

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. Oktober 2012 (11.10.2012)



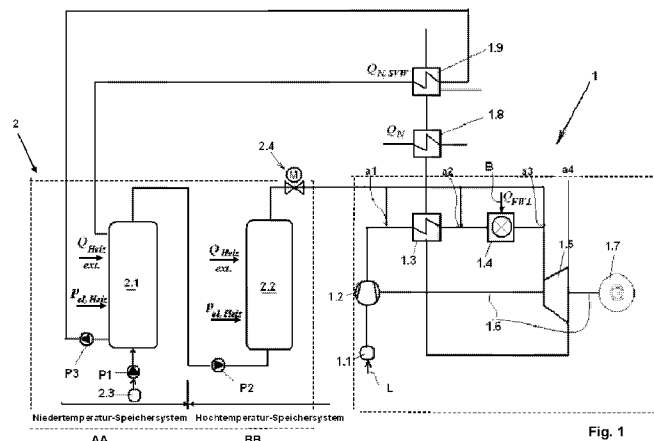
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/136201 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2012/100080
- (22) Internationales Anmeldedatum: 28. März 2012 (28.03.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 10 2011 001 766.6 4. April 2011 (04.04.2011) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **TECHNISCHE UNIVERSITÄT CHEMNITZ** [DE/DE]; Straße der Nationen 62, 09107 Chemnitz (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **URBANECK, Thorsten** [DE/DE]; Pfarrhübel 1, 09125 Chemnitz (DE). **PLATZER, Bernd** [DE/DE]; Bergstr. 25, 09235 Burkhardtsdorf/Neuei. (DE).
- (74) Anwalt: **RUMRICH, Gabriele**; Rumrich/Patentanwaltskanzlei, Limbacher Str. 305, 09116 Chemnitz (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SYSTEM AND METHOD FOR PRODUCING HOT WATER AND/OR STEAM AND FOR STORING WATER IN LIQUID AND/OR GASEOUS FORM FOR USE FOR A GAS TURBINE POWER PLANT

(54) Bezeichnung : ANLAGE UND VERFAHREN ZUR ERZEUGUNG VON HEISSWASSER UND/ODER DAMPF UND FÜR DIE SPEICHERUNG VON WASSER IN FLÜSSIGER UND/ODER GASFÖRMIGER FORM ZUM EINSATZ FÜR EIN GASTURBINENKRAFTWERK

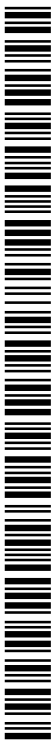


AA Low-temperature storage system
BB High-temperature storage system

(57) Abstract: The invention relates to a system and a method for producing hot water and/or steam and for storing water in liquid and/or gaseous form for use for a gas turbine power plant (1) having a compressor (1.2) and a turbine (1.5), using a system (2) for producing hot water and/or steam that comprises at least one storage system having at least one storage container (2.1, 2.2) for storing the water, in which storage container the water is heated by supplying energy, wherein the energy is provided from at least one external energy source that is arranged outside the gas turbine power plant (1) and/or the system (2), and wherein the hot water and/or the steam is used for injecting into a fluid flow between the compressor and the turbine and/or into the turbine (1.5) of the gas turbine power plant, and wherein according to the method the hot water and/or the steam is injected into a fluid flow between the compressor (1.2) and the turbine (1.5) and/or into the turbine (1.5) of the gas turbine power plant (1) in an open process. The supplied energy for heating the water is advantageously provided from negative reserve power or excess electricity.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2012/136201 A2



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

Veröffentlicht:

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

Die Erfindung betrifft eine Anlage und ein Verfahren zur Erzeugung von Heißwasser und/oder Dampf und für die Speicherung von Wasser in flüssiger und/oder gasförmiger Form zum Einsatz für ein Gasturbinenkraftwerk (1) mit einem Verdichter (1.2) und einer Turbine (1.5) unter Verwendung einer Anlage (2) zur Erzeugung von Heißwasser und/oder Dampf mit wenigstens einem Speichersystem mit zumindest einem Speicherbehälter (2.1, 2.2) für die Speicherung des Wassers, in welchem durch die Zufuhr von Energie das Wasser erwärmt wird, wobei die Energie aus wenigstens einer externen Energiequelle bereitgestellt wird, die außerhalb des Gasturbinenkraftwerkes (1) und/oder der Anlage (2) angeordnet ist und wobei das Heißwasser und/oder der Dampf zur Einspritzung in einen Fluidstrom zwischen dem Verdichter und der Turbine und/oder in die Turbine (1.5) des Gasturbinenkraftwerkes verwendet wird und wobei verfahrensgemäß in einem offenen Prozess das Heißwasser und/oder der Dampf in einen Fluidstrom zwischen Verdichter (1.2) und Turbine (1.5) und/oder in die Turbine (1.5) des Gasturbinenkraftwerkes (1) eingespritzt wird. Die zugeführte Energie für die Erwärmung des Wassers wird dabei vorteilhafter Weise aus negativer Regelleistung oder auch aus Stromüberschüssen bereitgestellt.

