



(10) **DE 10 2018 207 875 A1** 2019.11.21

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 207 875.0**
(22) Anmeldetag: **18.05.2018**
(43) Offenlegungstag: **21.11.2019**

(51) Int Cl.: **F01K 23/10** (2006.01)
C02F 1/04 (2006.01)
F01K 7/16 (2006.01)

(71) Anmelder:
Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
**Fuchs, Thomas, 91080 Uttenreuth, DE; Hüttl,
Christian, 91058 Erlangen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

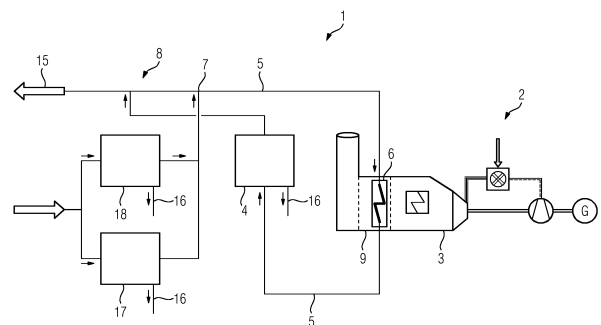
DE 26 25 760 A1
US 2004 / 0 128 976 A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Kombinierte Nutzung von Abwärme und Abwasser/Sole zur Trinkwasserproduktion in Gas- und Dampf-Kraftwerken**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Anlage (1) umfassend eine Gasturbine (2), einen der Gasturbine (2) nachgeschalteten Abhitzedampferzeuger (3) und eine erste Wasseraufbereitungsanlage (4) mit einer Rohwasserzufuhr (5), wobei die Rohwasserzufuhr (5) Heizflächen (6) umfasst, die im Abhitzedampferzeuger (3) angeordnet sind. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Gewinnung von Trinkwasser.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Anlage mit einer Gas- und Dampfturbinenanlage und mit einer Wasseraufbereitungsanlage sowie ein Verfahren zu deren Betrieb.

[0002] Die Herstellung von Trinkwasser aus Oberflächenwasser (Flüsse, Seen, Meer) ist ein energetisch aufwändiger Prozess. Die herkömmlichen Verfahren arbeiten entweder mit hohen Drücken (Umkehrosmose) oder benötigen große Mengen thermischer Energie (Multi-Effekt-Destillation, Multi-Stage-Flash). Dieser hohe Energiebedarf stellt einen großen Betriebskostenfaktor beim Betrieb derartiger Anlagen dar. Aufgrund des weltweit steigenden Bedarfs an Trinkwasser ergibt sich das Erfordernis zur Entwicklung von energieoptimierten Schaltungen und Verfahren zur Trinkwassererzeugung. Ein zweiter Aspekt ist die zunehmende Verbauung der Küstenlinien durch die benötigten Einlaufbauwerke (speziell am Meer, siehe z.B. Kalifornien). Aus diesem Grund ist eine Erhöhung der Ausbeute der vorhandenen Trinkwasserproduktionsanlagen ohne Vergrößerung der Einlaufbauwerke anzustreben.

[0003] Bisherige Lösungsansätze setzen zum einen bei der energetischen Optimierung der Kernprozesse (Umkehrosmose, MED, MSF) der Wasseraufbereitung und der Entwicklung neuer Verfahren zur Trinkwasseraufbereitung an. Zum anderen werden derzeit Verfahren zur Aufbereitung der bei der herkömmlichen Trinkwasserproduktion anfallenden Sole-Ströme entwickelt und untersucht. Dabei wird versucht den energetischen Bedarf dieser Verfahren entweder durch industrielle Abwärme (falls vorhanden) oder solare Lösungen zu decken. Beide Möglichkeiten der Energieversorgung haben ihre Schwächen: Industrielle Abwärme ist nicht flächendeckend vorhanden, was das Anwendungsgebiet lokal und kapazitiv einschränkt. Bei der solaren Versorgung sind große Flächen an Solarpanelen erforderlich, was einen nicht unerheblichen Kostenfaktor darstellt. Zudem ist bei einer solaren Energieversorgung keine durchgängige Produktion möglich.

