



(10) **AT 518186 A4 2017-08-15**

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50922/2016
 (22) Anmeldetag: 14.10.2016
 (43) Veröffentlicht am: 15.08.2017

(51) Int. Cl.: **F01K 3/12** (2006.01)
F01K 3/18 (2006.01)

(30) Priorität:
 10.06.2016 AT A50530/2016 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:
 WO 2013014664 A2
 WO 2014076849 A1
 EP 2562373 A1
 WO 2014044549 A2

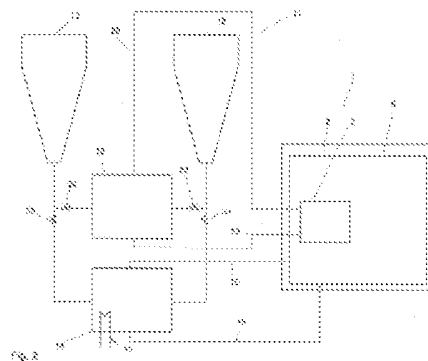
(71) Patentanmelder:
 Technische Universität Wien
 1040 Wien (AT)

(72) Erfinder:
 Steiner Peter
 8243 Pinggau (AT)
 Haider Markus
 1130 Wien (AT)
 Schwaiger Karl
 3430 Tulln (AT)
 Walter Heimo
 1160 Wien (AT)
 Hämmerle Martin
 6850 Dornbirn (AT)

(74) Vertreter:
 Sonn & Partner Patentanwälte
 Wien

(54) **Wärmekraftwerk und Verfahren zum Speichern von Wärme**

(57) Wärmekraftwerk (1) und Verfahren zum Speichern von Wärme mit einem Dampferzeuger (2) und mit einem Wasser-Dampf-Kreislauf (5), der mit dem Dampferzeuger (2) und mit einer Wärmespeichereinrichtung (11) verbunden ist, wobei die Wärmespeichereinrichtung (11) einen ersten Behälter (12) für ein Wärmespeichermedium im kalten Zustand, einen zweiten Behälter (13) für das Wärmespeichermedium im heißen Zustand und einen mit den beiden Behältern (12), (13) verbundenen Wärmetauscher (14) aufweist, welcher über eine Wasser- Dampf-Zuleitung (15) und Wasser-Dampf-Ableitung (16) an den Wasser-Dampf-Kreislauf (5) angeschlossen ist, wobei die Wärmespeichereinrichtung (11) einen weiteren Wärmetauscher (18) aufweist, welcher mit den beiden Behältern (12), (13) verbunden ist, wobei eine Luftzuführung (19) und eine Luftableitung (20) vorgesehen sind, wobei die Luftableitung (20) mit der Zuführung (4) von Verbrennungsluft in den Brennraum (3) verbunden ist.



Zusammenfassung:

Wärme­kraftwerk (1) und Ver­fahren zum Speichern von Wärme mit einem Dampf­zeuger (2), welcher einen Brennraum (3) mit einer Zuführung (4) für Verbrennungsluft aufweist, mit einem Wasser-Dampf-Kreislauf (5), der mit dem Dampf­zeuger (2) verbunden ist, und mit einer Wärmespeichereinrichtung (11), welche mit dem Wasser-Dampf-Kreislauf (5) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmespeichereinrichtung (11) einen ersten Behälter (12) für ein Wärmespeichermedium im kalten Zustand, einen zweiten Behälter (13) für das Wärmespeichermedium im heißen Zustand und einen jeweils mit dem ersten Behälter (12) und mit dem zweiten Behälter (13) verbundenen Wärmetauscher (14) aufweist, wobei der Wärmetauscher (14) über eine Wasser-Dampf-Zuleitung (15) und eine Wasser-Dampf-Ableitung (16) an den Wasser-Dampf-Kreislauf (5) angeschlossen ist, wobei das Wärmespeichermedium zur Aufnahme von Wärme des Wasser-Dampfes von dem ersten Behälter (12) über den Wärmetauscher zu dem zweiten Behälter (13) förderbar ist, wobei die Wärmespeichereinrichtung (11) einen weiteren Wärmetauscher (18) aufweist, welcher jeweils mit dem ersten Behälter (12) und mit dem zweiten Behälter (13) verbunden ist, wobei eine Luftzuführung (19) zur Zuführung von Luft in den weiteren Wärmetauscher (18) und eine Luftableitung (20) zur Ableitung der Luft von dem weiteren Wärmetauscher (18) vorgesehen ist, wobei das Wärmespeichermedium zur Abgabe von Wärme an die Luft von dem zweiten Behälter (13) über den weiteren Wärmetauscher (18) zu dem ersten Behälter (12) förderbar ist, wobei die Luftableitung (20) mit der Zuführung (4) von Verbrennungsluft in den Brennraum (3) verbunden ist.

(Fig. 2)

Die Erfindung betrifft ein Wärmekraftwerk mit einem Dampferzeuger, welcher einen Brennraum mit einer Zuführung für Verbrennungsluft aufweist, mit einem Wasser-Dampf-Kreislauf, der mit dem Dampferzeuger verbunden ist, und mit einer Wärmespeichereinrichtung, welche mit dem Wasser-Dampf-Kreislauf verbunden ist.

Weiters betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Speichern von Wärme in einem Wärmekraftwerk, welches einen Dampferzeuger mit einem Brennraum und einer Zuführung für Verbrennungsluft und einen Wasser-Dampf-Kreislauf aufweist.

Aufgrund des stetigen Ausbaus erneuerbarer Energien können im Zeitverlauf sowohl Überkapazitäten als auch Unterkapazitäten der elektrischen Leistung auftreten. Die Schwankungen werden mit Hilfe konventioneller Kraftwerke ausgeglichen. Hierfür werden vielfach fossilbefeuerte Kraftwerke, insbesondere Kohlekraftwerke, mit Dampferzeuger herangezogen, welche jedoch den Nachteil mit sich bringen, dass die an das Stromnetz abzugebende Leistung nicht in beliebigem Ausmaß und ausreichend schnell geändert werden kann.