Anlage und Verfahren zur Erzeugung von Heißwasser und/oder Dampf und für die Speicherung von Wasser in flüssiger und/oder gasförmiger Form zum Einsatz für ein Gasturbinenkraftwerk

5 Die Erfindung betrifft eine Anlage und ein Verfahren zur Erzeugung von Heißwasser und/oder Dampf und für die Speicherung von Wasser in flüssiger und/oder gasförmiger Form zum Einsatz für ein Gasturbinenkraftwerk.

Gasturbinen-Kraftwerke können zur alleinigen Stromerzeugung oder zur gleichzeitigen
10 Bereitstellung von Strom und Wärme (KWK. . . Kraft-Wärme-Kopplung) herangezogen werden. Folgende Maßnahmen sind dabei zur energetischen Verbesserung des offenen Gasturbinenprozesses (höhere Ausnutzung des Brennstoffs) bekannt:

- eine Vorwärmung der komprimierten Luft – stationäre Vorwärmung des Wassers,
- 15 • eine Wasser-/Dampfeinspritzung - z.B. STIG. .. Steam-Injected Gas Turbine, HAT-Prozess (Humid air Turbine) usw.,
- eine mehrstufige Ausführung usw.

Mit einer Nachschaltung eines geschlossenen Dampfkreisprozesses kann man das
20 Kraftwerk zum kombinierten Gas- und Dampfkraftwerk (GuD) erweitern. Weiterhin ist die Luftvorwärmung für Kohlekraftwerke bekannt.

Bei der Kraft-Wärme-Kopplung wird der Abgasstrom zu Heizzwecken genutzt:

- Nachschaltung eines technologischen Prozesses (z. B. Kohletrocknung),
- 25 • Wärmeauskopplung für Heizzwecke (z. B. Fernwärme),
- Industriekraftwerke mit Prozesswärmesystem usw.

Es ist eine bedarfsgerechte Bereitstellung von Strom und Wärme möglich, denn der
Prozess ist schnell regelbar. Es bestehen damit besonders gute Voraussetzungen zur
30 Bereitstellung von Regelenergie.

Zur Prozessoptimierung mittels Speichertechnik wurde bisher nur Luft als
Speichermedium diskutiert und umgesetzt. Nachteilig ist bei der Verwendung von
unterirdischen Druckluft-Kavernenspeichern, dass diese eine bestimmte Geologie
35 erfordern und nur im großtechnischen Maßstab bei langen Bauzeiten umsetzbar sind.
Es sind weiterhin thermische Verluste zu verzeichnen.

- 2 -

Die bisher ebenfalls verwendeten Druckluft-Behälterspeicher weisen eine niedrige Energiedichte auf und der maximale Druck wird durch die realisierbare Behälterwandstärke begrenzt.

Die Bereitstellung von Regelleistung/-energie gewinnt zunehmend an Bedeutung. Dies ist auf den massiven Ausbau regenerativer Energien in Form von Wind- und Fotovoltaikstrom zurückzuführen. Diese Entwicklung erfordert gleichzeitig eine schnelle Leistungsanpassung der Regelleistung seitens der Wärmekraftwerke, was heute nur bedingt möglich ist. Hier könnten mittelgroße Anlagen mit schnell regelbarer Leistung und Kraft-Wärme-Kopplung aufgrund eines effizienteren Gesamtbetriebs eine Schlüsselrolle im Vergleich zu Großkraftwerken und kleinteiligen Ansätzen (z. B. virtuelle Kraftwerke) einnehmen. Entsprechende Änderungen im Handel (z. B. Strombörse) begünstigen derartige Entwicklungen.

Aus der Druckschrift DE 102008 051 384 B3 ist bereits ein solarhybridbetriebenes Gas- und Dampfkraftwerk mit einer Solaranlage, einer Gasturbinenanlage und einer Dampfturbinenanlage bekannt, wobei die Solaranlage einen Receiver, die Gasturbinenanlage eine Gasturbine mit einem nachgeschalteten Abhitzekegel und die Dampfturbinenanlage eine Dampfturbine mit einem Speisewasservorwärmer aufweist. Zusätzlich ist ein Wärmeträgerkreislauf zum Übertragen solarer Wärme vorgesehen, wobei der Wärmeträgerkreislauf über einen Gasturbinenwärmeübertrager mit der Gasturbinenanlage und über einen Solarkessel mit der Dampfturbinenanlage gekoppelt ist. Alternativ zur Gasturbinenanlage und Dampfturbinenanlage weist das solarhybridbetriebene Gas- und Dampfkraftwerk eine integrierte Gas-Dampf-Turbine mit einem nachgeschalteten Abhitzekegel auf, wobei der Wärmeträgerkreislauf über den Gasturbinenwärmeübertrager und über den Solarkessel mit der integrierten Gas-Dampf-Turbine gekoppelt ist. Das heiße Abgas der Gasturbine wird im Abhitzekegel zur Erzeugung von überhitztem Dampf genutzt. Parallel dazu kann der Dampf auch im Solarkessel bereitgestellt werden. Dem im Verdampfer bei Sättigungstemperatur verdampften Wasser wird im Überhitzer weitere Wärme zugeführt. Durch das weitere Erwärmen des Dampfes nehmen die Temperatur und das spezifische Volumen des Dampfes zu, er wird dabei überhitzt. Vom Solarkessel und vom Abhitzekegel strömt der Dampf über Rohrleitungen in die Dampfturbine, in der die Fluidmenge des Dampfes infolge der Abgabe technischer Arbeit abnimmt. Die Dampfmassenströme aus Solarkessel und Abhitzekegel werden vor dem Eintritt in die Dampfturbine gemischt. Ebenso wie die Gasturbine ist die Dampfturbine mit einem Generator gekoppelt, der die mechanische Leistung in elektrische Leistung umwandelt.