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Anlage bereitzustellen, die eine verbesserte Wasseraufbereitung ermöglicht und die zugleich möglichst einfach und kostengünstig arbeitet. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein entsprechendes Verfahren zum Betrieb einer solchen Anlage anzugeben.

[0005] Die Erfindung löst die auf eine Anlage gerichtete Aufgabe, indem sie vorsieht, dass bei einer derartigen Anlage umfassend eine Gasturbine, einen der Gasturbine nachgeschalteten Abhitzedampferzeuger und eine erste Wasseraufbereitungsanlage mit einer Rohwasserzufuhr, die Rohwasserzufuhr Heizflächen

umfasst, die im Abhitzedampferzeuger angeordnet sind.

[0006] Das hier vorgestellte Konzept zur Aufbereitung von Wasser bezieht die für den Aufbereitungsschritt notwendige thermische Energie somit aus der Abwärme des Abhitzedampferzeugers einer Gas- und Dampfturbinenanlage.

[0007] In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist die Rohwasserzufuhr mit einem Abwasserausgang einer zweiten Wasseraufbereitungsanlage verbunden. Somit kann die Sole, welche als Abwasser aus den konventionellen Trinkwasseraufbereitungsanlagen anfällt, im Abhitzedampferzeuger der GuD-Anlage erwärmt werden. Grundsätzlich kann dies mit jeder Art von Rohwasser als Eduktwasser erfolgen. Es wird allerdings davon ausgegangen, dass sich der maximale wirtschaftliche Nutzen aus der kombinierten Verwendung von Abwasser aus der konventionellen Wasseraufbereitung und Abwärme aus der GuD-Anlage ergibt.

[0008] Es ist zweckmäßig, wenn die von der Rohwasserzufuhr umfassten Heizflächen am kalten Ende des Abhitzedampferzeugers angeordnet sind, insbesondere, wenn im Betrieb am kalten Ende des Abhitzedampferzeugers ein Abgas der Gasturbine Temperaturen zwischen 80 und 140 °C aufweist. Bis zu diesen Temperaturen lässt sich die Abwärme vorteilhaft für den Wasser-Dampf-Kreislauf der Gas- und Dampfturbinenanlage nutzen, ohne Gefahr zu laufen, die „letzten“ Wärmeübertragerflächen im Abhitzedampferzeuger einer Schwefelsäurekorrosion auszusetzen.

[0009] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist ein Wärmeübertrager mit einer ersten Seite den Heizflächen für die Rohwasserzufuhr und mit einer zweiten Seite einem Kondensatvorwärmer nachgeschaltet, der im Abhitzedampferzeuger in Strömungsrichtung eines Abgases der Gasturbine den Heizflächen der Rohwasserzufuhr vorgegeschaltet ist. Diese Maßnahme, die Sole über einen externen Wärmeübertrager durch das im Kondensatvorwärmer vorgeheizte Kondensat nachzuheizen, kann bei entsprechenden Randbedingungen (Verhältnis Wasserpreis zu Strompreis) sinnvoll sein. Alternativ dazu könnte die Erwärmung der Sole auch bei höheren Temperaturen im Abhitzedampferzeuger begonnen werden, um mehr Wärme der Wasserproduktion zuzuführen. Dies müsste dann über eine alternative Abhitzedampferzeugerauslegung erfolgen.

[0010] Je nach Schwefelgehalt des Rauchgases ist es zweckmäßig, die sich mit dem Rauchgas in Kontakt befindlichen Heizflächen gegen Schwefelsäurekorrosion zu schützen (Beschichtung oder Kunststoffmaterial), da bei der Wärmeauskopplung der Schwefelsäuretaupunkt des Rauchgases bewusst

unterschritten werden soll, um möglichst viel Abwärme aus dem Rauchgas zu nutzen.