Aus diesem Grund wurde in der DE 10 2012 103 617 A1 bereits ein gattungsgemäßes Wärmekraftwerk vorgeschlagen, mit welchem eine Anpassung an den fluktuierenden Einspeisebedarf des angeschlossenen Stromnetzes ermöglicht wird. Zu diesem Zweck kann bei Bedarf Wärmeenergie aus dem Wasser/Dampf-Kreislauf des Kraftwerkes direkt oder über einen Wärmetauscher in einen Wärmespeicher ausgekoppelt werden. Demnach muss der Wasserdampf nicht zwingend zur Stromerzeugung über den Turbinensatz oder Turbosatz geleitet werden, sondern kann alternativ zur Abgabe von Wärmeenergie in den Wärmespeicher geführt werden. Bei gleichbleibender Dampferzeugung kann je nach Bedarf die zur Stromerzeugung genutzte Dampfmenge reduziert und damit die vom Kraftwerk ins Netz eingespeiste Strommenge geregelt werden. Wenn

nun das Kraftwerk wieder hochgefahren werden soll, kann die in dem Wärmespeicher gespeicherte Wärme in den Dampferzeuger ausgekoppelt werden. Der Wärmespeicher kann aus zwei wechselseitig betriebenen Behältern mit einem Speichermedium, beispielsweise geschmolzenem Salz, bestehen. In einer Ausführungsform ist der Wärmespeicher thermisch an einen zweiten Wärmetauscher gekoppelt, welcher seinerseits thermisch an einen zweiten Dampferzeuger gekoppelt ist. Dem zweiten Dampferzeuger ist ein Turbinensatz oder Turbosatz mit angeschlossenem Generator zugeordnet. Vorzugsweise wird der zweite Wärmetauscher in Betrieb genommen, wenn Unterkapazitäten im Stromnetz ausgeglichen werden sollen. Weiters wurde in der DE 10 2012 103 617 A1 allgemein erwähnt, dass der Wärmespeicher mit einer Luftvorwärmungseinrichtung zur Vorwärmung von Verbrennungsluft verbunden sein kann. Es wurde jedoch keine praktikable Lösung angegeben, wie das Auskoppeln der im Wärmespeicher gespeicherten Wärmeenergie über die Luftvorwärmungseinrichtung funktionieren könnte.

Demnach besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, ein konstruktiv einfaches Wärmekraftwerk der eingangs angeführten Art zu schaffen, bei welchem die in der Wärmespeichereinrichtung gespeicherte Wärmeenergie auf möglichst effiziente Weise rückgeführt werden kann.

Diese Aufgabe wird durch ein Wärmekraftwerk mit den Merkmalen von Anspruch 1 und ein Verfahren zum Speichern von Wärme in einem Wärmekraftwerk mit den Merkmalen von Anspruch 11 gelöst.

Erfindungsgemäß weist die Wärmespeichereinrichtung einen ersten Behälter für ein Wärmespeichermedium im kalten Zustand, einen zweiten Behälter für das Wärmespeichermedium im heißen Zustand und einen jeweils mit dem ersten Behälter und mit dem zweiten Behälter verbundenen Wärmetauscher auf, wobei der Wärmetauscher über eine Wasser-Dampf-Zuleitung und eine Wasser-Dampf-Ableitung an den

Wasser-Dampf-Kreislauf angeschlossen ist, wobei das Wärmespeichermedium zur Aufnahme von Wärme des Wasser-Dampfes von dem ersten Behälter über den Wärmetauscher zu dem zweiten Behälter förderbar ist, wobei die Wärmespeichereinrichtung einen weiteren Wärmetauscher aufweist, welcher jeweils mit dem ersten Behälter und mit dem zweiten Behälter verbunden ist, wobei eine Luftzuführung zur Zuführung von Luft in den weiteren Wärmetauscher und eine Luftableitung zur Ableitung der Luft von dem weiteren Wärmetauscher vorgesehen ist, wobei das Wärmespeichermedium zur Abgabe von Wärme an die Luft von dem zweiten Behälter über den weiteren Wärmetauscher zu dem ersten Behälter förderbar ist, wobei die Luftableitung mit der Zuführung von Verbrennungsluft in den Brennraum verbunden ist.

Beim Beladen der Wärmespeichereinrichtung wird das Wärmespeichermedium von dem ersten Behälter über den Wärmetauscher in den zweiten Behälter geführt, wobei das Wärmespeichermedium durch Aufnahme von Wärme des Wasser-Dampfes erhitzt wird. Der Wasser-Dampf wird vorzugsweise zwischen dem Dampferzeuger und der Turbine von dem Wasser-Dampf-Kreislauf abgezweigt.

Vorteilhafterweise wird beim Beladen der Wärmespeichereinrichtung das Wärmespeichermedium selbst bewegt, wodurch der Wärmeaustausch besonders effizient gestaltet werden kann. Beim Entladen der Wärmespeichereinrichtung wird das Wärmespeichermedium in die umgekehrte Richtung von dem zweiten Behälter über einen weiteren Wärmetauscher zu dem ersten Behälter gefördert. Währenddessen wird ein Luftstrom durch den weiteren Wärmetauscher geführt, an welchen das Wärmespeichermedium seine Wärme abgibt. Dadurch wird das Wärmespeichermedium abgekühlt und der Luftstrom wird entsprechend aufgeheizt. Danach wird der Luftstrom der Zuführung in den Brennraum des Dampferzeugers zugeführt, so dass die in der Wärmespeichereinrichtung gespeicherte Wärmeenergie wiederum für die Dampferzeugung zur Verfügung steht. Vorteilhafterweise können dadurch die Eingriffe in den komplexen Wasser-Dampf-Kreislauf des

Wärmeerkraftwerks minimiert werden. Der Dampferzeuger kann verschiedenste Ausgestaltungen aufweisen, welche jedoch im Stand der Technik seit langem bekannt sind und daher keiner näheren Erläuterungen bedürfen. Demnach kann der Dampferzeuger insbesondere einen Verdampfer, einen Überhitzer, einen Speisewasservorwärmer, einen Luftvorwärmer und eine Feuerung, beispielsweise für Kohle, Öl, Biomasse oder Gas, aufweisen. Wesentlich ist jedenfalls, dass das Beladen der Wärmespeichereinrichtung in dem Wärmetauscher mittels Wasser-Dampf, das Entladen der Wärmespeichereinrichtung in dem weiteren Wärmetauscher mittels Luft erfolgt. Der Wärmetauscher und der weitere Wärmetauscher sind hierbei voneinander baulich getrennt. Dadurch können der Wärmetauscher und der weitere Wärmetauscher gezielt an die unterschiedlichen Anforderungen des Belade- und des Entladevorgangs sowie an die verschiedenartigen Wärmeträgermedien (Wasser-Dampf im Fall des Wärmetauschers, Luft im Fall des weiteren Wärmetauschers) angepasst werden. Da Luft einen wesentlich geringeren Wärmeübergangskoeffizienten als Wasser-Dampf aufweist, sind bei gleichem Wärmestrom und gleicher Temperaturdifferenz die benötigten Wärmeaustauschflächen in dem weiteren Wärmetauscher wesentlich größer als in dem Wärmetauscher. Durch Verwendung getrennter Wärmetauscher können diese Unterschiede auf einfache Weise berücksichtigt werden. Werden beispielsweise der Wasser-Dampf im Wärmetauscher und die Luft im weiteren Wärmetauscher durch Leitungsanordnungen, insbesondere Rohrbündel, geführt, so kann der Querschnitt der Leitungsanordnung im weiteren Wärmetauscher wesentlich größer als der Querschnitt der Leitungsanordnung im Wärmetauscher sein.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist eine erste Absperreinrichtung zwischen dem ersten Behälter und dem Wärmetauscher und/oder eine zweite Absperreinrichtung zwischen dem ersten Behälter und dem weiteren Wärmetauscher und/oder eine dritte Absperreinrichtung zwischen dem zweiten Behälter und dem