- 3 -

Danach strömt der entspannte und abgekühlte Dampf in den Dampfturbinenkondensator, in dem er durch Wärmeübertragung an die Umgebung kondensiert. Das kondensierte Wasser wird durch eine Kondensatpumpe und anschließend durch den Speisewasservorwärmer im Abhitzekegel der Gasturbine geleitet und dabei
5 vorgewärmt. Zudem wird die Temperatur des Abgases der Gasturbine verringert. Damit wird vorteilhafterweise der Wirkungsgrad der Anlage erhöht. Das erwärmte Speisewasser gelangt zur Zwischenspeicherung zum Speisewasserbehälter. Nachfolgend wird das Wasser über Speisepumpen aus dem Speisewasserbehälter erneut dem Solarkessel und dem Abhitzekegel zugeführt, so dass ein geschlossener
10 Kreislauf gebildet wird.

In der Druckschrift US 208/0127647 A1 wird ein Dampfturbinenkraftwerk beschrieben, bei welchem zur Erzeugung von Heißwasser und/oder Dampf ähnlich wie in der vorgenannten Schrift DE 102008 051 384 B3 eine Solaranlage eingesetzt wird, die
15 einen Speicherbehälter zur Speicherung und Erwärmung von Wasser aufweist. Der damit erzeugte Dampf wird auch in einem geschlossenen Kreislauf zum Antrieb der Dampfturbine eingesetzt. Dies erfolgt in Kombination mit einer Gasturbine, deren Abgase ebenfalls zum Antrieb der Dampfturbine verwendet werden.

20 In der Druckschrift DE 20 2008 002 599 U1 wird ebenfalls kein Gasturbinenkraftwerk sondern eine Kombination von Dampfturbine und Solaranlage zur Dampferzeugung beschrieben.

Die Arbeitsweise einer Dampfturbine mit einem geschlossenen Prozess ist dabei sehr
25 unterschiedlich zu einer Gasturbine, die mit einem offenen Prozess arbeitet. Nachteilig sind bei den vorgenannten Lösungen die aufwendige und komplexe Prozessführung und die begrenzte Leistungsänderungsgeschwindigkeit.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Anlage und ein Verfahren zur Erzeugung von
30 Heißwasser und/oder Dampf und für die Speicherung von Wasser in flüssiger und/oder gasförmiger Form zum Einsatz für ein Gasturbinenkraftwerk zu entwickeln, welche auch bei Nichtbetreiben der Gasturbinenanlage ein gefordertes Temperaturniveau des Wassers gewährleistet, so dass das Wasser oder der daraus erzeugte Dampf bei einem Start/Neustart mit geeigneten Prozessparametern bereitgestellt wird.

35

- 4 -

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des ersten und neunten Patentanspruchs gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

- 5 Die Anlage zur Erzeugung von Heißwasser und/oder Dampf für ein Gasturbinenkraftwerk verwendet erfindungsgemäß zur Erwärmung des Wassers und damit zur Erzeugung des Heißwassers und/oder Dampfes die dafür benötigte Energie aus wenigstens einer externen Energiequelle, die mit der Anlage gekoppelt und außerhalb des Gasturbinenkraftwerkes und/oder der Anlage zur Erzeugung des
10 Heißwasser und/oder Dampfes angeordnet ist.

Die für die Erwärmung des Wassers erforderliche Energie wird dabei vorteilhafter Weise aus negativer Regelleistung oder auch aus Stromüberschüssen Energiequellen bereitgestellt.

15

- Die Erwärmung des Wassers kann innerhalb oder außerhalb des jeweiligen Speicherbehälters erfolgen. Bevorzugt wird das Heißwasser und/oder der Dampf in wenigstens einem Speichersystem gespeichert, welches zumindest einen Speicherbehälter aufweist, in dem vorteilhafter Weise die Speicherung des Wassers in
20 unterschiedlichen Zuständen realisiert wird und in dem auch das Wasser erwärmt wird, wofür die Energie aus der wenigstens einen externen Energiequelle bereitgestellt wird.

- Bevorzugt übernimmt wenigstens ein System eine Wasservorwärmung, die innerhalb oder außerhalb eines ersten Speichersystems realisiert werden kann und es wird
25 wenigstens ein zweites Speichersystem vorgesehen, welches eine Wassernachwärmung übernimmt und wobei dem ersten Speichersystem und/oder dem zweiten Speichersystem die Wärmeenergie aus der Abwärme des Gasturbinenkraftwerkes zuführbar ist und dass zusätzlich dem ersten Speichersystem und/oder dem zweiten Speichersystem Energie aus der wenigstens einen externen
30 Energiequelle zur Erzeugung von Heißwasser und/oder Dampf bereitgestellt wird.

