



Energiespeicherkraftwerk (1) zur elektrischen Stromgewinnung, welches auch zur Überführung von elektrischer Energie in thermische Energie geeignet ist, wobei die thermische Energie bis zu einem Zeitpunkt des Bedarfs in wenigstens zwei thermischen Speichern (10) zwischengespeichert werden kann und bei Bedarf zur Erhöhung des Energiegehalts von Wasser in einem Wasserkreislauf (2) abgerufen werden kann, umfassend: - die wenigstens zwei thermischen Speicher (10) mit jeweils mindestens einer Wandlvorrichtung (15), die erlaubt, elektrische Energie in thermische Energie direkt oder indirekt zu wandeln, wobei die wenigstens zwei thermischen Speicher (10) durch Zwischenspeicherung dieser thermischen Energie thermisch aufgeladen werden können, und wobei ein thermischer Speicher (10) zur Speicherung von fühlbarer Wärme und ein thermischer Speicher (10) zur Speicherung von latenter Wärme vorgesehen ist, sowie - wenigstens eine Stromerzeugungseinheit (20), die mit dem Wasser in dem Wasserkreislauf (2), dessen Energiegehalt durch die zwischengespeicherte thermische Energie erhöht wurde, betrieben werden kann, um bei Betrieb elektrischen Strom zu erzeugen.

Beschreibung

**ENERGIESPEICHERKRAFTWERK UND VERFAHREN ZUM
BETREIBEN EINES SOLCHEN KRAFTWERKS**

5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Energiespeicherkraft-
werk zur Nutzbarmachung von thermischer Energie zur elektri-
schen Stromgewinnung, welches auch zur Überführung von elekt-
rischer Energie in thermische Energie geeignet ist. Weiter
betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Betrei-
10 ben eines solchen Energiespeicherkraftwerks.

Energiespeicherkraftwerke dienen in erster Linie zur Deckung
von Spitzenlastleistungen, die zu Hauptverbrauchszeiten von
elektrischer Energie nachgefragt werden. Weiter sind Energie-
15 speicherkraftwerke essentiell bei der Bereitstellung von Re-
gelleistung zur Stromnetzregulierung.

Dabei wird elektrische Energie zu Zeiten des geringen elekt-
rischen Energieverbrauchs gespeichert und bei hoher Leis-
20 tungsnachfrage zeitversetzt abgegeben. Herkömmliche Kraftwer-
ke sind meist aus technischen Gründen nicht in der Lage, aus-
reichend schnell auf Verbrauchsschwankungen im elektrischen
Stromnetz zu reagieren und auch kurzzeitig hohe Leistungen
zur Verfügung zu stellen. Um solchen Verbrauchsschwankungen
25 gerecht werden zu können, werden Energiespeicherkraftwerke
eingesetzt, die auch relativ kurzfristig hohe elektrische
Leistungen zu liefern im Stande sind.

Aus dem Stand der Technik bekannte Energiespeicherkraftwerke
30 unterscheiden sich in erster Linie durch die Form, in welcher
die elektrische Energie zwischengespeichert wird. Die bekann-
teste Art von Energiespeicherkraftwerken stellen die Wasser-
speicherkraftwerke dar bzw. Pumpspeicherkraftwerke, die bei
verbrauchsschwachen Zeiten Wasser in einen Speicher pumpen,
35 dessen Höhenniveau in Bezug zur Erdoberfläche dem darin be-
findlichen Wasser eine erhöhte potentielle Energie zukommen
lässt. Weitere Arten von Energiespeicherkraftwerken speichern
die elektrisch anfallende Energie nicht als potentielle Ener-

gie sondern als chemische oder physikalische Energie, z.B. in Form von Wärme oder Druckluft.

Viele dieser Typen von Energiespeicherkraftwerken unterliegen
5 geologischen bzw. bauspezifischen Beschränkungen, so dass ihre Vorsehung oftmals ortsabhängig erfolgen muss. Zudem erfordern diese Technologien mitunter auch hohe Kosten bei der Realisierung, die einen wirtschaftlichen Erfolg oftmals in Frage stellen. Ein weiterer Nachteil der bisher aus dem Stand
10 der Technik bekannten Energiespeicherkraftwerke ist darin zu sehen, dass die Abgabeleistungen oftmals zu gering sind bzw. nicht über ausreichend lange Zeitspannen abgegeben werden können.

15 Insofern ist es erforderlich, ein Energiespeicherkraftwerk vorzuschlagen, welches in der Lage ist, die aus dem Stand der Technik bekannten Nachteile zu überwinden.

Insbesondere stellt es sich als erforderlich dar, ein Energiespeicherkraftwerk vorzuschlagen, welches hinsichtlich seines örtlichen Einsatzgebietes relativ wenigen Einschränkungen unterliegt. Weiter soll ein derartiges Energiespeicherkraftwerk auch in der Lage sein, während Spitzenlastzeiten, die auch mehrere Stunden dauern können, ausreichende Mengen an
25 elektrischer Leistung zu liefern. Dies soll darüber hinaus zu relativ geringen Kosten möglich sein. Weiterhin ist es erwünscht, ein Energiespeicherkraftwerk vorzuschlagen, welches dazu geeignet ist, Wasser in einem Dampfprozess mittels thermischer Energie vorteilhaft und kostengünstig aufzubereiten
30 und diese somit für die Stromerzeugung in einem Stromerzeugungsprozess nutzbar zu machen.

Diese der vorliegenden Erfindung zugrundeliegenden Aufgaben werden durch ein Energiespeicherkraftwerk gemäß Patentanspruch 1 bzw. durch ein Verfahren zum Betreiben eines solchen
35 Energiespeicherkraftwerks nach Patentanspruch 11 gelöst.

Insbesondere wird die Erfindungsaufgabe durch ein Energie-
speicherkraftwerk zur elektrischen Stromgewinnung gelöst,
welches auch zur Überführung von elektrischer Energie in
thermische Energie geeignet ist, wobei die thermische Energie
5 bis zu einem Zeitpunkt des Bedarfs in wenigstens zwei thermi-
schen Speichern zwischengespeichert werden kann und bei Be-
darf zur Erhöhung des Energiegehalts von Wasser in einem Was-
serkreislauf abgerufen werden kann, umfassend:

- die wenigstens zwei thermischen Speicher mit jeweils min-
10 destens einer Wandelvorrichtung, die erlaubt, elektrische
Energie in thermische Energie direkt oder indirekt zu wan-
deln, wobei die wenigstens zwei thermischen Speicher durch
Zwischenspeicherung dieser thermischen Energie thermisch auf-
geladen werden können, und wobei ein thermischer Speicher zur
15 Speicherung von fühlbarer Wärme und ein thermischer Speicher
zur Speicherung von latenter Wärme vorgesehen ist, sowie
- wenigstens eine Stromerzeugungseinheit, die mit dem Wasser
in dem Wasserkreislauf, dessen Energiegehalt durch die zwi-
schengespeicherte thermische Energie erhöht wurde, betrieben
20 werden kann, um bei Betrieb elektrischen Strom zu erzeugen.