Wärmetauscher und/oder eine vierte Absperreinrichtung zwischen dem zweiten Behälter und dem weiteren Wärmetauscher vorgesehen. Die genannten Absperreinrichtungen sind zwischen einer den Durchtritt des Wärmespeichermediums ermöglichenden Offenstellung und einer den Durchtritt des Wärmespeichermediums sperrenden Sperrstellung umschaltbar. In einer bevorzugten Ausführung sind die erste Absperreinrichtung und die dritte Absperreinrichtung im Ladezustand der Wärmespeichereinrichtung in der Offenstellung angeordnet, so dass das Wärmespeichermedium von dem ersten Behälter über den Wärmetauscher zu dem zweiten Behälter strömen kann. Demgegenüber ist zumindest die zweite Absperreinrichtung, insbesondere auch die vierte Absperreinrichtung, im Ladezustand der Wärmespeichereinrichtung in der Schließstellung angeordnet, so dass das Wärmespeichermedium vom ersten Behälter nicht in den Wärmetauscher gelangen kann. Im Entladezustand der Wärmespeichereinrichtung können die Schaltstellungen der Absperreinrichtungen umgekehrt sein. Demnach kann zumindest die dritte Absperreinrichtung, insbesondere auch die erste Absperreinrichtung, im Ladezustand der Wärmespeichereinrichtung in der Schließstellung angeordnet sein, so dass das Wärmespeichermedium von dem zweiten Behälter nicht in den Wärmetauscher gelangen kann. Demgegenüber sind die vierte Absperreinrichtung und die zweite Absperreinrichtung im Entladezustand der Wärmespeichereinrichtung in der Offenstellung angeordnet, so dass das Wärmespeichermedium vom zweiten Behälter über den weiteren Wärmetauscher in den ersten Behälter strömen kann.

Als Wärmespeichermedium sind bevorzugt Feststoffpartikel, insbesondere Sand oder Korund, in dem ersten bzw. zweiten Behälter angeordnet. Diese Ausführung bringt insbesondere den Vorteil mit sich, dass diese Wärmespeichermedien bei weitaus höheren Temperaturen einsetzbar sind. Weiters weisen diese Materialien besondere Langzeitstabilität auf und sind kostengünstig zu

erwerben.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist der weitere Wärmetauscher für das Entladen der Wärmespeichereinrichtung für einen direkten Wärmeaustausch zwischen den Feststoffpartikeln und der Luft eingerichtet. Vorteilhafterweise bilden die Oberflächen der Feststoffpartikel große Wärmeaustauschflächen, welche eine wirksame Wärmeabgabe an die Luft ermöglichen. Demgegenüber ist der Wärmetauscher für das Beladen der Wärmespeichereinrichtung bevorzugt für eine indirekte Wärmeübertragung zwischen dem Wärmespeichermedium und dem Wasser-Dampf, beispielsweise mittels einer Leitungsanordnung, eingerichtet.

Besonders bevorzugt ist eine Ausführung, bei welcher als Wärmetauscher und/oder als weiterer Wärmetauscher jeweils ein Wirbelschichtwärmetauscher vorgesehen ist. Beim Entladen der Wärmespeichereinrichtung kann die für die Fluidisierung des Wärmespeichermediums in dem weiteren Wärmetauscher benötigte Luft zudem als Wärmeträgermedium für das Ausspeichern von Wärmeenergie genutzt werden. Vorteilhafterweise kann der niedrige Wärmeübergangskoeffizient von Luft durch die sehr großen Wärmetauscherflächen in der Wirbelschicht kompensiert werden. Hierbei kann der Volumenstrom der Luft im weiteren Wärmetauscher beim Entladen wesentlich höher als der Volumenstrom einer Fluidisierungsluft des Wärmetauschers beim Beladen der Wärmespeichereinrichtung sein. In dem weiteren Wärmetauscher zum Entladen der Wärmespeichereinrichtung kann ein direkter Wärmeaustausch zwischen der Luft und dem Wärmespeichermedium stattfinden. Demgegenüber ist im Wärmetauscher zum Beladen der Wärmespeichereinrichtung bevorzugt ein indirekter Wärmeaustausch zwischen dem Wasser-Dampf und dem Wärmespeichermedium vorgesehen. Zu diesem Zweck kann die Wasser-Dampf-Zuleitung und die Wasser-Dampf-Ableitung innerhalb des Wärmetauschers durch eine Leitungsanordnung, insbesondere durch ein Rohrbündel, verbunden

sein. Die Leitungsanordnung weist Wärmeaustauschflächen zum Wärmeaustausch zwischen dem Wärmespeichermedium und dem Wasserdampf auf.

Wie bei Wärmekraftwerken allgemein üblich, ist bevorzugt ein Luftvorwärmer zur Vorwärmung der Verbrennungsluft für den Brennraum vorgesehen. Der Luftvorwärmer kann einerseits mit einem Frischlufteinlass und andererseits mit einer von der Brennkammer des Dampferzeugers wegführenden Ausgangsleitung für Verbrennungsabgase verbunden sein, so dass die vom Frischlufteinlass in den Luftvorwärmer strömende Verbrennungsluft durch Wärmeaustausch mit den Verbrennungsabgasen vorgewärmt wird, bevor die Verbrennungsluft in die Brennkammer eintritt.

In einer konstruktiv einfachen Ausführungsvariante ist die Luftzuführung für den weiteren Wärmetauscher von einer Verbindungsleitung zwischen dem Luftvorwärmer und der Brennkammer abgezweigt. Vorzugsweise ist zwischen dem Luftvorwärmer und der Luftzuführung für den weiteren Wärmetauscher ein Absperrelement vorgesehen, welches vorzugsweise im Wesentlichen kontinuierlich zwischen einer den Luftstrom durchlassenden Offenposition und einer den Durchtritt des Luftstroms sperrenden Schließposition verstellbar ist. Darüber hinaus weist die Verbindungsleitung bevorzugt ein weiteres Absperrelement auf, welches ebenfalls vorzugsweise im Wesentlichen kontinuierlich zwischen einer Offenposition und einer Schließposition verstellbar ist. Dadurch kann der Volumenstrom für die Luftzuführung in den weiteren Wärmetauscher eingestellt werden. Im Entladezustand der Wärmespeichereinrichtung kann ein erster Volumenstrom von der Verbindungsleitung über die Umleitung in die Luftzuführung für den weiteren Wärmetauscher abgezweigt werden, wobei der erste Volumenstrom darauf ausgelegt ist, das Ausspeichern der Wärmeenergie des Wärmespeichermediums in den Luftstrom zu ermöglichen. Bei dieser Ausführungsform sind daher der

Luftvorwärmer und die Luftzuführung für den weiteren Wärmetauscher im Entladezustand der Wärmespeichereinrichtung in Serie geschaltet.