Als externe Energiequelle kann beispielsweise eine der nachfolgend aufgeführten externen Energiequellen einzeln oder in Kombinationen verwendet werden:

- 35 - wenigstens eine Einrichtung zur Umwandlung von Elektroenergie in thermische Energie,

- 5 -

- wenigstens eine regenerative Energiequelle (Solaranlagen, z.B. Niedertemperatur- und Hochtemperatur-Solarthermie),
 - eine oder mehrere Abwärmequellen mit niedrigen und/oder hohen Temperaturen, z.B. in Form von Abgasströmen, Abwärme aus industriellen
- 5 Prozessen.

Alternativ sind auch andere externe Energiequellen möglich, auf die hier nicht näher eingegangen wird.

10 Bevorzugt wird dabei negative Regelleistung bereitgestellt.

Derartige negative Regelleistungen werden nun erstmalig für die erfindungsgemäße Lösung zur Bereitstellung der erforderlichen Energieabnahme für die Erwärmung des Wassers verwendet.

Die Elektroenergie zur Speicherbeladung kann auch aus Stromüberschüssen

15 bereitgestellt werden.

Es ist damit möglich, das Wasser z.B. mittels elektrischer Energie zu erwärmen und in den Speicherbehältern zu speichern, um diese Energie im Bedarfsfall dem Gasturbinenkraftwerk zur Verfügung zu stellen.

20 Werden zwei Speichersysteme verwendet, so ist der erste Speicherbehälter, der dem ersten Speichersystem zugeordnet ist, bevorzugt als Niedertemperaturspeicher ausgebildet, wobei die Einkopplung der Energie bei Temperaturen bis 95 °C erfolgt und der erste Speicherbehälter auf einen Druck in der Größenordnung von 2 bis 10 bar

25 ausgelegt ist.

Der zweite Speicherbehälter, der dem zweiten Speichersystem zugeordnet ist, wird bevorzugt als Hochtemperaturspeicher ausgebildet, in welchen die Einkopplung der Energie bei Temperaturen größer 95 °C erfolgt, womit Heißwasser und/oder Dampf

30 erzeugt wird. Der Hochtemperaturspeicherbehälter ist insbesondere auf einen Druck in der Größenordnung von 10 bis 20 bar oder höher ausgelegt.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Erzeugung von Heißwasser und/oder Dampf und für die Speicherung von Wasser in flüssiger und/oder gasförmiger Form

35 zum Einsatz für ein Gasturbinenkraftwerk mit einem Verdichter und einer Turbine

- 6 -

unter Verwendung einer Anlage zur Erzeugung von Heißwasser und/oder Dampf mit wenigstens einem Speichersystem mit zumindest einem Speicherbehälter für die Speicherung des Wassers, in welchem durch die Zufuhr von Energie das Wasser erwärmt wird, erfolgt die Bereitstellung der Energie aus wenigstens einer externen
5 Energiequelle die außerhalb des Gasturbinenkraftwerkes und/oder der Anlage angeordnet ist es wird erstmalig in einem offenen Prozess das damit erzeugte und bereitgestellte Heißwasser und/oder der Dampf in einen Fluidstrom zwischen Verdichter und Turbine und/oder in die Turbine des Gasturbinenkraftwerkes eingespritzt, wodurch eine erhebliche Leistungssteigerung des Gasturbinenkraftwerkes
10 zu verzeichnen ist.

Dazu wird in der Anlage das Wasser bei einem Druck über dem Niveau des Umgebungsdruckes in zwei Speichersystemen gespeichert, wobei in einem ersten Speicherbehälter ein Druck über dem Umgebungsdruck von 2-10 bar herrscht und alle
15 Energien bis 95°C eingekoppelt werden, so dass eine Temperatur des Wassers bis 95°C erzielt wird und dass in einem zweiten Speicherbehälter alle Energien über 95°C eingebracht werden und das Wasser auf eine Temperatur über 95°C bei einem Druck in der Größenordnung von 10 bar oder höher erwärmt wird, so dass es zumindest teilweise in die Dampfphase übergeht.

20 Der damit aus dem zweiten Speicherbehälter bereitgestellter Wasserdampf wird verfahrensgemäß unter Druck an einer oder mehreren der nachfolgend aufgeführten Positionen des Gasturbinenkraftwerkes zu verdichteter Luft oder einem Luft-/ Brennstoffgemisch oder Rauchgas eingespritzt:

- 25
- (a1) - zwischen dem Verdichter (1.2) und einem ersten Wärmeübertrager (1.3),
 - (a2) - zwischen dem ersten Wärmeübertrager (1.3) und einer Brennkammer (1.4),
 - 30 - (a3) - zwischen der Brennkammer (1.4) und der Turbine (1.5),
 - (a4) - direkt in die Turbine (1.5).