Fernerhin wird die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe
durch ein Verfahren zum Betreiben eines solchen Energiespei-
cherkraftwerks gelöst, wobei es die folgenden Schritte auf-
25 weist:

- Betreiben der Wandelvorrichtung, um elektrische Ener-
gie in thermische Energie direkt oder indirekt zu
wandeln, wobei wenigstens einer der wenigstens zwei
thermischen Speicher durch Zwischenspeicherung dieser
30 thermischen Energie thermisch aufgeladen wird;
- Betreiben der wenigstens einen Stromerzeugungseinheit
mit Hilfe des Wassers in dem Wasserkreislauf, dessen
Energiegehalt durch die zwischengespeicherte thermi-
sche Energie aus dem wenigstens einen thermischen
35 Speicher erhöht wurde, um bei Betrieb elektrischen
Strom zu erzeugen;

wobei insbesondere ein thermischer Speicher temperaturgesteu-
ert aufgeladen und/oder entladen wird.

Die Erfindung macht sich zu Nutzen, dass elektrische Energie, die bei Zeiten der Überschussproduktion von elektrischer Energie relativ kostengünstig erworben werden kann, in thermische Energie überführt werden kann, die in geeigneter Weise in dem Energiespeicherkraftwerk zwischengespeichert wird, und bei Bedarf erneut der Stromerzeugung zugeführt werden kann. Die Überführung von elektrischer Energie in thermische Energie kann hierbei mit bekannten Mitteln und Verfahren erreicht werden. Die so erzeugte thermische Energie lässt sich kontrolliert in dem Energiespeicherkraftwerk zwischenspeichern bis erneuter Energiebedarf vorherrscht. Die thermische Energie kann anschließend mit einer geringen thermischen Verlustleistung effizient auf das Wasser in den Wasserkreislauf übertragen werden. Eine geringe Verlustleistung wird erreicht einerseits aufgrund der Integration des thermischen Speichers in das Kraftwerk und den damit relativ kurzen Versorgungswegen, andererseits aus der gut beherrschten Übertragung von Wärme auf Wasser in einem Wasserkreislauf.

Zudem erlaubt das Vorsehen von zwei unterschiedlichen thermischen Speichern eine effiziente Wasseraufbereitung in einem Dampfprozess. Insbesondere eignet sich das Vorsehen eines thermischen Speichers zur Speicherung von fühlbarer Wärme und ein thermischer Speicher zur Speicherung von latenter Wärme zu einer besonders effizienten schrittweisen Aufbereitung des Wassers, da unterschiedliche Mengen von thermischer Energie bei unterschiedlichen Temperaturniveaus auf das Wasser übertragen werden können. Hierbei ist der thermische Speicher zur Speicherung von latenter Wärme dazu ausgebildet, thermische Energie auf einem im Wesentlichen konstanten Temperaturniveau abzugeben. Dies eignet sich beispielsweise besonders zum Verdampfen eines Wärmefluids. Der thermische Speicher zur Speicherung von fühlbarer Wärme ist dagegen besonders geeignet, in einem vorbestimmten Temperaturbereich zwischen einem oberen und einem unteren Temperaturgrenzwert thermische Energie abzugeben. Dies eignet sich beispielsweise besonders zur Überhitzung eines Wärmefluids.

Bevorzugt sind hierbei Energiespeicher zur Aufnahme und Abgabe latenter Energie auf Grundlage von geschmolzenen Salzen bzw. PCM (Phase Change Materials) zu erwähnen. Derartige Materialien erlauben die Speicherung von thermischer Energie bei relativ hohen Temperaturniveaus (≥ 100 °C). Insbesondere eignen sich derartige Materialien zur Bereitstellung eines thermischen Speichers, welcher zur Überhitzung von bereits erzeugtem Wasserdampf in dem Wasserkreislauf eingesetzt wird, da sie auch zersetzungsfrei bei Temperaturen von über 400°C einsetzbar sind.

Thermische Speicher zur Zwischenspeicherung von fühlbarer Wärme können auch auf Grundlage von kostengünstigen Materialien wie beispielsweise Beton, Gestein oder Sand bereitgestellt werden. Ebenso sind auch Thermoöle für den Einsatz in thermischen Speichern zur Speicherung von fühlbarer Wärme geeignet. Für Temperaturniveaus von kleiner als 300 °C eignen sich die Thermoöle besonders.

Die Übertragung der thermischen Energie an das Wasser in dem Wasserkreislauf dient typischerweise dazu, das Wasser vorzuwärmen bzw. es bei vorgegebenen Bedingungen zur Verdampfung zu bringen. Ebenfalls ist es denkbar, dass die zwischengespeicherte thermische Energie zur Aufbereitung des Dampfes, insbesondere zur Überhitzung, dient. Dementsprechend kann die thermische Energie aus dem Speicher zur geeigneten Konditionierung des Wassers in dem Wasserkreislauf bei unterschiedlichen Prozessvoraussetzungen eingesetzt werden. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Verdampfung des Wassers mittels Wärme erfolgt, welche aus dem thermischen Speicher entnommen ist, der zu Zwischenspeicherung von latenter Wärme vorgesehen ist. Ebenfalls ist es vorteilhaft, dass Wärme aus dem thermischen Speicher zur Speicherung von fühlbarer Wärme zur Überhitzung von bereits erzeugtem Dampf eingesetzt wird.

In vorteilhafter Weise wird das Verfahren zum Betreiben eines Energiespeicherkraftwerks temperaturgesteuert aufgeladen

und/oder entladen. Durch die Temperatursteuerung kann einerseits der Ladezustand in dem thermischen Speicher geeignet beeinflusst werden, andererseits ist es möglich, bei temperaturgesteuerter Entnahme der thermischen Energie einen vorteilhaften Grad an Kontrolle über den Entladezustand zu gewinnen. Weiter lässt sich anhand der vorherrschenden Temperaturbedingungen in dem thermischen Speicher die dort noch zur Verfügung stehende thermische Energie abschätzen, woraus die maximal möglichen Entnahmemengen an thermischer Energie leicht berechnet werden können.

Gemäß einer ersten besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Energiespeicherkraftwerks ist vorgesehen, dass wenigstens einer, bevorzugt beide thermischen Speicher modular aufgebaut sind, wobei die jeweiligen Module bei Bedarf unabhängig voneinander mit thermischer Energie aufgeladen und/oder bei Bedarf unabhängig voneinander zur Übertragung von thermischer Energie an das Wasser in dem Wasserkreislauf entladen werden können. Durch den modularen Aufbau eines thermischen Speichers kann die zu speichernde Energiemenge variabel gesteuert bzw. geregelt werden, so dass ein höherer Grad an Kontrolle über den Vorgang der thermischen Energieabgabe an das Wasser in dem Wasserkreislauf erreicht werden kann. Weiter ist es auch möglich, Module des thermischen Speichers mit unterschiedlich großen Mengen an thermischer Energie aufzuladen, ohne jedoch etwa vorbestimmte Minimaltemperaturen unterschreiten zu müssen. Ebenso kann der Aufladevorgang derart erfolgen, dass das Temperaturniveau eines Moduls des thermischen Speichers eine vorgegebene Zieltemperatur erreicht. Und weiterhin ist es aufgrund des modularen Aufbaus auch möglich, dass unterschiedlich große Mengen an thermischer Energie bei im Wesentlichen gleichbleibendem Temperaturniveau abgegeben bzw. aufgenommen werden können.