Im Ladezustand der Wärmespeichereinrichtung kann in einer bevorzugten Ausführung ein zweiter Volumenstrom von der Verbindungsleitung in eine weitere Luftzuführung für den Wärmetauscher abgezweigt werden, um eine Fluidisierung des Wärmespeichermediums in dem Wärmetauscher zu ermöglichen. Der zweite Volumenstrom des abgezweigten Luftstroms kann geringer als der erste Volumenstrom sein, da die Luft in dem Wärmetauscher lediglich zur Fluidisierung, nicht jedoch zur Wärmeaufnahme herangezogen werden kann.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante ist der Luftvorwärmer mit einem Frischlufteinlass verbunden, wobei die Luftzuführung für den weiteren Wärmetauscher mit einem Fluidisierungslufteinlass verbunden ist. Bei dieser Ausführungsvariante ist die Luftzuführung für den weiteren Wärmetauscher mit einem eigenen Fluidisierungslufteinlass verbunden, über den unabhängig von dem Frischlufteinlass für den Luftvorwärmer eine Luftströmung für den weiteren Wärmetauscher bereitgestellt werden kann. Vorteilhafterweise kann so eine Anpassung an die unterschiedlichen Druckverhältnisse und Massenströme erzielt werden. Bevorzugt ist bei dieser Ausführung der Strömungsweg zwischen dem Fluidisierungslufteinlass und der Luftzuführung für den weiteren Wärmetauscher frei von einem Luftvorwärmer, so dass Luft mit Umgebungstemperatur in den weiteren Wärmetauscher eingeleitet werden kann. Dies hat den Vorteil, dass die Temperaturspreizung für die Abkühlung des Wärmespeichermediums im Wärmeaustausch mit der Luft maximiert werden kann.

Um die erforderlichen Volumenströme im Belade- und Entladezustand der Wärmespeichereinrichtung zur Verfügung zu stellen, ist es

günstig, wenn der Frischlufteinlass mit einem Frischluftgebläse und/oder der Fluidisierungslufteinlass mit einem Fluidisierungsgebläse verbunden ist. Vorteilhafterweise können daher die Volumenströme am Frischlufteinlass und am Fluidisierungslufteinlasse unabhängig voneinander gesteuert bzw. geregelt werden.

Um die Verbrennungsabgase im Ladezustand der Wärmespeichereinrichtung über den Luftvorwärmer führen zu können und im Entladezustand für eine wirksame Abkühlung der Verbrennungsabgase zu sorgen, ist bevorzugt eine Ausgangsleitung zur Ableitung von Verbrennungsabgasen aus der Brennkammer vorgesehen, welche Ausgangsleitung einen in den Luftvorwärmer führenden Leitungsabschnitt und einen in einen Wasservorwärmer des Wasser-Dampf-Kreislaufes führenden weiteren Leitungsabschnitt aufweist.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist in den Wärmetauscher ein elektrisches Heizelement, insbesondere eine Widerstandsheizung, eingebaut. Das elektrische Heizelement kann insbesondere mit einem Stromnetz verbunden sein, um überschüssigen Strom zum Beheizen des Wärmespeichermediums zu nutzen. Bei dieser Ausführungsform weist die Wärmekraftanlage zumindest einen ersten und einen zweiten Betriebszustand auf. Im ersten Betriebszustand kann das Wärmespeichermedium, wie zuvor beschrieben, über den Wasser-Dampf erhitzt bzw. über die Luft abgekühlt werden. Im zweiten Betriebszustand ist das elektrische Heizelement eingeschalten, um die Erhitzung des Wärmespeichermediums alternativ oder parallel zur Aufnahme von Wärme des Wasser-Dampfes durchführen bzw. zu unterstützen, etwa zum Erreichen einer optimalen Betriebstemperatur.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Speichern von Wärme eines Wärmekraftwerks, welches einen Dampferzeuger mit einem Brennraum

und einer Zuführung für Verbrennungsluft und einen Wasser-Dampf-Kreislauf aufweist, weist zumindest die folgenden Schritte auf:

- Fördern eines Wärmespeichermediums im kalten Zustand von einem ersten Behälter über einen Wärmetauscher zu einem zweiten Behälter,
- Leiten von Wasser-Dampf des Wasser-Dampf-Kreislaufes durch den Wärmetauscher unter Wärmeaustausch mit dem Wärmespeichermedium,
- Fördern des Wärmespeichermediums im heißen Zustand von dem zweiten Behälter über einen weiteren Wärmetauscher in den ersten Behälter,
- Leiten von Luft durch den weiteren Wärmetauscher unter Wärmeaustausch mit dem Wärmespeichermedium im heißen Zustand und
- Zuführen der Luft als Verbrennungsluft in den Brennraum.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen, auf die sie jedoch nicht beschränkt sein soll, noch weiter erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Wärmekraftwerks, bei welchem die Wärmeenergie einer zwischen einem Dampferzeuger und einer Turbine abgezweigten Dampfströmung in einem Wärmetauscher an ein pulverförmiges Wärmespeichermedium abgegeben wird, wobei die gespeicherte Wärmeenergie bei Bedarf in einem weiteren Wärmetauscher von dem Wärmespeichermedium in eine Luftströmung für einen Brennraum des Dampferzeugers rückgeführt wird;

Fig. 2 ein Blockschaltbild der wesentlichen Komponenten des Wärmekraftwerks gemäß Fig. 1; und

Fig. 3 ein Blockschaltbild eines weiteren erfindungsgemäßen Wärmekraftwerks.

Fig. 1 zeigt schematisch ein Wärmekraftwerk 1 in Form eines Dampfkraftwerkes mit einem Dampferzeuger 2, welcher einen (der

Übersichtlichkeit halber getrennt dargestellten) Brennraum 3 mit einer Zuführung 4 für Verbrennungsluft und einer Zuführung 39 für Brennstoff aufweist. An den Dampferzeuger 2 ist ein Wasser-Dampf-Kreislauf 5 angeschlossen. Der Dampferzeuger 2 ist über ein erstes Ventil 6 mit einer Turbine 7 verbunden, an welche ein Generator G angeschlossen ist. Der Wasser-Dampf-Kreislauf 5 weist zudem weitere im Stand der Technik üblicherweise vorhandene Komponenten, insbesondere einen Kondensator 8, eine Speisewasserpumpe 9 und einen Speisewasservorwärmer 10 auf.