Dazu wird der im zweiten Speicherbehälter bereitgestellte Wasserdampf unter Druck durch Öffnen eines Motorventils an den vorgenannten Positionen eingespritzt wird,
35 wobei der Wasserverlust, der durch das Einspritzen von Wasserdampf aus dem zweiten Speicherbehälter (2.2) in das Gasturbinenkraftwerk (1) in dem offenen Prozess

- 7 -

zu verzeichnen ist, durch eine Wassernachspeisung im Niedertemperatur-Speicher in Form des ersten Speicherbehälters über einen Wasseranschluss ausgeglichen wird. Mit der erfindungsgemäßen Anlage, die unter Verwendung des mittels externer Energiequellen erwärmten und gespeicherten Wassers zeitverzögert zur Zuführung der externen Energie betrieben wird, ist erstmalig der Energieeintrag durch die externen Energiequellen von der Energieentnahme (Speicherentladung) aus dem ersten und/oder zweiten Speicherbehälter entkoppelt. Dadurch kann die in der Anlage gespeicherte Energie schnell und effizient zum Betreiben des Gasturbinenkraftwerkes in Spitzenlastzeiten zur Verfügung gestellt werden. Dies erfolgt erstmalig dadurch, dass gespeichertes Heißwasser und/oder Dampf zur Einspritzung in einen Fluidstrom zwischen dem Verdichter und der Turbine des Gasturbinenkraftwerkes verwendet wird, wodurch der Wirkungsgrad bzw. die Leistung des Gasturbinenkraftwerkes erheblich gesteigert werden kann. Weiterhin ist es möglich, den Dampf aus dem Speichersystem zur Unterstützung des Anfahrens der Turbine des Gasturbinenkraftwerkes zu verwenden.

Die Einspritzung des Heißwassers bzw. Dampfes in den Fluidstrom bzw. das Brennstoffgemisch oder Rauchgas zwischen Verdichter und Turbine bzw. in die Turbine erfordert einen offenen Kreislauf/Prozess, so dass Wasser in diesem Kreislauf, d.h. den ersten Speicherbehälter nachgespeist werden muss.

Mit der erfindungsgemäßen Lösung zur Strom- und/oder Wärmeerzeugung in einem Gasturbinenprozess mit Dampf-/Wassereinspritzung (STIG oder HAT) und in den nachgeschalteten Prozessen (z. B. Wärmeauskopplung) kann eine erhebliche temporäre Leistungssteigerung der Turbinenanlage (z. B. positive Regelleistung) bzw. eine schnelle Leistungsanpassung und eine effiziente Prozessgestaltung zur hohen Energie-/Brennstoffausnutzung realisiert werden. Weitere Vorteile sind die sich durch die Wasser- oder Dampfeinspritzung verringernde Temperatur der Turbine und die niedrigeren Emissionswerte. Die Einkopplung externer Energiequellen ggf. in Kombination mit internen Energiequellen des Gasturbinenkraftwerkes ermöglicht eine überraschende Erhöhung des Brennstoffausnutzungsgrades bis auf 90% bei Kraft-Wärme-Kopplung.

Die Erfindung wird nachfolgend an einem Ausführungsbeispiel und zugehöriger Zeichnung (Fig. 1) näher erläutert.

- 8 -

In der Darstellung wird die Prinzipskizze eines Gasturbinenkraftwerkes 1 gezeigt, welches gestrichelt umrandet ist. Dieses weist einen Ansaugstutzen 1.1 zum Ansaugen von Umgebungsluft auf, die einem Verdichter 1.2 zugeführt wird. Aus diesem gelangt die verdichtete Luft L über einen ersten Wärmeübertrager 1.3 zu einer Brennkammer 1.4, welcher flüssiger oder gasförmiger Brennstoff B (z.B. Erdgas) oder ein Brennstoffgemisch zugeführt wird.

Durch die Verbrennung in der Brennkammer wird dem Prozess eine Feuerungswärmeleistung Q_{FWL} zugeführt, wodurch eine Druck- und Temperaturerhöhung zu verzeichnen sind. Aus der Brennkammer 1.4 strömt das heiße Gas mit hoher Temperatur und hohem Druck zur Turbine 1.5, treibt diese an und wird entspannt. Die Turbine 1.5 betreibt über eine Welle 1.6 (oder zwei Wellen) den Verdichter 1.2 und zur Stromerzeugung den Generator 1.7. Das entspannte Gas aus der Turbine 1.5 strömt durch den ersten Wärmeübertrager 1.3 und die ebenfalls durch diesen strömende Luft L wird weiter vorgewärmt. Das aus dem ersten Wärmeübertrager 1.3 ausströmende und noch immer heiße Gas gelangt in einen zweiten Wärmeübertrager 1.8, in welchem ein Wärmeübertrag zur Entnahme von Nutzwärme Q_N erfolgt, die beispielsweise Verbrauchern als Fernwärme zur Verfügung gestellt wird.

Aus dem zweiten Wärmeübertrager 1.8 strömt das immer noch heiße Gas in einen dritten Wärmeübertrager 1.9 und wird anschließend an die Umgebung abgegeben.