So ist es beispielsweise auch vorteilhaft, technisch vorgegebene Zieltemperaturen während der Vorwärmung des Wassers in dem Wasserkreislauf bzw. während des Verdampfens oder Überhitzens des Dampfes des Wassers in dem Wasserkreislauf einzu-

stellen, um damit eine effizientere Nutzung aller thermischer Quellen zu erreichen. Insbesondere bei der Rückverstromung mittels einer Dampfturbine ist zu berücksichtigen, dass unterschiedliche Rückverstromungsleistungen voneinander abweichende Dampfmassenströme erfordern, weshalb in diesen Fällen dann auch unterschiedliche thermische Leistungen aus dem thermischen Speicher abgerufen werden müssen. Der modulare Aufbau des thermischen Speichers erlaubt in diesem Zusammenhang den Betrieb eines hinsichtlich seines fluiddynamischen Verhaltens stabilen Wasserdampfkreislaufes wodurch die zur Rückverstromung erforderlichen Dampfzustände gut kontrolliert werden können.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Energiespeicherkraftwerks ist vorgesehen, dass wenigstens einer, bevorzugt beide der thermischen Speicher ihre thermische Energie an das Wasser in dem Wasserkreislauf mittelbar über einen oder mehrere Wärmetauscher übertragen. Der Wärmetauscher bedingt zwar einerseits eine geringe Verringerung des Wärmeübertragungswirkungsgrades, jedoch stellt er eine prozesstechnische Verbesserung dar, da über ihn in kontrollierter Weise die Wärme aus dem thermischen Speicher auf das Wasser in dem Wasserkreislauf übertragen werden kann. Zudem ist es möglich, den Wärmetauscher über einzelne Module des thermischen Speichers gezielt zu versorgen. Dementsprechend kann insbesondere das Temperaturniveau des Wärmetauschers bzw. die zeitliche Veränderung des Temperaturniveaus des Wärmetauschers geeignet eingestellt werden, indem einzelne Module ihre Wärme zu unterschiedlichen Zeiten oder auf einem unterschiedlichen Temperaturniveau an den Wärmetauscher abgeben. Bevorzugt ist ein Wärmetauscher mit einer Mehrzahl an Modulen, die zu verschiedenen Zeitpunkten unterschiedliche Mengen an thermischer Energie an den Wärmetauscher übertragen können. Der Wärmetauscher kann hierbei im einfachsten Fall als Wärmespeicher zur thermischen Zwischenspeicherung der von den einzelnen Modulen übertragenen thermischen Energie ausgeführt sein.

Entsprechend einer bevorzugten Weiterführung der vorab beschriebenen Ausführungsform ist vorgesehen, dass der Wärmetauscher ebenfalls noch durch eine andere Wärmequelle mit thermischer Energie versorgt werden kann. Eine derartige Wärmequelle ist insbesondere eine externe Wärmequelle, deren thermische Energie aus einem Verbrennungsvorgang, besonders bevorzugt aus einem Kraftwerksprozess stammt. Besonders bevorzugt kann hierbei die Abwärme einer Gasturbine an den Wärmetauscher übertragen werden. Beispielsweise kann der Wärmetauscher auch von einem Dampfkraftwerk oder einem gekoppelten Gas-und-Dampfkraftwerk umfasst werden.

Entsprechend einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Energiespeicherkraftwerks ist ebenso vorgesehen, dass der wenigstens eine thermische Speicher seine thermische Energie an das Wasser in dem Wasserkreislauf direkt abgibt, wobei der Wasserkreislauf wenigstens teilweise innerhalb des thermischen Speichers verläuft. Bei direkter Abgabe von thermischer Energie an das Wasser in dem Wasserkreislauf ist zu erwarten, dass der Wirkungsgrad der thermischen Übertragung relativ hoch ist. Zudem kann eine thermische Kopplung des Wasserkreislaufs mit dem thermischen Speicher mitunter durch relativ einfache bauliche Maßnahmen erreicht werden.

Entsprechend einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die Wandelvorrichtung eine elektrische Widerstandsheizvorrichtung ist. Die Widerstandsheizvorrichtung erlaubt die Umwandlung von elektrischer Energie in thermische Energie mit einem relativ hohen Wirkungsgrad. So ermöglichen geeignete elektrische Widerstände die fast vollständige Umwandlung der elektrischen Energie in thermische Wärme, welche in dem thermischen Speicher zwischengespeichert werden kann. Die Anordnung der elektrischen Widerstandsheizvorrichtung in Bezug auf den thermischen Speicher ist bevorzugt so vorzunehmen, dass beim Übertrag der thermischen Energie auf den thermischen Speicher ein nur relativ geringer thermischer Übertragungswiderstand vorherrscht. Ist der thermische Speicher beispielsweise modular

aufgebaut, ist es auch möglich, einzelne Module unterschiedlich anzusteuern, um so eine jeweils unterschiedliche thermische Leistung in die einzelnen Module zu übertragen. Ferner ist es auch bevorzugt, dass jedes der einzelnen Module des thermischen Speichers mit wenigstens einer Wandelvorrichtung zur Wandlung von elektrischer Energie in thermische Energie versehen ist.

Gemäß einem weiteren bevorzugten Aspekt der vorliegenden Erfindung sind die in dem Energiespeicherkraftwerk vorgesehenen wenigstens zwei thermischen Speicher derart ausgebildet, dass die Abgabe von thermischer Energie auf zwei unterschiedlichen Temperaturniveaus erfolgt, wobei insbesondere die Übertragung von thermischer Energie an das Wasser in dem Wasserkreislauf an zwei unterschiedlichen Orten des Wasserkreislaufs erfolgt. Damit wird eine hohe Kontrolle und thermische Effizienz der Übertragung von thermischer Energie an das Wasser in dem Wasserkreislauf gewährleistet. Wenn wenigstens einer der zwei thermischen Speicher dafür vorgesehen ist, dass Wasser in dem Wasserkreislauf zu verdampfen, kann so zudem auch ein stabiler Wasserdampfkreislauf erzeugt werden, welcher für den Einsatz in einem Dampfprozess erforderlich ist. Ferner können an unterschiedlichen Orten des Wasserkreislaufs unterschiedliche Mengen an thermischer Energie auf den Wasserkreislauf übertragen werden, wodurch auch ein höherer thermischer Gesamtwirkungsgrad resultieren kann.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist der thermische Speicher zur Speicherung von fühlbarer Wärme ein höheres Temperaturniveau auf und dient zur Bereitstellung von thermischer Energie zur Überhitzung von bereits erzeugtem Dampf des Wassers in dem Wasserkreislauf. Der thermische Speicher zur Speicherung der latenten Wärme kann im Vergleich hierzu ein geringeres Temperaturniveau aufweisen und kann zur Bereitstellung von thermischer Energie in einem Verdampfer eingesetzt werden, welcher Wasser in dem Wasserkreislauf in seine Dampfphase überführt.