[0011] Es ist vorteilhaft, wenn Abwasser aus der zweiten Wasseraufbereitung als Kühlwasser in die erste Wasseraufbereitungsanlage geschaltet ist. Somit ergibt sich ein weiterer Synergieeffekt.

[0012] Schließlich ist es vorteilhaft, wenn die erste Wasseraufbereitungsanlage für ein Niedertemperatur-Entsalzungsverfahren (humidification-dehumidification oder Multi-Effekt-Destillation) ausgelegt ist.

[0013] Die auf ein Verfahren gerichtete Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Gewinnung von Trinkwasser, wobei Rohwasser in einem einer Gasturbine nachgeschalteten Abhitzedampferzeuger erwärmt wird und einer ersten Wasseraufbereitungsanlage zugeführt wird.

[0014] Dabei ist es vorteilhaft, wenn Abwasser aus einer zweiten Wasseraufbereitungsanlage als Rohwasser verwendet wird.

[0015] Es ist zweckmäßig, wenn das Rohwasser am kalten Ende des Abhitzedampferzeugers erwärmt wird, wobei am kalten Ende das Abgas der Gasturbine eine Temperatur zwischen 80 und 140 °C aufweist.

[0016] Ferner ist es zweckmäßig, wenn das Abgas der Gasturbine zuerst nur soweit abgekühlt wird, dass ein Schwefelsäuretaupunkt nicht unterschritten wird und die dabei aus dem Abgas gewonnene Wärme einem Wasser/Dampf-Kreislauf zugeführt wird und eine Erwärmung des Rohwassers dann durch weitere Abkühlung des Abgases unter den Schwefelsäuretaupunkt erfolgt.

[0017] Es kann vorteilhaft sein, wenn das im Abhitzedampferzeuger bereits erwärmte Rohwasser über einen externen Wärmeübertrager durch ein in einem Kondensatvorwärmer des Abhitzedampferzeugers vorgeheiztes Kondensat nachgeheizt wird.

[0018] Weiter kann es vorteilhaft sein, wenn Abwasser aus der zweiten Wasseraufbereitungsanlage als Kühlwasser für die erste Wasseraufbereitungsanlage verwendet wird.

[0019] Schließlich ist es vorteilhaft, wenn das Rohwasser in der ersten Wasseraufbereitungsanlage in einem Niedertemperatur-Entsalzungsverfahren aufbereitet wird.

[0020] In erfinderischen Verfahren wird also zusätzliches Trinkwasser gewonnen, wobei die als Eduktstrom eingebrachte Sole weiter aufkonzentriert und in

die Sole-Ableitungsleitung der konventionellen Entsalzung zurückgeleitet wird.

[0021] Durch die direkte Verwendung von Abwärme aus dem Abhitzedampferzeuger ergeben sich auch Möglichkeiten zur Verschiebung des sog. Water-to-Power-Ratios einer GuD-Anlage mit angeschlossener Trinkwasseraufbereitung. Im angedachten Basisanwendungsfall soll das Rauchgas bis knapp oberhalb des Schwefelsäuretaupunkts ausgekühlt werden und die dabei aus dem Abhitzedampferzeuger gewonnene Wärme dem Wasser/Dampf-Kreislauf der GuD-Anlage zugeführt werden. Die Erwärmung der Sole erfolgt dann durch weitere Auskühlung des Rauchgases unter den Schwefelsäuretaupunkt.

[0022] Die Vorteile der vorgeschlagenen Lösung ergeben sich wie folgt:

- die Verwendung von Abwärme und Abwasser führt zu einer energieeffizienteren Erzeugung von Trinkwasser (geringere spezifische Wassergestehungskosten),
- die produzierte Trinkwassermenge kann gesteigert werden ohne dabei eine Vergrößerung der Wassereinlaufbauwerke durchführen zu müssen und
- nach aktuellem Entwicklungsstand lassen sich durch den Einsatz der Technologie etwa 10% der Trinkwasserproduktion einer typischen GuD-Anlage mit Meerwasserentsalzung substituieren bzw. kann die Gesamtkapazität um diesen Prozentsatz gesteigert werden.