Außerhalb des Gasturbinenkraftwerkes 1 ist eine Anlage 2 zur Erzeugung von Heißwasser und/oder Dampf vorgesehen, in welcher Wasser bei einem Druck über dem Niveau des Umgebungsdruckes gespeichert wird. Dazu sind hier zwei Speichersysteme vorgesehen, die mit jeweils einem Speicherbehälter versehen sind, der zur Speicherung von Wasser bzw. Dampf vorgesehen ist, wobei in der Darstellung nur die Speicherbehälter angedeutet sind. Das Speichersystem, welches in Form eines Niedertemperatur-Speichersystems ausgebildet ist, und damit der erste Speicherbehälter 2.1 (Niedertemperaturspeicher) übernimmt die Wasservorwärmung. Von diesem aus kann das vorgewärmte Wasser in das Hochtemperatur-Speichersystem geleitet werden, welches einen zweiten Speicherbehälter 2.2 (Hochtemperaturspeicher) aufweist und in dem die Wassernachwärmung erfolgt. In dem ersten Speicherbehälter 2.1 herrscht dabei ein Druck über dem Umgebungsdruck von 2-10 bar und es werden alle Energien bis 95°C eingekoppelt, so dass eine Temperatur des Wassers bis 95°C erzielt wird. In den zweiten

- 9 -

Speicherbehälter 2.2 werden alle Energien über 95°C eingebracht und das Wasser auf eine Temperatur über 95°C bei einem Druck in der Größenordnung von 10 bar oder höher erwärmt, so dass es zumindest teilweise in die Dampfphase übergeht.

Zu dem ersten Wasserbehälter 2.1 führt ein Wasseranschluss 2.3, mit welchem mittels
5 einer ersten Pumpe P1 Wasser nachgespeist werden kann. Zwischen dem ersten Speicherbehälter 2.1 und dem zweiten Speicherbehälter 2.2 ist eine zweite Pumpe P2 vorgesehen, die das vorgewärmte Wasser aus dem ersten Speicherbehälter 2.1 in den zweiten Speicherbehälter 2.2 fördert bzw. den Druck erhöht. Der im zweiten Speicherbehälter 2.2 bereitgestellte Wasserdampf kann unter Druck durch Öffnen des
10 Motorventils 2.4 an einer oder mehreren der nachfolgend aufgeführten Positionen zu der verdichteten Luft bzw. dem Luft-/Brennstoffgemisch oder Rauchgas eingespritzt werden:

- a1 - zwischen Verdichter 1.2 und ersten Wärmeübertrager 1.3,
- 15 - a2 - zwischen ersten Wärmeübertrager 1.3 und Brennkammer 1.4,
- a3 - zwischen Brennkammer 1.4 und Turbine 1.5,
- a4 - direkt in die Turbine 1.5.

Dadurch werden die bekannten Vorteile bei Dampf- und Wassereinspritzung erreicht.

20

Das Wasser im ersten Speicherbehälter 2.1 wird über eine dritte Pumpe P3 durch den dritten Wärmetauscher 1.9 gefördert, dadurch erwärmt und wieder dem ersten Speicherbehälter 2.1 zugeführt. Das Wasser im ersten Speicherbehälter 2.1 wird somit aus der Abwärmeleistung $Q_{N,SVW}$ des Gasturbinenkraftwerkes 1 vorgewärmt.

25 Zusätzlich wird das Wasser im ersten Speicherbehälter 2.1 und im zweiten Speicherbehälter 2.2 durch extern erzeugte elektrische Energie $P_{el,Heiz}$ erwärmt. Diese kann beispielsweise aus negativer Regelleistung oder aus elektrischen Überschüssen bereitgestellt werden.

30 Zusätzlich können externe Wärmequellen $Q_{Heiz,ext.}$ zur Energiespeicherung in den Speicherbehältern 2.1 und 2.2 herangezogen werden, wodurch in dem jeweiligen Speicherbehälter 2.1 und/oder 2.2 eine Temperatur und/oder Druckerhöhung zu verzeichnen ist.

35 Der Wasserverlust (offene Prozessführung), der durch das Einspritzen von Wasserdampf aus dem zweiten Speicherbehälter 2.2 in das Gasturbinenkraftwerk zu

- 10 -

verzeichnet ist, wird durch eine Wassernachspeisung im Niedertemperatur-Speicher (erster Speicherbehälter 2.1) über den Wasseranschluss 2.3 ausgeglichen.

- Alternativ zu dem beschriebenen Ausführungsbeispiel kann auch nur dem im ersten Speicherbehälter 2.1 oder dem im Speicherbehälter 2.2 befindlichem Speichermedium (Wasser) zu dessen Erwärmung und/oder Druckerhöhung externe Energie zugeführt werden. Dies können wiederum entweder extern erzeugte elektrische Energie $P_{el, Heiz}$ und/oder externe Wärmequellen $Q_{Heiz, ext}$ sein.
- 10 Mit der erfindungsgemäßen Lösung werden eine Rückgewinnung von Energieüberschüssen und die Nutzung regenerativer Energiequellen in einem Gasturbinenkraftwerk realisiert. Die Prozessführung ist so zu gestalten, dass möglichst viel Elektroenergie und/oder Wärme beim Kraftwerksbetrieb bereitgestellt werden.