Gemäß einem weiterführenden Aspekt der dargestellten Ausführungsformen des Energiespeicherkraftwerks kann vorgesehen sein, dass einer der wenigstens zwei thermischen Speicher ein Temperaturniveau von weniger als 400 °C, und einer der wenigstens zwei thermischen Speicher ein Temperaturniveau von mehr als 400 °C aufweist. Diese Temperaturniveaus sind insbesondere geeignet zur Übertragung thermischer Energie an Wasser in einem Wasserkreislauf in Verbindung mit einem Dampfprozess. So kann beispielsweise bei einem Temperaturniveau von weniger als 400 °C das in dem Wasserkreislauf befindliche Wasser durch ausreichenden thermischen Energieübertrag verdampft werden, wobei der Dampf nachfolgend bei einem Temperaturniveau von mehr als 400 °C durch einen weiteren thermischen Energieübertrag aus dem zweiten thermischen Speicher überhitzt wird. Die ausführungsgemäßen Temperaturniveaus sind somit besonders geeignet, zum Einsatz in einem Energiespeicherkraftwerk, welches die elektrische Stromerzeugung mittels einer Dampfturbine erreicht.

Gemäß eines weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiels kann das Energiespeicherkraftwerk derart ausgestaltet sein, dass die Stromerzeugungseinheit wenigstens eine Dampfturbine, bevorzugt wenigstens zwei durch den Wasserkreislauf versorgte Dampfturbinen aufweist, wobei der Wasserkreislauf abstromseitig in Bezug auf die erste Dampfturbine zur weiteren Wärmeaufnahme mit wenigstens einem thermischen Speicher zur thermischen Wechselwirkung angeordnet ist. Auf diese Weise kann beispielsweise der aus einer Hochdruck-Dampfturbine austretende Dampf erneut überhitzt werden, um ihn dann einer Mitteldruck-Dampfturbine zuzuführen. Die erneute Überhitzung gewährleistet einen verbesserten Wirkungsgrad bei der Erzeugung von elektrischer Leistung.

Ebenso ist es gemäß weiterer Ausführungsformen möglich, das Wasser in dem Wasserkreislauf auf seinem Weg zwischen den einzelnen Dampfturbinen gezielt durch thermischen Energieeintrag aus einem der thermischen Speicher zu konditionieren. So ist es beispielsweise denkbar, dass der aus einer Mittel-

druck-Dampfturbine austretende Dampf noch einmal einer thermischen Konditionierung durch Übertrag von thermischer Wärme aus dem thermischen Speicher konditioniert wird, bevor er in eine Niederdruck-Dampfturbine eingeleitet wird. Auch in dieser Ausführungsform kann der Gesamtwirkungsgrad der Stromerzeugungseinheit erhöht werden.

Gemäß einer ebenfalls bevorzugten Ausführungsform des Energiespeicherkraftwerks ist wenigstens einer der thermischen Speicher, insbesondere der zur Speicherung von latenter Wärme vorgesehene Speicher dazu ausgebildet, Wasser in dem Wasserkreislauf zu verdampfen. Die Verdampfung kann beispielsweise in einer mit einem Verdampfungskessel in Fluidverbindung stehenden Leitung erfolgen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann wenigstens einer der thermischen Speicher, insbesondere der zur Speicherung von fühlbarer Wärme vorgesehene Speicher dazu ausgebildet sein, wenigstens teilweise dampfförmiges Wasser in dem Wasserkreislauf zu überhitzen.

Weiterhin ist auch möglich, dass der thermische Speicher, der zur Speicherung von fühlbarer Wärme vorgesehen ist, dazu ausgebildet ist, auf einem im Wesentlichen konstanten Temperaturniveau aufgeladen zu werden bzw. entladen zu werden. Bevorzugt kann dies beim Entladen durch Vorsehen von zwei Reservoirs in dem thermischen Speicher mit flüssigem Wärmespeichermedium erreicht werden, wobei das Wärmespeichermedium in jedem Reservoir auf unterschiedlichen Temperaturniveaus vorliegt. Durch gezielte Mischung der thermischen Energie aus beiden Reservoirs kann folglich ein im Wesentlichen gleichbleibendes Temperaturniveau während der Entladung des thermischen Speichers gewährleistet werden (Zwei-Tank-Lösung).

Entsprechend einer besonders bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass wenigstens ein thermischer Speicher mittels Überschussstrom aus dem öffentlichen Stromnetz aufgeladen wird. Demgemäß können Leis-

tungsüberschüsse zu Zeiten entnommen werden, zu welchen der Strompreis verhältnismäßig günstig ist. Diese elektrische Energie wird in thermische Energie überführt und in dem thermischen Speicher solange zwischengespeichert, bis in dem Stromnetz aufgrund von erhöhter Nachfrage ein erhöhter Bedarf gedeckt werden muss. Dieser kann dann zeitlich versetzt mit Hilfe von aus dem thermischen Speicher entnommener thermischer Energie, die mittels der Stromerzeugungseinheit in elektrische Energie überführt wird, gedeckt werden. Da die zu diesem Zeitpunkt erzeugte elektrische Energie zu einem höheren Preis verkauft werden kann, ergibt sich eine vorteilhafte Wirtschaftlichkeit für den Betreiber des Energiespeicherkraftwerks.

Entsprechend einer ebenfalls bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betreiben eines Energiespeicherkraftwerks ist vorgesehen, dass die Module wenigstens eines der thermischen Speicher zeitlich versetzt zueinander aufgeladen bzw. zur Übertragung von thermischer Energie an das Wasser in dem Wasserkreislauf zeitlich versetzt zueinander entladen werden. Wie weiter oben bereits ausgeführt, kann damit einerseits die Effizienz der thermischen Wärmeübertragung auf das Wasser in dem Wasserkreislauf erhöht werden bzw. die Kontrolle über das gesamte Verfahren zur Rückverstromung verbessert werden.

Weitere Ausführungsformen lassen sich aus den Unteransprüchen entnehmen.

Die nachfolgenden Figuren erläutern die Erfindung anhand konkreter Ausführungsbeispiele. Die Konkretisierung der Erfindung in den Figuren stellt keine Einschränkung hinsichtlich der Allgemeinheit der beanspruchten Erfindung dar. Vielmehr werden die in den Figuren dargestellten Einzelmerkmale für sich alleine, wie auch in Gesamtheit mit den anderen in den Figuren dargestellten Merkmalen beansprucht. Hierbei zeigen:

FIG 1 eine erste Ausführungsform des erfindungsgemäßen Energiespeicherkraftwerks in schematischer Darstellung,

5 FIG 2 eine zweite Ausführungsform des erfindungsgemäßen Energiespeicherkraftwerks in einer schematischen Darstellung.

FIG 1 zeigt eine erste bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Energiespeicherkraftwerks 1 zur elektrischen Stromgewinnung. Das Energiespeicherkraftwerk 1 weist innerhalb eines Kraftwerksblocks 3 eine Stromerzeugungseinheit 20 auf, die zur Erzeugung elektrischer Energie vorgesehen ist. Die Stromerzeugungseinheit 20 umfasst eine Niederdruck-Turbine (ND-Turbine) 21 die axial gekoppelt mit einer Mittel-15 druck-Turbine (MD-Turbine 22) ist, die ihrerseits wiederum axial gekoppelt mit einer Hochdruck-Turbine (HD-Turbine) 23 ist. Alle drei Turbinen weisen eine gemeinsame Achse 25 auf, mittels derer sie mit einem Generator 24 zur Stromerzeugung in Wirkverbindung stehen. Die Stromerzeugungseinheit 20 wird mit überhitztem Dampf aus dem Wasserkreislauf 2 versorgt. Zur Erzeugung des überhitzten Dampfes wird Wasser in dem Wasserkreislauf 2 durch Übertragung thermischer Energie aus einem der zwei thermischen Speicher 10 zunächst verdampft und in einem anschließenden Schritt der so erzeugte Dampf überhitzt.