[0023] Die Erfindung wird beispielhaft anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen schematisch und nicht maßstäblich:

Fig. 1 eine Anlage mit Wasseraufbereitung für jegliche Art von Rohwasser als Eduktwasser nach der Erfindung,

Fig. 2 eine Anlage mit Wasseraufbereitung unter Verwendung von Abwasser aus einer konventionellen Wasseraufbereitung,

Fig. 3 eine Anlage wie in **Fig. 2** gezeigt mit zusätzlichem Wärmeübertrager und

Fig. 4 eine Anlage mit Wasseraufbereitung unter Verwendung von Abwasser aus der konventionellen Wasseraufbereitung mit zusätzlicher Verwendung der Umkehrosmose-Sole als Kühlwasser.

[0024] Die **Fig. 1** zeigt schematisch und beispielhaft eine Anlage **1** gemäß der Erfindung, umfassend eine Gasturbine **2**, einen der Gasturbine **2** nachgeschalteten Abhitzedampferzeuger **3** und eine erste Wasseraufbereitungsanlage **4**, die für ein Niedertemperatur-Entsalzungsverfahren ausgelegt ist. Die Rohwasserzufuhr **5** umfasst Heizflächen **6**, die am kalten Ende **9**

des Abhitzedampferzeugers **3** angeordnet sind, d.h. dort, wo im Betrieb ein Abgas der Gasturbine **2** Temperaturen zwischen 80 und 140 °C aufweist.

[0025] Die Anlage **1** zeigt ferner den Wasserablauf **15** für die aufkonzentrierte Sole sowie einen Trinkwasserausgang **16**.

[0026] Die **Fig. 2** zeigt die bevorzugte Ausführungsform der Anlage **1** mit Wasseraufbereitung unter Verwendung von Abwasser aus einer konventionellen Wasseraufbereitung.

[0027] Neben den für die **Fig. 1** genannten Merkmalen, die mit denselben Bezugszeichen versehen sind, zeigt die **Fig. 2**, dass die Rohwasserzufuhr **5** mit einem Abwasserausgang **7** einer zweiten Wasseraufbereitungsanlage **8** verbunden ist.

[0028] Im Ausführungsbeispiel der **Fig. 2** umfasst die zweite Wasseraufbereitungsanlage **8** einen ersten Teil **17**, der nach dem Prinzip der Umkehrosmose arbeitet, sowie einen zweiten Teil **18**, bei dem die Entsalzung thermisch erfolgt.

[0029] Die **Fig. 3** zeigt eine Lösung, mit der die Temperatur des Rohwassers nach der Erwärmung in den im Abhitzedampferzeuger **3** angeordneten Heizflächen **6** weiter angehoben werden kann. Hierzu wird ein zusätzlicher Wärmeübertrager **10** mit einer im Ausführungsbeispiel wärmeabgebenden ersten Seite **11** und einer wärmeaufnehmenden zweiten Seite **12** benötigt. Mit der zweiten Seite **12** ist der Wärmeübertrager **10** den Heizflächen **6** für die Rohwasserzufuhr **5** nachgeschaltet und mit der ersten Seite **11** ist der Wärmeübertrager **10** einem Kondensatorvorwärmer **13** nachgeschaltet, der im Abhitzedampferzeuger **3** in Strömungsrichtung eines Abgases der Gasturbine **2** den Heizflächen **6** vorgeschaltet ist. Dabei stellt der Kondensatorvorwärmer den in Strömungsrichtung eines Abgases der Gasturbine **2** letzten Teil der Heizflächen eines Wasser-Dampf-Kreislaufs für eine Dampfturbine dar.

[0030] Weiter ist in der **Fig. 3** angedeutet, dass die Heizflächen **6** gegen Schwefelsäurekorrosion durch eine Beschichtung geschützt sind. Alternativ kann der Schutz auch durch die Ausgestaltung der Heizflächen **6** als ein Kunststoffmaterial erfolgen.