Patentansprüche

1. Anlage zur Erzeugung von Heißwasser und/oder Dampf und für die
Speicherung von Wasser in flüssiger und/oder gasförmiger Form zum Einsatz
5 für ein Gasturbinenkraftwerk (1) mit einem Verdichter (1.2) und einer Turbine
(1.5) unter Verwendung einer Anlage (2) zur Erzeugung von Heißwasser
und/oder Dampf mit wenigstens einem Speichersystem mit zumindest einem
Speicherbehälter (2.1, 2.2) für die Speicherung des Wassers, in welchem durch
10 die Zufuhr von Energie das Wasser erwärmt wird, wobei die Energie aus
wenigstens einer externen Energiequelle bereitgestellt wird, die außerhalb des
Gasturbinenkraftwerkes (1) und/oder der Anlage (2) angeordnet ist und wobei
das das Heißwasser und/oder der Dampf zur Einspritzung in einen Fluidstrom
zwischen dem Verdichter und der Turbine und/oder in die Turbine (1.5) des
Gasturbinenkraftwerkes verwendet wird.
- 15
2. Anlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein erstes
Speichersystem eine Wasservorwärmung übernimmt und dass wenigstens ein
zweites Speichersystem eine Wassernachwärmung übernimmt und dass dem
ersten Speichersystem und/oder dem zweiten Speichersystem die Energie aus
20 der Abwärme des Gasturbinenkraftwerkes (1) zuführbar ist und dass zusätzlich
dem ersten Speichersystem und/oder dem zweiten Speichersystem Energie
aus wenigstens einer externen Energiequelle zur Erzeugung von Heißwasser
und/oder Dampf bereitgestellt wird.
- 25
3. Anlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens
eine der nachfolgend aufgeführten externen Energiequellen einzeln oder in
Kombinationen verwendet wird/werden:
- wenigstens eine Einrichtung zur Umwandlung von Elektroenergie in thermische
30 Energie,
 - wenigstens eine regenerative Energiequelle,
 - eine oder mehrere Wärmequellen mit niedrigen und/oder hohen Temperaturen,
 - anderweitige Quellen mit Wärmeüberschüssen,
 - Abgasstrom/-ströme, Abwärme aus industriellen Anlagen.
- 35

- 12 -

4. Anlage nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektroenergie aus negativer Regelleistung bereitgestellt wird.
5. Anlage nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die
5 Elektroenergie aus Stromüberschüssen bereitgestellt wird.
6. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Speicherbehälter (2.1), der dem ersten Speichersystem in Form eines Niedertemperatur-Speichersystems zugeordnet ist, als
10 Niedertemperaturspeicher ausgebildet ist und/oder dass der zweite Speicherbehälter (2.2), der dem zweiten Speichersystem in Form eines Hochtemperatur-Speichersystems zugeordnet ist, als Hochtemperaturspeicher ausgebildet ist.
- 15 7. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Einkopplung der Energie in den ersten Speicherbehälter (2.1) bei Temperaturen bis 95 °C erfolgt und der erste Speicherbehälter (2.1) auf einen Druck in der Größenordnung von 2 bis 10 bar ausgelegt ist und/oder
20 dass die Einkopplung der Energie in den zweiten Speicherbehälter (2.2) bei Temperaturen größer 95 °C erfolgt und dass der zweite Speicherbehälter (2.2) Heißwasser und/oder Dampf speichert und auf einen Druck in der Größenordnung von 10 bar oder höher ausgelegt ist.
- 25 8. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass Heißwasser/Dampf aus dem Hochtemperatur-Speichersystem zur Einspritzung in den Fluidstrom zwischen dem Verdichter (1.2) und der Turbine (1.5) und/oder in die Turbine (1.5) des Gasturbinenkraftwerkes (1) verwendet wird und/oder
30 dass Dampf aus dem Niedertemperatur-Speichersystem zur Unterstützung des Anfahrens der Turbine (1.5) des Gasturbinenkraftwerkes (1) verwendet wird.
9. Verfahren zur Erzeugung von Heißwasser und/oder Dampf und für die Speicherung von Wasser in flüssiger und/oder gasförmiger Form zum Einsatz für ein Gasturbinenkraftwerk (1) mit einem Verdichter (1.2) und einer Turbine
35 (1.5)

- unter Verwendung einer Anlage (2) zur Erzeugung von Heißwasser und/oder Dampf mit wenigstens einem Speichersystem mit zumindest einem Speicherbehälter (2.1, 2.2) für die Speicherung des Wassers, in welchem durch die Zufuhr von Energie das Wasser erwärmt wird,
5 wobei die Energie aus wenigstens einer externen Energiequelle bereitgestellt wird, die außerhalb des Gasturbinenkraftwerkes (1) und/oder der Anlage (2) angeordnet ist und
 - wobei in einem offenen Prozess das Heißwasser und/oder der Dampf in einen Fluidstrom zwischen Verdichter (1.2) und Turbine (1.5) und/oder in die Turbine
10 (1.5) des Gasturbinenkraftwerkes (1) eingespritzt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass in der Anlage (2) Wasser bei einem Druck über dem Niveau des Umgebungsdruckes in zwei Speichersystemen gespeichert wird, wobei in einem ersten Speicherbehälter
15 (2.1) ein Druck über dem Umgebungsdruck von 2-10 bar herrscht und alle Energien bis 95°C eingekoppelt werden, so dass eine Temperatur des Wassers bis 95°C erzielt wird und dass in einem zweiten Speicherbehälter (2.2) alle Energien über 95°C eingebracht werden und das Wasser auf eine Temperatur über 95°C bei einem Druck in der Größenordnung von 10 bar oder höher
20 erwärmt wird, so dass es zumindest teilweise in die Dampfphase übergeht.
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass aus dem zweiten Speicherbehälter (2.2) bereitgestellter Wasserdampf unter Druck an einer oder mehreren der nachfolgend aufgeführten Positionen des
25 Gasturbinenkraftwerkes (1) zu verdichteter Luft oder einem Luft-/ Brennstoffgemisch oder Rauchgas eingespritzt wird
- (a1) - zwischen dem Verdichter (1.2) und einem ersten Wärmeübertrager (1.3),
30
 - (a2) - zwischen dem ersten Wärmeübertrager (1.3) und einer Brennkammer (1.4),
 - (a3) - zwischen der Brennkammer (1.4) und der Turbine (1.5),
 - (a4) - direkt in die Turbine (1.5).
- 35 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der im zweiten Speicherbehälter (2.2) bereitgestellte Wasserdampf unter Druck