25

Zur Verdampfung des Wassers im Wasserkreislauf 2 kann dieses in ein Wasserreservoir 41 eingeströmt werden, aus welchem wiederum Anteile des Wassers entnommen werden und mittels Übertragung von thermischer Energie aus dem thermischen Speicher 10, welcher als Verdampfer 13 eingesetzt wird, wenigstens teilweise verdampft wird. Der so erzeugte Dampf, bzw. das erzeugte Dampf-Wasser-Gemisch wird zurück in das Wasserreservoir 41 geführt, aus welchem in einem nachfolgenden Schritt der erzeugte Dampf zur Überhitzung entnommen wird. 35 Mittels Übertragung von thermischer Energie aus einem weiteren thermischen Speicher 10, welcher als Überhitzer 14 eingesetzt wird, wird dieser Dampf durch weiteren thermischen Energieeintrag überhitzt und anschließend der Stromerzeu-

gungseinheit 20 zugeführt. Hierbei können, wie dargestellt, Ventile zur Steuerung des Dampfmassenstroms vorgesehen sein.

Hat der überhitzte Dampf in dem Wasserkreislauf 2 einen Teil
5 seiner Energie an die Hochdruck-Turbine 23 der Stromerzeugungseinheit 20 abgegeben, wird er mit Hilfe einer Zwischenüberhitzer-Leitung 46 zur weiteren thermischen Energieübertragung aus dem Überhitzer 14 (thermischer Speicher 10) diesem zugeführt. Nachfolgend wird dieser zwischenüberhitzte
10 Dampf der Mitteldruck-Turbine 22 zugeführt und stromabwärts zu dieser der Niederdruck-Turbine 21. Die von dem Dampf aufgenommene kinetische Energie wird durch die drei Turbinen 21, 22 und 23 in eine Drehung der Achse 25 überführt, durch welche wiederum der Generator 24 zur Stromerzeugung betrieben
15 wird.

Abstromseitig in Bezug auf die Niederdruck-Turbine 21 wird der verbleibende Dampf einem Kondensator 44 zugeführt, in welchem das Wasser auf ein so geringes Temperaturniveau abgekühlt wird, dass es in seine flüssige Phase übergeht. Das in
20 dem Kondensator 44 erzeugte flüssige Wasser wird anschließend zur erneuten Aufwärmung einem Vorwärmer 43 zugeführt, welcher teilweise mit Dampf aus der Niederdruck-Turbine 21 versorgt wird. Das den Vorwärmer 43 verlassende, mit einem erhöhten
25 Energiegehalt versehene Wasser, wird anschließend durch die Kondensatpumpe 42 erneut dem Verdampfer 13 zugeführt.

Gemäß der in FIG 1 gezeigten Ausführungsform ist der thermische Speicher 10, welcher als Verdampfer 13 ausgebildet ist,
30 im Vergleich zum thermischen Speicher 10, welcher als Überhitzer 14 ausgebildet ist, auf einem geringeren Temperaturniveau. Dementsprechend ist es sinnvoll, den Verdampfer 13 als thermischen Speicher zur Speicherung von latenter Wärme auszuführen, wohingegen der Überhitzer 14, der deutlich höhere
35 Temperaturen aufweisen muss, als thermischer Speicher zur Speicherung von fühlbarer Wärme ausgeführt ist.

Zur Aufladung der beiden thermischen Speicher 10 kann bei Bedarf elektrische Energie aus einem elektrischen Versorgungskreislauf 16, also etwa dem öffentlichen Stromnetz entnommen werden, die dann mittels einer oder mehrerer geeigneter Wand-
5 delvorrichtungen 15 in thermische Energie überführt wird. Vorliegend sind die beiden thermischen Speicher 10 jeweils mit einer Wandelvorrichtung 15 versehen, die als Widerstandheizvorrichtung ausgeführt ist. Dementsprechend ist es möglich, bei Bedarf elektrische Energie aus dem elektrischen
10 Versorgungskreislauf 16 zu entnehmen und diese als thermische Energie in einem der beiden thermischen Speicher 10 zwischenspeichern. Je nach benötigter Energiemenge bzw. je nach erforderlichem Temperaturniveau können die Wandelvorrichtungen 15 individuell eingestellt werden, um den prozessbedingten
15 Erfordernissen zu entsprechen. Diese Einstellung kann bei zahlreichen Ausführungsformen der Erfindung vorgenommen werden.

FIG 2 zeigt eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemä-
20 ßen Energiespeicherkraftwerks in einer schematischen Darstellung. Hinsichtlich der Stromerzeugungseinheit 20 unterscheidet sich die in FIG 2 dargestellte Ausführungsform nicht wesentlich von der in FIG 1 dargestellten Ausführungsform.

25 Ein wesentlicher Unterschied beider Ausführungsformen ist jedoch der, dass die in FIG 2 dargestellte Ausführungsform modular aufgebaute thermische Speicher 10 aufweist, die jeweils mit einem Wärmetauscher 12 in thermischer Verbindung sind. Insgesamt sind drei thermische Speicher 10 vorgesehen, die
30 jeweils aus drei Modulen 11 aufgebaut sind. Die einzelnen Module 11 weisen jeweils eine Wandelvorrichtung 15 auf, die erlaubt, elektrische Energie aus einem elektrischen Versorgungskreislauf 16 in thermische Energie umzuwandeln. Die so erzeugte thermische Energie wird in dem jeweils zugehörigen
35 Modul 11 des thermischen Energiespeichers 10 zwischengespeichert. Je nach Bedarf kann aus diesen Modulen 11 des thermischen Speichers 10 thermische Leistung entnommen und an den Wärmetauscher 12 übertragen werden. Die jeweilige Übertragung

kann ausführungsgemäß auch in geeigneter Weise gesteuert oder geregelt erfolgen.

Vergleichbar zu der Ausführungsform gemäß FIG 1, weist auch die Ausführungsform gemäß FIG 2 einen thermischen Speicher 10 auf, der als Verdampfer 13 ausgebildet ist, bzw. einen thermischen Speicher 10, der als Überhitzer 14 ausgebildet ist. Zusätzlich weist die dargestellte Ausführungsform auch noch einen weiteren thermischen Speicher 10 auf, der als Economizer 17 ausgebildet ist und zur Vorwärmung des Wassers in dem Wasserkreislauf 2 dient bevor dieses in das Wasserreservoir 41 und nachfolgend in den dazugehörigen Wärmetauscher 12 zur thermischen Energieübertragung überführt wird. Ausführungsgemäß weist der thermische Speicher 10, welcher als Economizer 17 ausgebildet ist, ein geringeres Temperaturniveau auf, als der thermische Speicher 10, der als Verdampfer 13 ausgebildet ist. Durch den im Vergleich zur Ausführungsform der FIG 1 zusätzlichen thermischen Speicher 10, der als Economizer 17 ausgebildet ist, kann eine verbesserte Kontrolle der thermischen Übertragung, wie auch eine verbesserte Kontrolle der fluiddynamischen Strömungsbedingungen in dem Wasserkreislauf 2 erreicht werden.