Das Wärmekraftwerk 1 weist zudem eine in Fig. 1 vereinfacht dargestellte und in Fig. 2 im Detail ersichtliche Wärmespeichereinrichtung 11 zum Zwischenspeichern von Wärmeenergie des in dem Wasser-Dampf-Kreislauf 5 geführten Wasserdampfes auf.

Wie insbesondere aus Fig. 2 ersichtlich, weist die Wärmespeichereinrichtung 11 einen ersten Behälter 12 für ein Wärmespeichermedium im kalten Zustand, einen zweiten Behälter 13 für das Wärmespeichermedium im heißen Zustand und einen jeweils mit dem ersten Behälter 12 und mit dem zweiten Behälter 13 verbundenen Wärmetauscher 14 auf. Als Wärmespeichermedium ist eine Schüttung von Feststoffpartikeln, insbesondere Sand, vorgesehen. Der Wärmetauscher 14 ist jeweils über eine Wasser-Dampf-Zuleitung 15 und eine Wasser-Dampf-Ableitung 16 an den Wasser-Dampf-Kreislauf 5 angeschlossen. In der Wasser-Dampf-Ableitung 16 ist eine in Fig. 1 ersichtliche Pumpe 17 zum Ausgleich etwaiger Druckverluste angeordnet. In der Wasser-Dampf-Zuleitung 15 ist ein Ventil 40 vorgesehen. Das Wärmespeichermedium ist zur Aufnahme von Wärme des Wasser-Dampfes von dem ersten Behälter 12 über den Wärmetauscher 14 zu dem zweiten Behälter 13 förderbar.

Darüber hinaus weist die Wärmespeichereinrichtung 11 einen weiteren Wärmetauscher 18 auf, welcher jeweils mit dem ersten Behälter 12 und mit dem zweiten Behälter 13 verbunden ist. Weiters

ist eine Luftzuführung 19 zur Zuführung von Luft in den weiteren Wärmetauscher 18 und eine Luftableitung 20 zur Ableitung der Luft nach dem Durchströmen des weiteren Wärmetauschers 18 vorgesehen. In einem Entladevorgang wird das Wärmespeichermedium zur Abgabe von Wärme an die Luft von dem zweiten Behälter 13 über den weiteren Wärmetauscher 18 zu dem ersten Behälter 12 gefördert. Die Luftableitung 20 ist mit der Zuführung 4 in den Brennraum 3 verbunden, so dass die im weiteren Wärmetauscher 18 im Wärmeaustausch mit dem Wärmespeichermedium erhitzte Luft als Verbrennungsluft in den Brennraum 3 eingeleitet werden kann.

Wie aus Fig. 2 ersichtlich, sind eine erste Absperreinrichtung 21 zwischen dem ersten Behälter 12 und dem Wärmetauscher 14, eine zweite Absperreinrichtung 22 zwischen dem ersten Behälter 12 und dem weiteren Wärmetauscher 18, eine dritte Absperreinrichtung 23 zwischen dem zweiten Behälter 13 und dem Wärmetauscher 14 und eine vierte Absperreinrichtung 24 zwischen dem zweiten Behälter 13 und dem weiteren Wärmetauscher 18 vorgesehen.

Als Wärmetauscher 14 und als weiterer Wärmetauscher 18 sind in der gezeigten Ausführung jeweils Wirbelschichtwärmetauscher vorgesehen. In diesem Fall weist der Wärmetauscher 14 eine (in Fig. 2 nicht dargestellte) Fluidisierungsluftzufuhr auf, mit welcher die Schüttung des Wärmespeichermediums fluidisierbar ist. Die Fluidisierungsluft ist jedoch nicht als Wärmeträgermedium zum Beladen des Wärmespeichermediums im Wärmetauscher 14 vorgesehen. Die Wärmeabgabe an das Wärmespeichermedium wird im Wesentlichen vollständig durch den über die Wasser-Dampf-Zuleitung 15 zugeführten Wasserdampf bewerkstelligt.

Wie aus Fig. 1 ersichtlich, weist das Wärmekraftwerk 1 einen Luftvorwärmer 25 zur Vorwärmung der Verbrennungsluft vor dem Eintritt in den Brennraum 3 auf. Der Luftvorwärmer 25 ist über ein Frischluftgebläse 26 mit einem Frischlufteinlass 27 verbunden. Die

im Brennraum 3 erzeugten Verbrennungsabgase werden in eine Ausgangsleitung 28 abgegeben, welche mit dem Luftvorwärmer 25 verbunden ist. Im Luftvorwärmer 25 erfolgt ein Wärmeaustausch zwischen den Verbrennungsabgasen in der Ausgangsleitung 28 und der vom Frischlufteinlass 27 kommenden Frischluft, so dass die Verbrennungsabgase abgekühlt und die Frischluft entsprechend vorgewärmt wird. Danach können die abgekühlten Verbrennungsabgase an die Umgebung abgegeben werden.

In der Ausführungsvariante der Fig. 1 führt von einer Verbindungsleitung 30 zwischen dem Luftvorwärmer 25 und der Brennkammer 3 eine Umleitung 29 weg, welche mit der Luftzuführung 19 in den weiteren Wärmetauscher 18 verbunden ist. Die Luftableitung 20 vom weiteren Wärmetauscher 18 führt in die Verbindungsleitung 30 zurück. In der Umleitung 29 ist ein Absperrelement 31 angeordnet. In der Verbindungsleitung 30 ist ein weiteres Absperrelement 32 angeordnet. Mit Hilfe des Absperrelements 31 und des weiteren Absperrelements 32 kann der Volumenstrom in der Umleitung 29 eingestellt werden. Im Entladezustand wird ein im Vergleich zu einem Fluidisierungsvolumenstrom wesentlich höherer Volumenstrom an Luft über die Umleitung 29 in den weiteren Wärmetauscher 18 geführt, damit der Luftstrom als Wärmeträgermedium für die im Wärmespeichermedium gespeicherte Wärmeenergie fungieren kann.

In Fig. 2 ist zudem schematisch ein elektrisches Heizelement in Form einer Widerstandsheizung 40 ersichtlich, welche in den Wärmetauscher 14 geführt ist. Die Widerstandsheizung 40 ist mit einem Stromnetz verbunden, um das Wärmespeichermedium in dem Wärmetauscher 14 bei Bedarf durch Umwandlung von elektrischer Energie in Wärmeenergie erhitzen zu können. Die Widerstandsheizung 40 kann alternativ oder zusätzlich zum Wasser-Dampf-Kreislauf 5 aktiviert werden, um beispielsweise eine optimale Betriebstemperatur des Wärmespeichermediums einzustellen.