- 14 -

5 durch Öffnen eines Motorventils (2.4) eingespritzt wird und dass der Wasserverlust, der durch das Einspritzen von Wasserdampf aus dem zweiten Speicherbehälter (2.2) in das Gasturbinenkraftwerk (1) zu verzeichnen ist, durch eine Wassernachspeisung im Niedertemperatur-Speicher in Form des ersten Speicherbehälters (2.1) über einen Wasseranschluss (2.3) ausgeglichen wird.

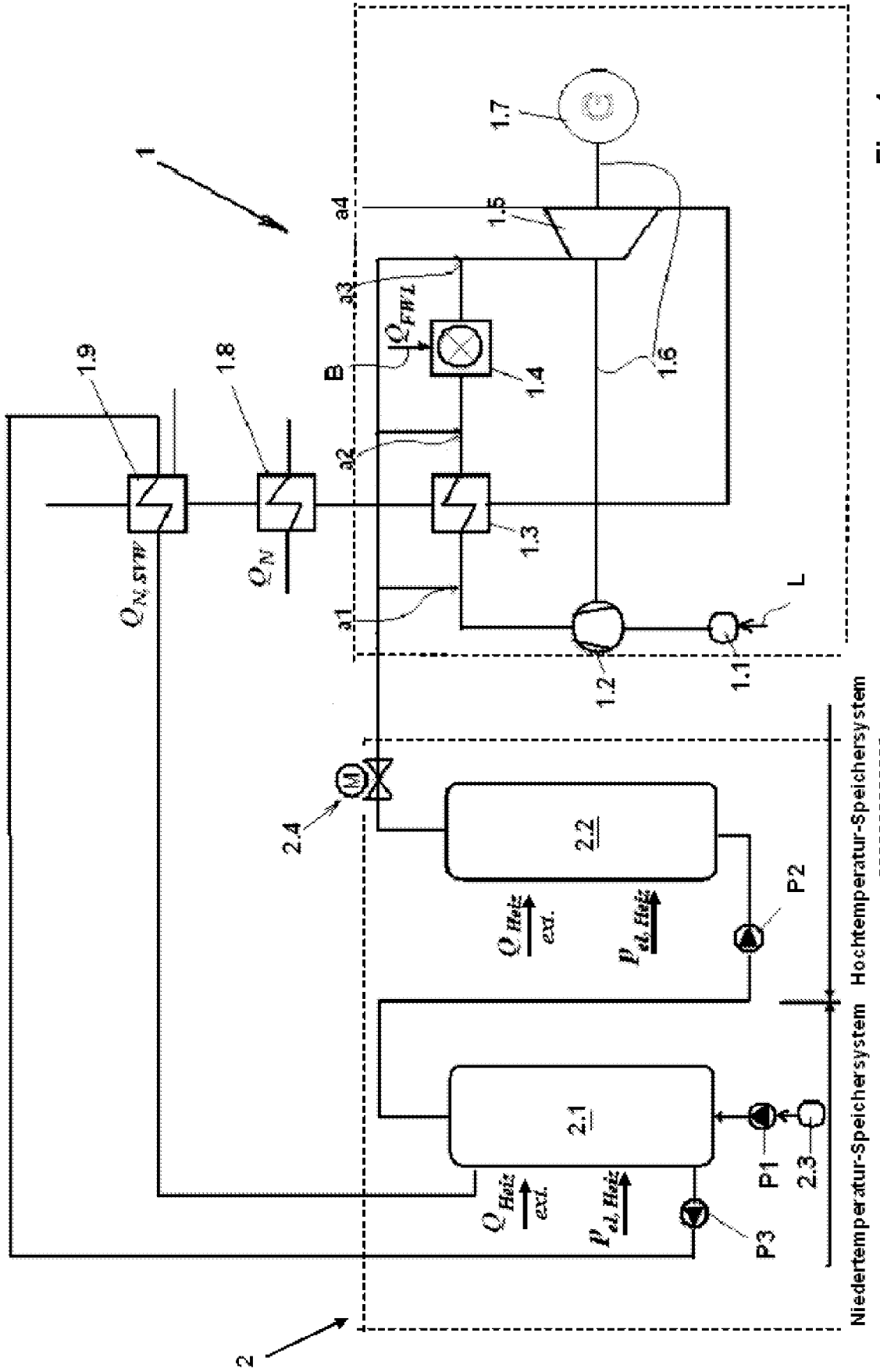


Fig. 1