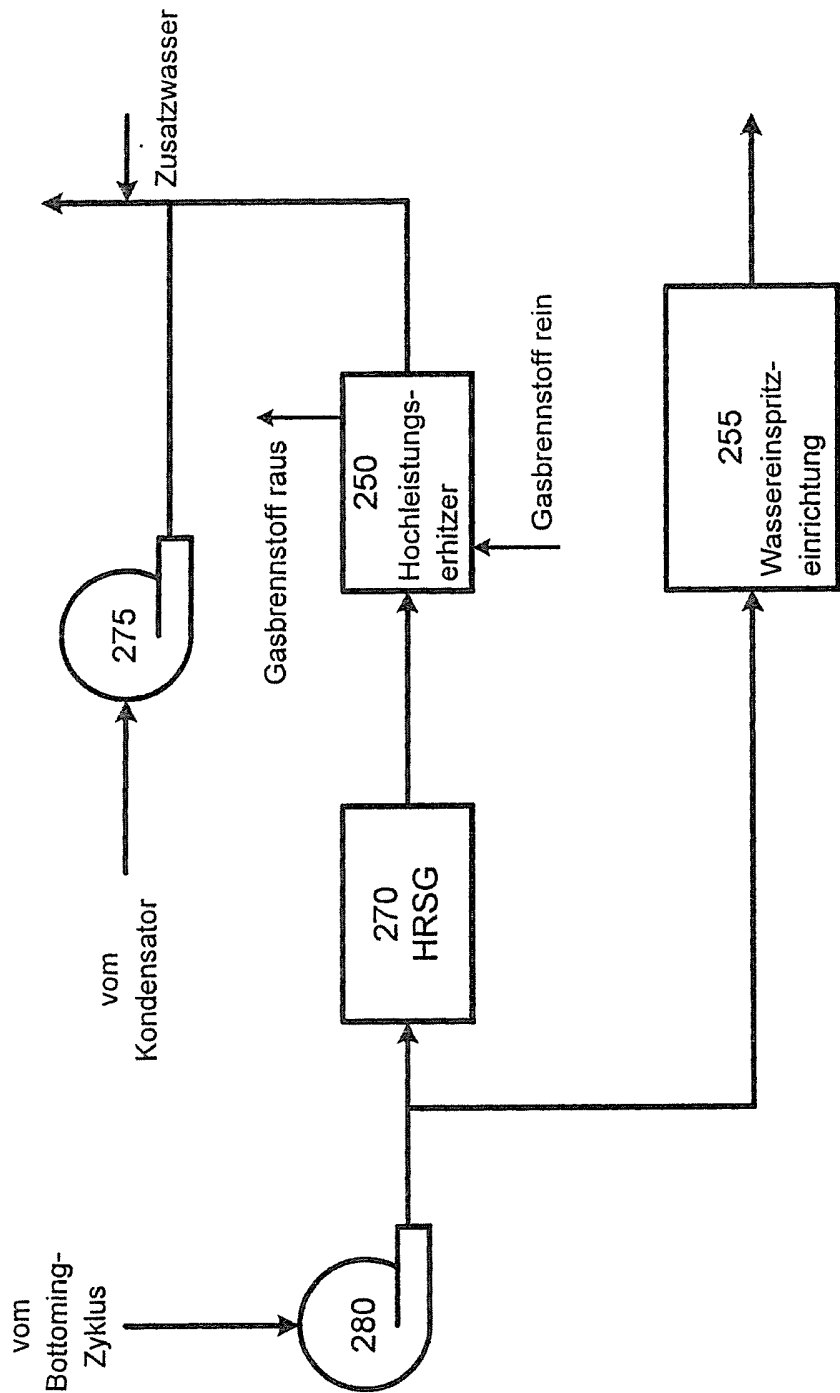


Figur 2

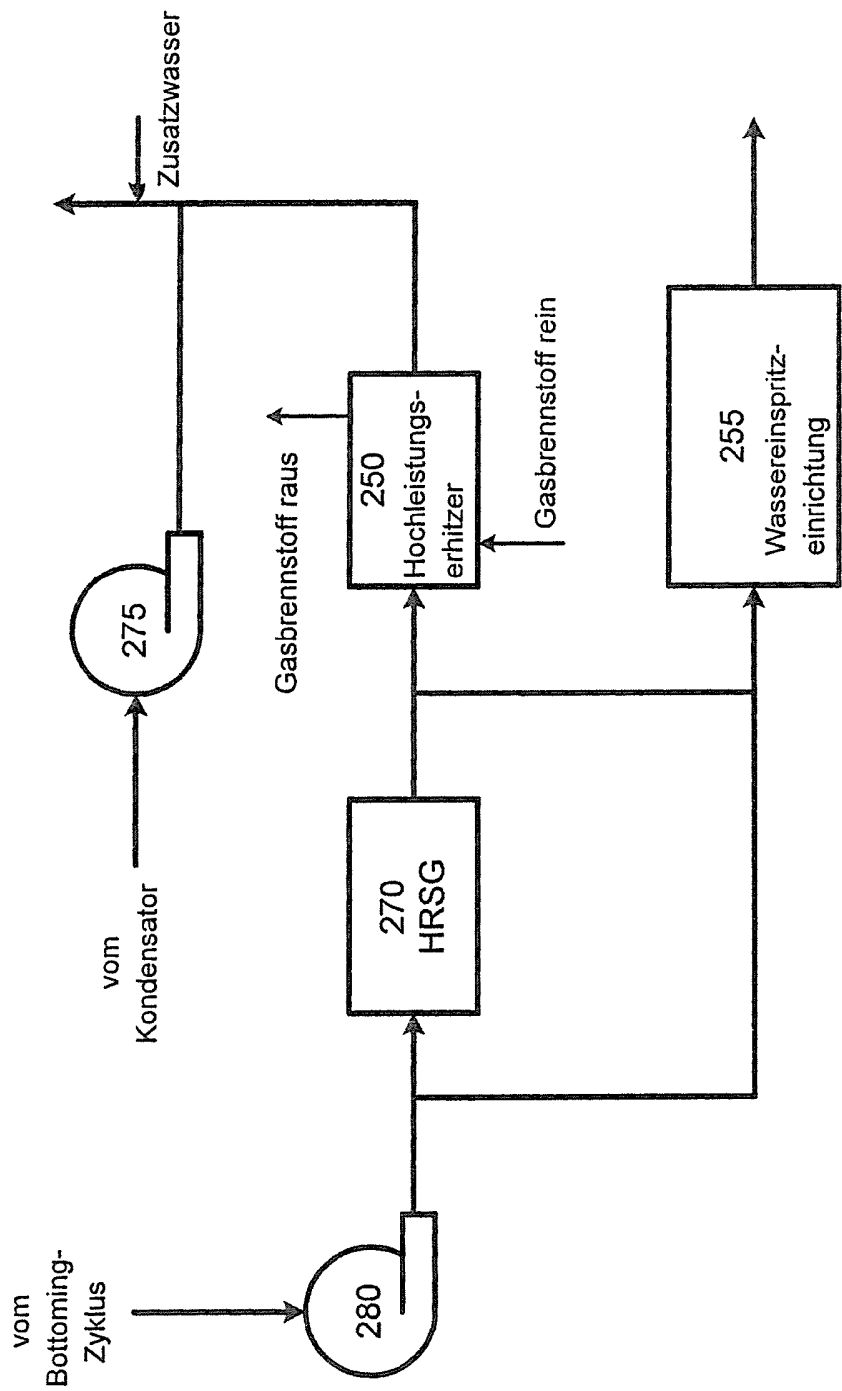