Fig. 3 zeigt eine alternative Ausführungsvariante, welche sich hinsichtlich des Entladevorgangs von der Ausführung der Fig. 1 unterscheidet. Nachfolgend soll lediglich auf die Unterschiede zwischen der Ausführung gemäß Fig. 3 und jener der Fig. 1 eingegangen werden.

Gemäß Fig. 3 ist die Luftzuführung 19 für den weiteren Wärmetauscher 18 mit einem vom Frischlufteinlass 27 getrennten Fluidisierungslufteinlass 33 verbunden. Der wesentliche Vorteil dieser Ausführung liegt in der Möglichkeit, speziell an die Volumenströme und Drücke angepasste Gebläse oder Kompressoren verwenden zu können. Außerdem kann der Luftvorwärmer 25 vom höheren Druck nach dem Fluidisierungslufteinlass 33 entkoppelt werden, was zu einer kostengünstigeren Ausführung des Luftvorwärmers 25 führt. Der Fluidisierungslufteinlass 33 ist in der gezeigten Ausführung mit einem Fluidisierungsgebläse 34 verbunden. Bei dieser Ausführung weist die Ausgangsleitung 28 einen in den Luftvorwärmer 25 führenden Leitungsabschnitt 35 und einen in einen Wasservorwärmer 36 des Wasser-Dampf-Kreislaufes 5 führenden weiteren Leitungsabschnitt 37 auf. Im Ladezustand werden die Verbrennungsabgase über den Leitungsabschnitt 35 zum Luftvorwärmer 25 geführt. Nach Abkühlung der Verbrennungsabgase im Luftvorwärmer 25 werden die Verbrennungsabgase an die Umgebung abgeführt. Im Entladezustand werden die Verbrennungsabgase über den Leitungsabschnitt 37 in den Wasservorwärmer 36 des Wasser-Dampf-Kreislaufes 5 geführt. Dadurch können die Verbrennungsabgase beim Entladen im ausgeschalteten Zustand des Frischluftgebläses 26 wirksam abgekühlt werden. Um die Verbrennungsabgase beim Beladen zum Luftvorwärmer 25 und beim Entladen zum Wasservorwärmer 36 leiten zu können, ist in den Leitungsabschnitten 35 und 37 jeweils ein Absperrventil 38 angeordnet.

Demnach kann ein Verfahren mit zumindest den folgenden Schritten

durchgeführt werden:

- Fördern eines Wärmespeichermediums im kalten Zustand von einem ersten Behälter 12 über einen Wärmetauscher 14 zu einem zweiten Behälter 13, währenddessen
- Leiten von Wasser-Dampf des Wasser-Dampf-Kreislaufes 5 des Wärmekraftwerks 1 durch den Wärmetauscher 15 unter Wärmeabgabe an das Wärmespeichermedium,
- Fördern des Wärmespeichermediums im heißen Zustand von dem zweiten Behälter 13 über den weiteren Wärmetauscher 18 in den ersten Behälter 12, währenddessen
- Leiten von Luft durch den weiteren Wärmetauscher unter Wärmeaufnahme von dem Wärmespeichermedium im heißen Zustand und danach
- Zuführen der Luft als Verbrennungsluft in den Brennraum 3.

Patentansprüche:

1. Wärmekraftwerk (1) mit einem Dampferzeuger (2), welcher einen Brennraum (3) mit einer Zuführung (4) für Verbrennungsluft aufweist, mit einem Wasser-Dampf-Kreislauf (5), der mit dem Dampferzeuger (2) verbunden ist, und mit einer Wärmespeichereinrichtung (11), welche mit dem Wasser-Dampf-Kreislauf (5) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmespeichereinrichtung (11) einen ersten Behälter (12) für ein Wärmespeichermedium im kalten Zustand, einen zweiten Behälter (13) für das Wärmespeichermedium im heißen Zustand und einen jeweils mit dem ersten Behälter (12) und mit dem zweiten Behälter (13) verbundenen Wärmetauscher (14) aufweist, wobei der Wärmetauscher (14) über eine Wasser-Dampf-Zuleitung (15) und eine Wasser-Dampf-Ableitung (16) an den Wasser-Dampf-Kreislauf (5) angeschlossen ist, wobei das Wärmespeichermedium zur Aufnahme von Wärme des Wasser-Dampfes von dem ersten Behälter (12) über den Wärmetauscher zu dem zweiten Behälter (13) förderbar ist, wobei die Wärmespeichereinrichtung (11) einen weiteren Wärmetauscher (18) aufweist, welcher jeweils mit dem ersten Behälter (12) und mit dem zweiten Behälter (13) verbunden ist, wobei eine Luftzuführung (19) zur Zuführung von Luft in den weiteren Wärmetauscher (18) und eine Luftableitung (20) zur Ableitung der Luft von dem weiteren Wärmetauscher (18) vorgesehen ist, wobei das Wärmespeichermedium zur Abgabe von Wärme an die Luft von dem zweiten Behälter (13) über den weiteren Wärmetauscher (18) zu dem ersten Behälter (12) förderbar ist, wobei die Luftableitung (20) mit der Zuführung (4) von Verbrennungsluft in den Brennraum (3) verbunden ist.

2. Wärmekraftwerk (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine erste Absperreinrichtung (21) zwischen dem ersten Behälter (12) und dem Wärmetauscher (14) und/oder eine zweite Absperreinrichtung (22) zwischen dem ersten Behälter (12) und dem weiteren Wärmetauscher (18) und/oder eine dritte

Absperreinrichtung (23) zwischen dem zweiten Behälter (13) und dem Wärmetauscher (14) und/oder eine vierte Absperreinrichtung (24) zwischen dem zweiten Behälter (13) und dem weiteren Wärmetauscher (18) vorgesehen ist.

3. Wärmekraftwerk (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass als Wärmespeichermedium Feststoffpartikel, insbesondere Sand oder Korund, in dem ersten (12) bzw. zweiten Behälter (13) angeordnet sind.

4. Wärmekraftwerk (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass als Wärmetauscher (14) und/oder als weiterer Wärmetauscher (18) jeweils ein Wirbelschichtwärmetauscher vorgesehen ist.

5. Wärmekraftwerk (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein Luftvorwärmer (25) zur Vorwärmung der Verbrennungsluft für den Brennraum (3) vorgesehen ist.

6. Wärmekraftwerk (1) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Luftzuführung (19) für den weiteren Wärmetauscher (18) von einer Verbindungsleitung (30) zwischen dem Luftvorwärmer (25) und der Brennkammer (3) abgezweigt ist.