Weiterhin unterscheidet sich die Ausführungsform gemäß FIG 2 von der in FIG 1 gezeigten dahingehend, dass der thermische Speicher 12 zusätzlich auch noch durch eine externe Wärmequelle 30 mit thermischer Energie versorgt werden können. Die Wärmequelle 30 stellt hierbei bevorzugt thermische Energie aus einem Verbrennungsprozess, besonders bevorzugt Abwärme aus einem Verbrennungsprozess zur Verfügung. Diese kann, je nach Bedarf, in die Wärmetauscher 12 überführt werden, um somit die Menge an thermischer Energie, die an das Wasser in dem Wasserkreislauf 2 übertragen wird, zu erhöhen. Wie dargestellt, kann der Übertrag an thermischer Energie aus der Wärmequelle 30 durch eine Verbindungsleitung seriell in die einzelnen Wärmetauscher 12 nacheinander erfolgen. Alternativ ist jedoch auch eine parallele Übertragung aus der Wärmequelle 30 bzw. eine Individuallösung denkbar. Dem Fachmann ist ver-

ständig, dass eine solche externe Wärmequelle 30 auch grundsätzlich in der Ausführungsform gemäß FIG 1 vorgesehen sein könnte.

Patentansprüche

1. Energiespeicherkraftwerk (1) zur elektrischen Stromgewinnung, welches auch zur Überführung von elektrischer Energie in thermische Energie geeignet ist, wobei die thermische Energie bis zu einem Zeitpunkt des Bedarfs in wenigstens zwei thermischen Speichern (10) zwischengespeichert werden kann und bei Bedarf zur Erhöhung des Energiegehalts von Wasser in einem Wasserkreislauf (2) abgerufen werden kann, umfassend:
- 5
- 10 - die wenigstens zwei thermischen Speicher (10) mit jeweils mindestens einer Wandelvorrichtung (15), die erlaubt, elektrische Energie in thermische Energie direkt oder indirekt zu wandeln, wobei die wenigstens zwei thermischen Speicher (10) durch Zwischenspeicherung dieser thermischen Energie thermisch aufgeladen werden können, und wobei ein thermischer Speicher (10) zur Speicherung von fühlbarer Wärme und ein thermischer Speicher (10) zur Speicherung von latenter Wärme vorgesehen ist, sowie
- 15
- wenigstens eine Stromerzeugungseinheit (20), die mit dem Wasser in dem Wasserkreislauf (2), dessen Energiegehalt durch die zwischengespeicherte thermische Energie erhöht wurde, betrieben werden kann, um bei Betrieb elektrischen Strom zu erzeugen.
- 20
- 25 2. Energiespeicherkraftwerk gemäß Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
wenigstens einer, bevorzugt beide thermischen Speicher (10) modular aufgebaut sind, wobei die jeweiligen Module (11) bei Bedarf unabhängig voneinander mit thermischer Energie aufgeladen und/oder bei Bedarf unabhängig voneinander zur Übertragung von thermischer Energie an das Wasser in dem Wasserkreislauf (2) entladen werden können.
- 30
3. Energiespeicherkraftwerk gemäß einem der vorher gehenden Ansprüche,
35 **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s**
wenigstens einer, bevorzugt beide der thermischen Speicher (10) ihre thermische Energie an das Wasser in dem Wasser-

kreislauf (2) mittelbar über einen oder mehrere Wärmetauscher (12) übertragen.

4. Energiespeicherkraftwerk gemäß Anspruch 3,

5 **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s**
der Wärmetauscher (12) ebenfalls noch durch eine andere Wärmequelle (30) mit thermischer Energie versorgt werden kann.

5. Energiespeicherkraftwerk gemäß einem der vorher gehenden
10 Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
die Wandelvorrichtung (15) eine elektrische Widerstandheizvorrichtung ist.

6. Energiespeicherkraftwerk gemäß einem der vorher gehenden
15 Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
einer der wenigstens zwei thermischen Speicher (10) ein Temperaturniveau von weniger als 400°C und einer der wenigstens
20 zwei thermischen Speicher (10) ein Temperaturniveau von mehr als 400°C aufweist.

7. Energiespeicherkraftwerk gemäß einem der vorher gehenden
Ansprüche,

25 **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s**
die Stromerzeugungseinheit (20) wenigstens eine Dampfturbine, bevorzugt wenigstens zwei durch den Wasserkreislauf (2) versorgte Dampfturbinen aufweist, wobei der Wasserkreislauf (2) abstromseitig in Bezug auf die erste Dampfturbine zur weiteren
30 Wärmeaufnahme mit wenigstens einem thermischen Speicher (10) zur thermischen Wechselwirkung angeordnet ist.

8. Energiespeicherkraftwerk gemäß einem der vorher gehenden
Ansprüche,

35 **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s**
wenigstens einer der thermischen Speicher (10), insbesondere der zur Speicherung von latenter Wärme vorgesehene Speicher

(10) dazu ausgebildet ist, Wasser in dem Wasserkreislauf (2) zu verdampfen.

9. Energiespeicherkraftwerk gemäß einem der vorher gehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
wenigstens einer der thermischen Speicher (10), insbesondere der zur Speicherung von fühlbarer Wärme vorgesehene Speicher (10) dazu ausgebildet ist, wenigstens teilweise dampfförmiges Wasser in dem Wasserkreislauf (2) zu überhitzen.

10. Energiespeicherkraftwerk gemäß einem der vorher gehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
der thermische Speicher (10), der zur Speicherung von fühlbarer Wärme vorgesehen ist, dazu ausgebildet ist, auf einem im Wesentlichen konstanten Temperaturniveau aufgeladen zu werden bzw. entladen zu werden.

11. Verfahren zum Betreiben eines Energiespeicherkraftwerks nach einem der vorher gehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
es die folgenden Schritte aufweist:

- Betreiben der Wandelvorrichtung (15), um elektrische Energie in thermische Energie direkt oder indirekt zu wandeln, wobei wenigstens einer der wenigstens zwei thermischen Speicher (10) durch Zwischenspeicherung dieser thermischen Energie thermisch aufgeladen wird;
- Betreiben der wenigstens einen Stromerzeugungseinheit (20) mit Hilfe des Wassers in dem Wasserkreislauf (2), dessen Energiegehalt durch die zwischengespeicherte thermische Energie aus dem wenigstens einen thermischen Speicher (10) erhöht wurde, um bei Betrieb elektrischen Strom zu erzeugen;

wobei insbesondere ein thermischer Speicher (10) temperaturgesteuert aufgeladen und/oder entladen wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
wenigstens ein thermischer Speicher (10) mittels Überschuss-
strom aus dem öffentlichen Stromnetz aufgeladen wird.