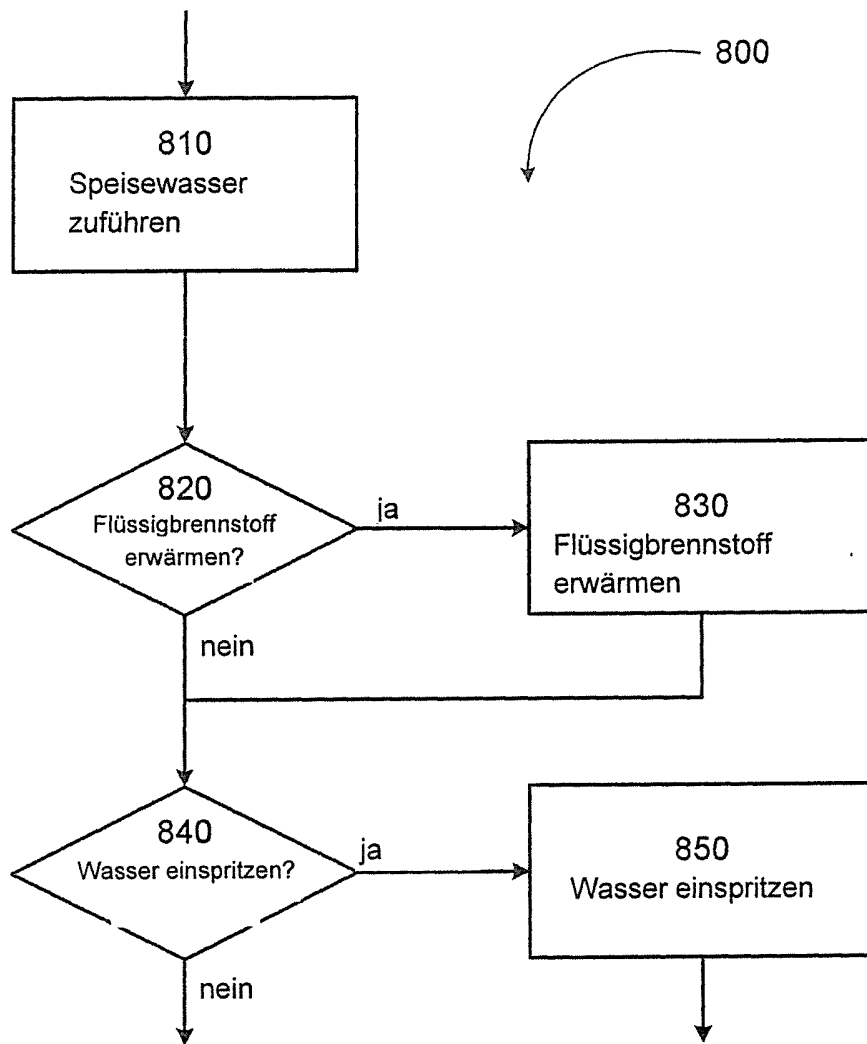
Figur 5



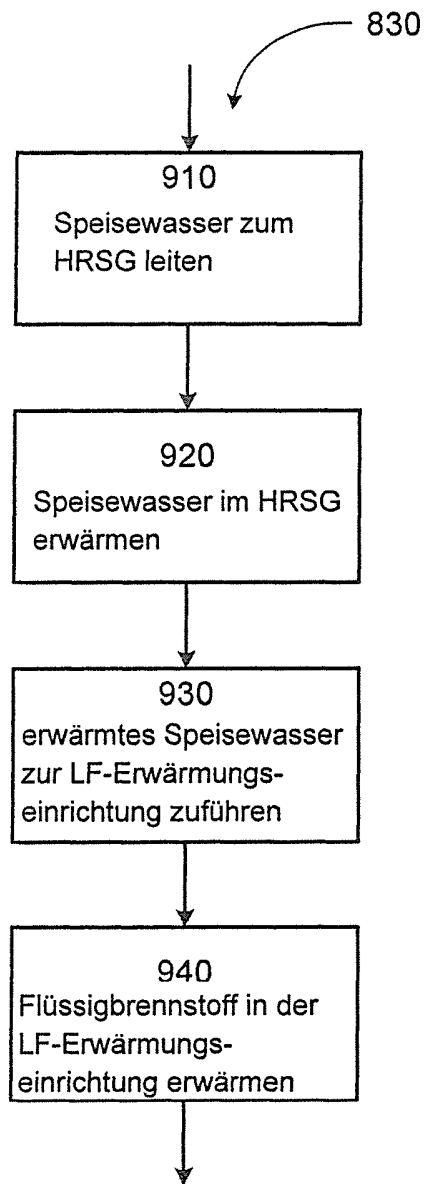
Figur 6



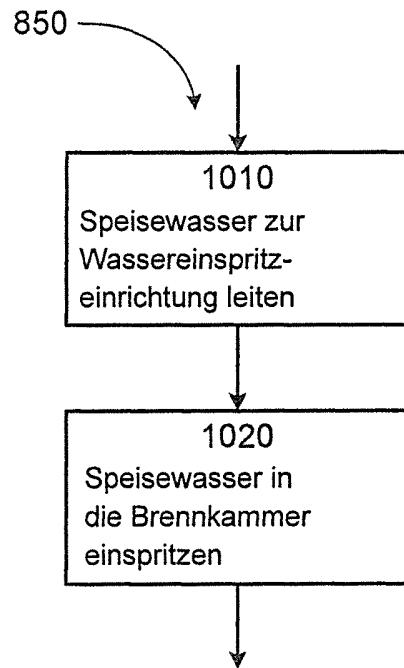
Figur 7



Figur 8



Figur 9



Figur 10