7. Wärmekraftwerk (1) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Luftvorwärmer (25) mit einem Frischlufteinlass (27) verbunden ist, wobei die Luftzuführung (19) für den weiteren Wärmetauscher mit einem Fluidisierungsluftleinlass (33) verbunden ist.

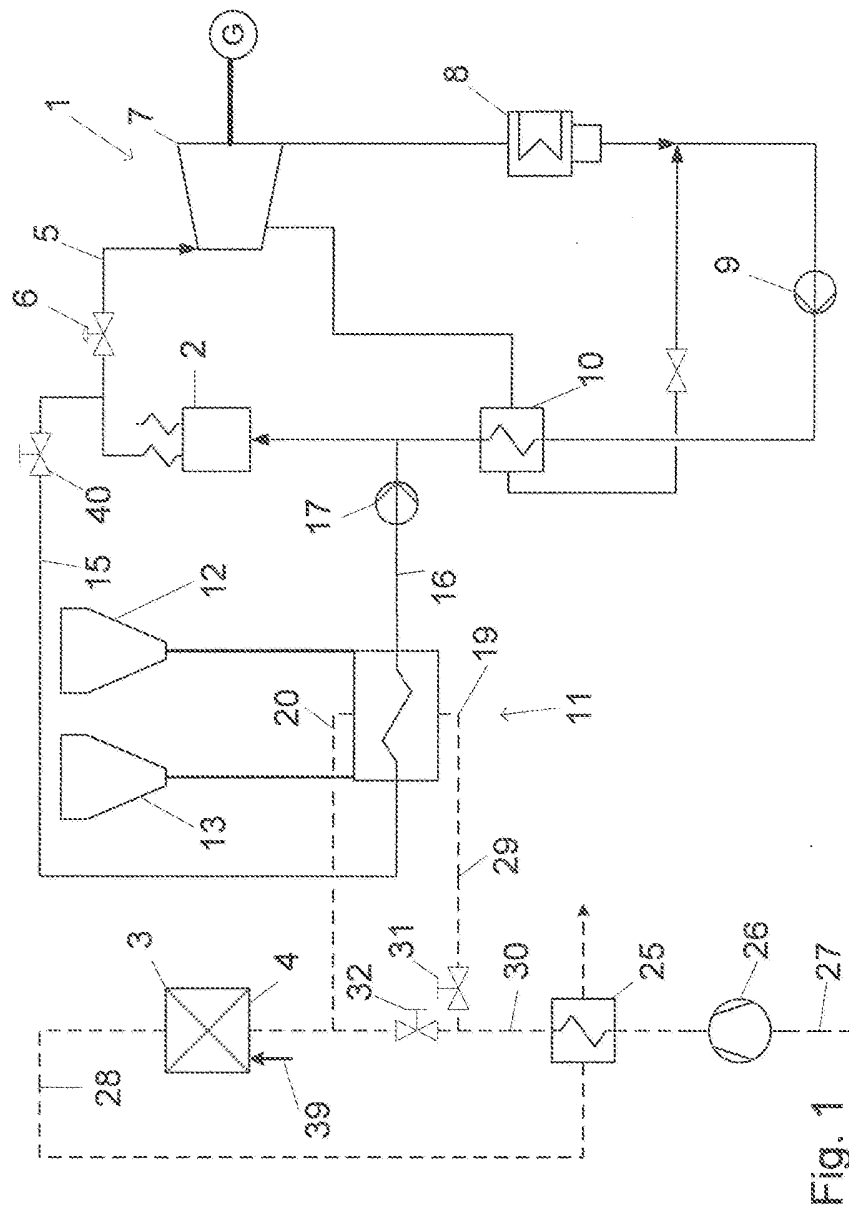
8. Wärmekraftwerk (1) nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Frischlufteinlass (27) mit einem Frischluftgebläse (26) und/oder der Fluidisierungsluftleinlass (33) mit einem Fluidisierungsgebläse (34) verbunden ist.

9. Wärmekraftwerk (1) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine Ausgangsleitung (28) zur Ableitung von Verbrennungsabgasen aus der Brennkammer (3) vorgesehen ist, welche Ausgangsleitung (28) einen in den Luftvorwärmer (25) führenden Leitungsabschnitt (35) und einen in einen Wasservorwärmer (36) des Wasser-Dampf-Kreislaufes (5) führenden weiteren Leitungsabschnitt (37) aufweist.

10. Wärmekraftwerk (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass in den Wärmetauscher (14) ein elektrisches Heizelement, insbesondere eine Widerstandsheizung (40), eingebaut ist.

11. Verfahren zum Speichern von Wärme in einem Wärmekraftwerk (1), welches einen Dampferzeuger (2) mit einem Brennraum (3) und einer Zuführung (4) für Verbrennungsluft und einen Wasser-Dampf-Kreislauf (5) aufweist, mit den Schritten:

- Fördern eines Wärmespeichermediums im kalten Zustand von einem ersten Behälter (12) über einen Wärmetauscher (14) zu einem zweiten Behälter (13),
- Leiten von Wasser-Dampf des Wasser-Dampf-Kreislaufes (5) durch den Wärmetauscher (14) unter Wärmeaustausch mit dem Wärmespeichermedium,
- Fördern des Wärmespeichermediums im heißen Zustand von dem zweiten Behälter (13) über einen weiteren Wärmetauscher (18) in den ersten Behälter (12),
- Leiten von Luft durch den weiteren Wärmetauscher (18) unter Wärmeaustausch mit dem Wärmespeichermedium im heißen Zustand und
- Zuführen der Luft als Verbrennungsluft in den Brennraum (3).