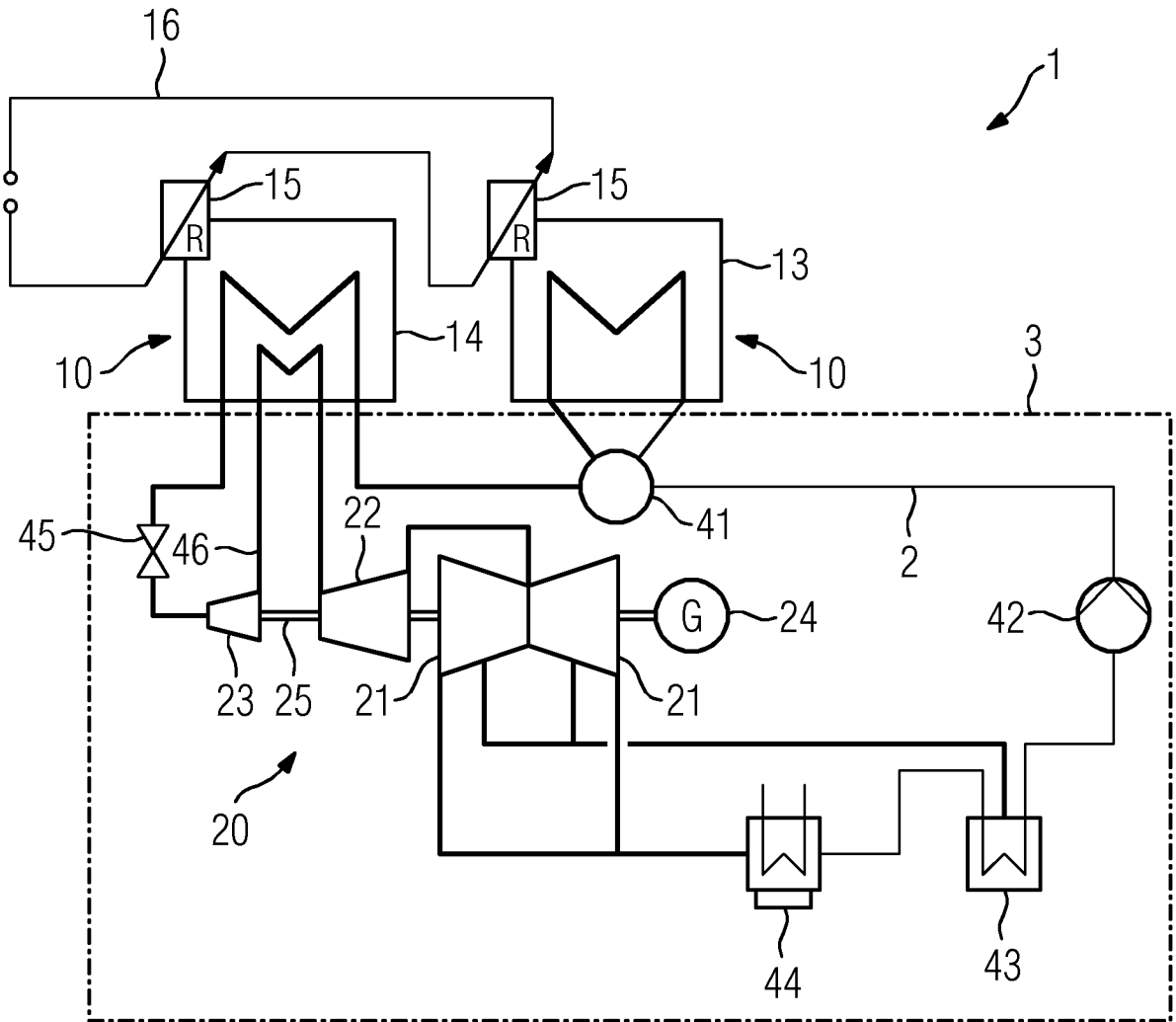
5

13. Verfahren zum Betreiben eines Energiespeicherkraftwerks
nach Anspruch 2 bis 10,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s
die Module (11) wenigstens eines der thermischen Speicher
10 (10) zeitlich versetzt zueinander aufgeladen bzw. zur Über-
tragung von thermischer Energie an das Wasser in dem Wasser-
kreislauf (2) zeitlich versetzt zueinander entladen werden.