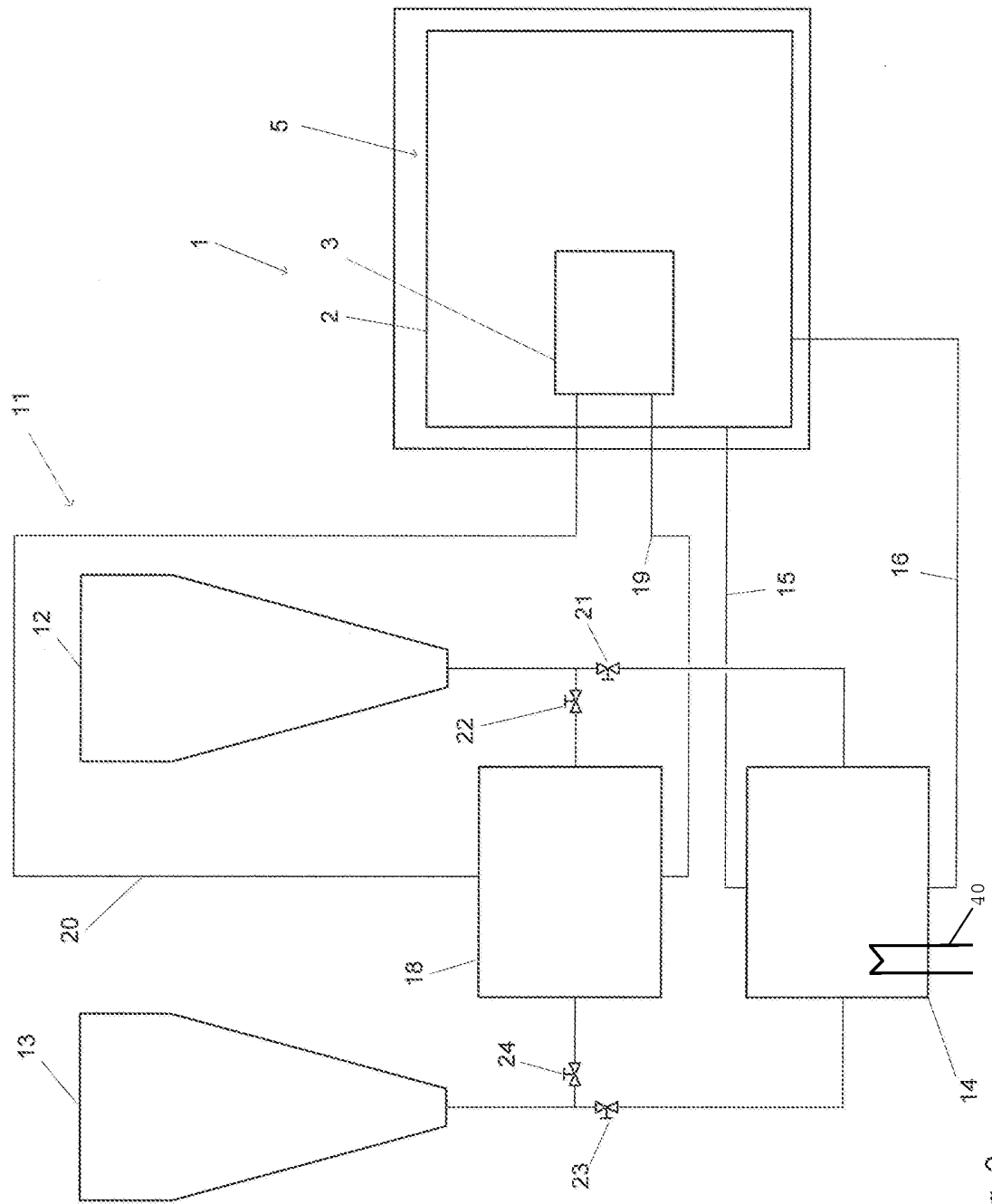


Fig. 2

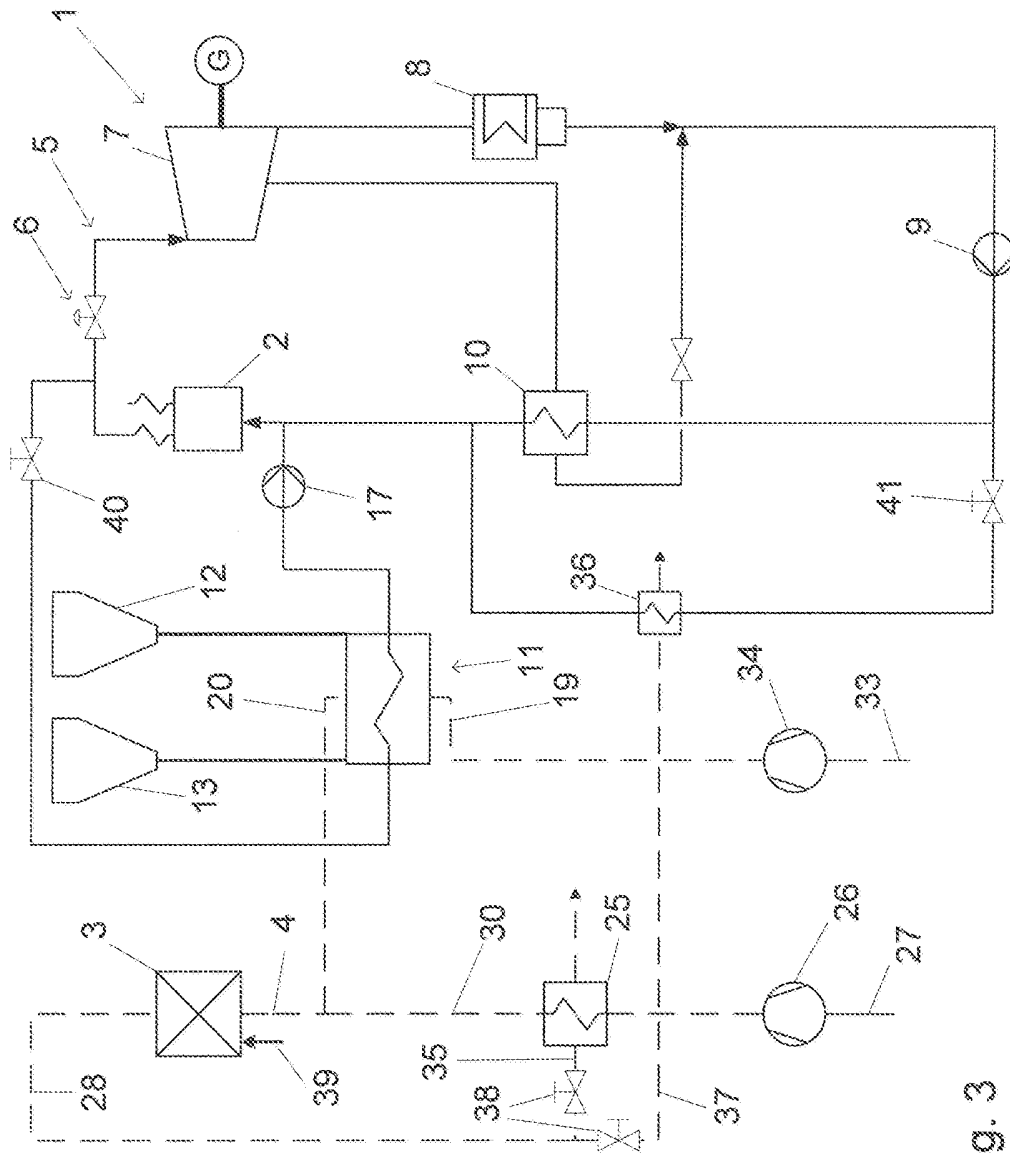


Fig. 3