15

FIG 1



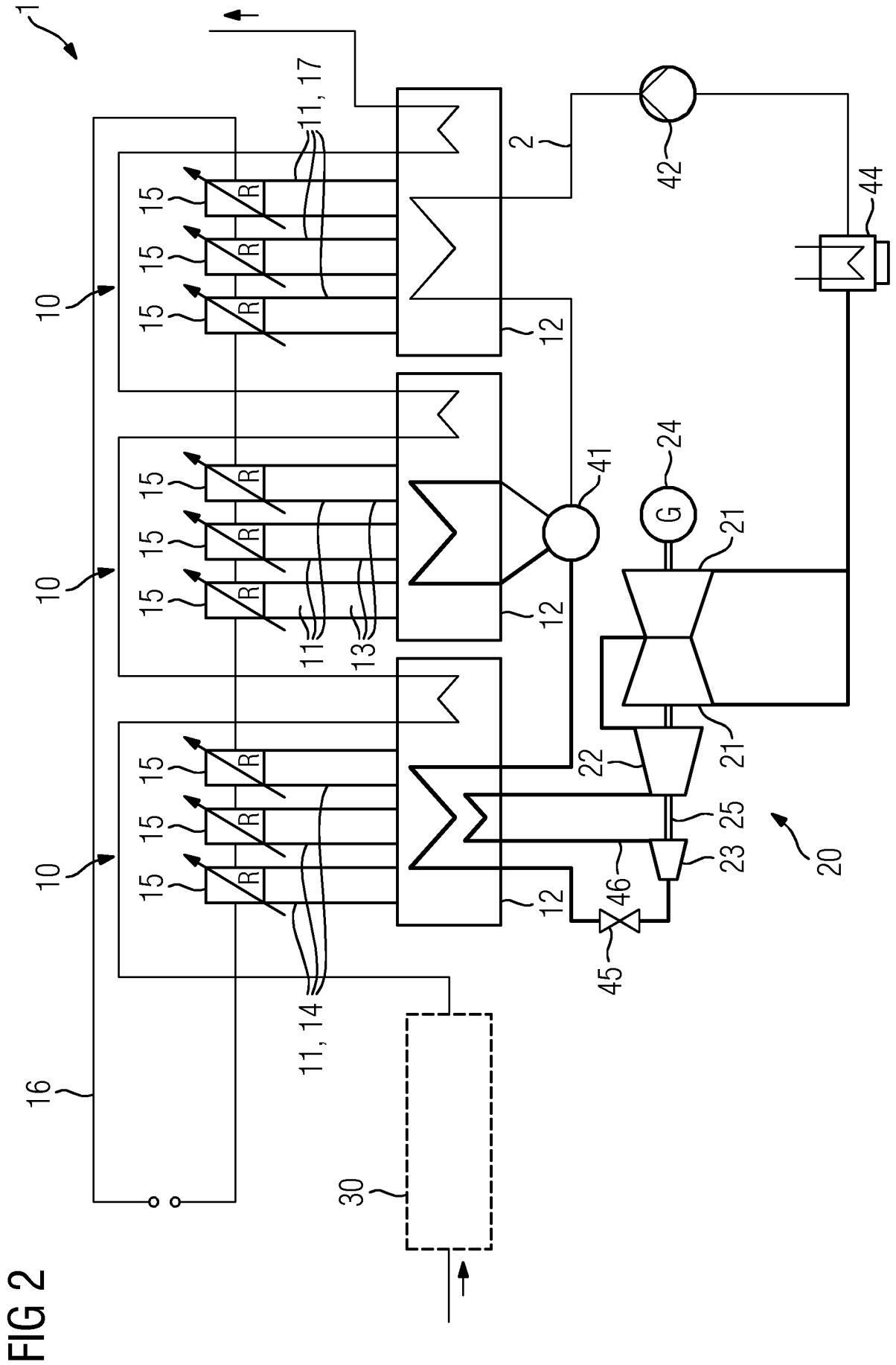


FIG 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/055027

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. F01K3/12 F01K7/22 F22B1/28 F22G1/16 F22B1/02
 F01K23/10
 ADD.
 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 F01K F22B F22G F03D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
 EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X,P	WO 2013/014178 A1 (SUZANNE JACQUIS [FR]) 31 January 2013 (2013-01-31) page 14, line 22 - page 15, line 30 page 23, lines 9-16 page 28, line 10 - page 34, line 14; figures 2,3	1-6,8-13
X,P	WO 2012/136201 A2 (UNIV CHEMNITZ TECH [DE]; URBANECK THORSTEN [DE]; PLATZER BERND [DE]) 11 October 2012 (2012-10-11) page 1, line 19 - page 9, line 33; figures	1,3-5, 8-13
X	WO 2006/007733 A1 (NEW WORLD GENERATION INC [CA]; NAYEF DURaid S [CA]; HOLLIS IRVINE A [C] 26 January 2006 (2006-01-26) page 1, line 8 - page 8, line 15; figures	1-13
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 20 June 2013	Date of mailing of the international search report 02/07/2013
---	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Henkes, Roeland
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/055027

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2007/134466 A1 (ABB RESEARCH LTD [CH]; OHLER CHRISTIAN [CH]; CHARTOUNI DANIEL [CH]; WE) 29 November 2007 (2007-11-29) page 3, line 3 - page 4, line 22 page 5, line 24 - page 7, line 23; figures -----	1-5,8-13
A	EP 1 577 549 A1 (ABB RESEARCH LTD [CH]) 21 September 2005 (2005-09-21) paragraphs [0002] - [0007], [0010] - [0017], [0024], [0025]; figures -----	1,3-5,8, 10-13
A	GB 1 196 336 A (BERTRAMS AG HCH [DE]) 24 June 1970 (1970-06-24) page 1, line 82 - page 3, line 49; figures -----	1-4,11, 12
A	DE 21 10 911 A1 (STEINBACH GERHARD DIPL ING) 14 September 1972 (1972-09-14) page 4, paragraph 2 - page 10, line 15; figures -----	1,2, 10-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2013/055027

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2013014178 A1	31-01-2013	FR 2978533 A1 WO 2013014178 A1	01-02-2013 31-01-2013
WO 2012136201 A2	11-10-2012	DE 102011001766 A1 WO 2012136201 A2	04-10-2012 11-10-2012
WO 2006007733 A1	26-01-2006	CA 2574830 A1 EP 1799971 A1 US 2007220889 A1 WO 2006007733 A1	26-01-2006 27-06-2007 27-09-2007 26-01-2006
WO 2007134466 A1	29-11-2007	NONE	
EP 1577549 A1	21-09-2005	NONE	
GB 1196336 A	24-06-1970	BE 707152 A CH 468602 A DE 1579845 A1 FR 1564511 A GB 1196336 A NL 6716135 A	01-04-1968 15-02-1969 03-12-1970 25-04-1969 24-06-1970 10-06-1968
DE 2110911 A1	14-09-1972	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	F01K3/12 F01K23/10	F01K7/22 F22B1/28
	F22G1/16	F22B1/02
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
F01K F22B F22G F03D		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X,P	WO 2013/014178 A1 (SUZANNE JACQUIS [FR]) 31. Januar 2013 (2013-01-31) Seite 14, Zeile 22 - Seite 15, Zeile 30 Seite 23, Zeilen 9-16 Seite 28, Zeile 10 - Seite 34, Zeile 14; Abbildungen 2,3	1-6,8-13
X,P	WO 2012/136201 A2 (UNIV CHEMNITZ TECH [DE]; URBANECK THORSTEN [DE]; PLATZER BERND [DE]) 11. Oktober 2012 (2012-10-11) Seite 1, Zeile 19 - Seite 9, Zeile 33; Abbildungen	1,3-5, 8-13
X	WO 2006/007733 A1 (NEW WORLD GENERATION INC [CA]; NAYEF DURAUD S [CA]; HOLLIS IRVINE A [C]) 26. Januar 2006 (2006-01-26) Seite 1, Zeile 8 - Seite 8, Zeile 15; Abbildungen	1-13
	----- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/>	Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen	<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :		
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist		"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist		"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)		"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht		"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts	
20. Juni 2013	02/07/2013	
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter	
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Henkes, Roeland	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2007/134466 A1 (ABB RESEARCH LTD [CH]; OHLER CHRISTIAN [CH]; CHARTOUNI DANIEL [CH]; WE) 29. November 2007 (2007-11-29) Seite 3, Zeile 3 - Seite 4, Zeile 22 Seite 5, Zeile 24 - Seite 7, Zeile 23; Abbildungen	1-5,8-13
A	----- EP 1 577 549 A1 (ABB RESEARCH LTD [CH]) 21. September 2005 (2005-09-21) Absätze [0002] - [0007], [0010] - [0017], [0024], [0025]; Abbildungen	1,3-5,8, 10-13
A	----- GB 1 196 336 A (BERTRAMS AG HCH [DE]) 24. Juni 1970 (1970-06-24) Seite 1, Zeile 82 - Seite 3, Zeile 49; Abbildungen	1-4,11, 12
A	----- DE 21 10 911 A1 (STEINBACH GERHARD DIPL ING) 14. September 1972 (1972-09-14) Seite 4, Absatz 2 - Seite 10, Zeile 15; Abbildungen	1,2, 10-13

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/055027

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2013014178 A1	31-01-2013	FR 2978533 A1 WO 2013014178 A1	01-02-2013 31-01-2013
WO 2012136201 A2	11-10-2012	DE 102011001766 A1 WO 2012136201 A2	04-10-2012 11-10-2012
WO 2006007733 A1	26-01-2006	CA 2574830 A1 EP 1799971 A1 US 2007220889 A1 WO 2006007733 A1	26-01-2006 27-06-2007 27-09-2007 26-01-2006
WO 2007134466 A1	29-11-2007	KEINE	
EP 1577549 A1	21-09-2005	KEINE	
GB 1196336 A	24-06-1970	BE 707152 A CH 468602 A DE 1579845 A1 FR 1564511 A GB 1196336 A NL 6716135 A	01-04-1968 15-02-1969 03-12-1970 25-04-1969 24-06-1970 10-06-1968
DE 2110911 A1	14-09-1972	KEINE	