[0031] **Fig. 4** bildet die Ausführungsformen der **Fig. 1** bis **Fig. 3** weiter, indem Abwasser aus der zweiten Wasseraufbereitungsanlage **8**, insbesondere natürlich des kühleren ersten Teils **17** mit der Umkehrosmose, als Kühlwasser in die erste Wasseraufbereitungsanlage **4** geschaltet ist.

Patentansprüche

1. Anlage (1) umfassend eine Gasturbine (2), einen der Gasturbine (2) nachgeschalteten Abhitzedampferzeuger (3) und eine erste Wasseraufbereitungsanlage (4) mit einer Rohwasserzufuhr (5), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rohwasserzufuhr (5) Heizflächen (6) umfasst, die im Abhitzedampferzeuger (3) angeordnet sind.

2. Anlage nach Anspruch 1, wobei die Rohwasserzufuhr (5) mit einem Abwasserausgang (7) einer zweiten Wasseraufbereitungsanlage (8) verbunden ist.

3. Anlage (1) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die Heizflächen (6) am kalten Ende (9) des Abhitzedampferzeugers (3) angeordnet sind.

4. Anlage (1) nach Anspruch 3, wobei im Betrieb am kalten Ende (9) des Abhitzedampferzeugers (3) ein Abgas der Gasturbine (2) Temperaturen zwischen 80 und 140 °C aufweist.

5. Anlage (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei ein Wärmeübertrager (10) mit einer ersten Seite (11) den Heizflächen (6) für die Rohwasserzufuhr (5) und mit einer zweiten Seite (12) einem Kondensatorvorwärmer (13) nachgeschaltet ist, der im Abhitzedampferzeuger (3) in Strömungsrichtung eines Abgases der Gasturbine (2) den Heizflächen (6) vorgeschaltet ist.

6. Anlage (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Heizflächen (6) gegen Schwefelsäurekorrosion geschützt sind.

7. Anlage (1) nach Anspruch 2, wobei Abwasser aus der zweiten Wasseraufbereitungsanlage (8) als Kühlwasser in die erste Wasseraufbereitungsanlage (4) geschaltet ist.

8. Anlage (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die erste Wasseraufbereitungsanlage (4) für ein Niedertemperatur-Entsalzungsverfahren ausgelegt ist.

9. Verfahren zur Gewinnung von Trinkwasser, wobei Rohwasser in einem einer Gasturbine (2) nachgeschalteten Abhitzedampferzeuger (3) erwärmt wird und einer ersten Wasseraufbereitungsanlage (4) zugeführt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei Abwasser aus einer zweiten Wasseraufbereitungsanlage (8) als Rohwasser verwendet wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10, wobei das Rohwasser am kalten Ende (9) des Abhitzedampferzeugers (3) erwärmt wird, wobei am kal-

ten Ende (9) das Abgas der Gasturbine (2) eine Temperatur zwischen 80 und 140 °C aufweist.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, wobei das Abgas der Gasturbine (2) zuerst nur soweit abgekühlt wird, dass ein Schwefelsäuretaupunkt nicht unterschritten wird und die dabei aus dem Abgas gewonnene Wärme einem Wasser/Dampf-Kreislauf (14) zugeführt wird und eine Erwärmung des Rohwassers dann durch weitere Abkühlung des Abgases unter den Schwefelsäuretaupunkt erfolgt.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, wobei das im Abhitzedampferzeuger (3) bereits erwärmte Rohwasser über einen externen Wärmeübertrager (10) durch ein in einem Kondensatvorwärmer (13) des Abhitzedampferzeugers (3) vorgeheiztes Kondensat nachgeheizt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 10, wobei Abwasser aus der zweiten Wasseraufbereitungsanlage (8) als Kühlwasser für die erste Wasseraufbereitungsanlage (4) verwendet wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei das Rohwasser in der ersten Wasseraufbereitungsanlage (4) in einem Niedertemperatur-Entsalzungsverfahren aufbereitet wird.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

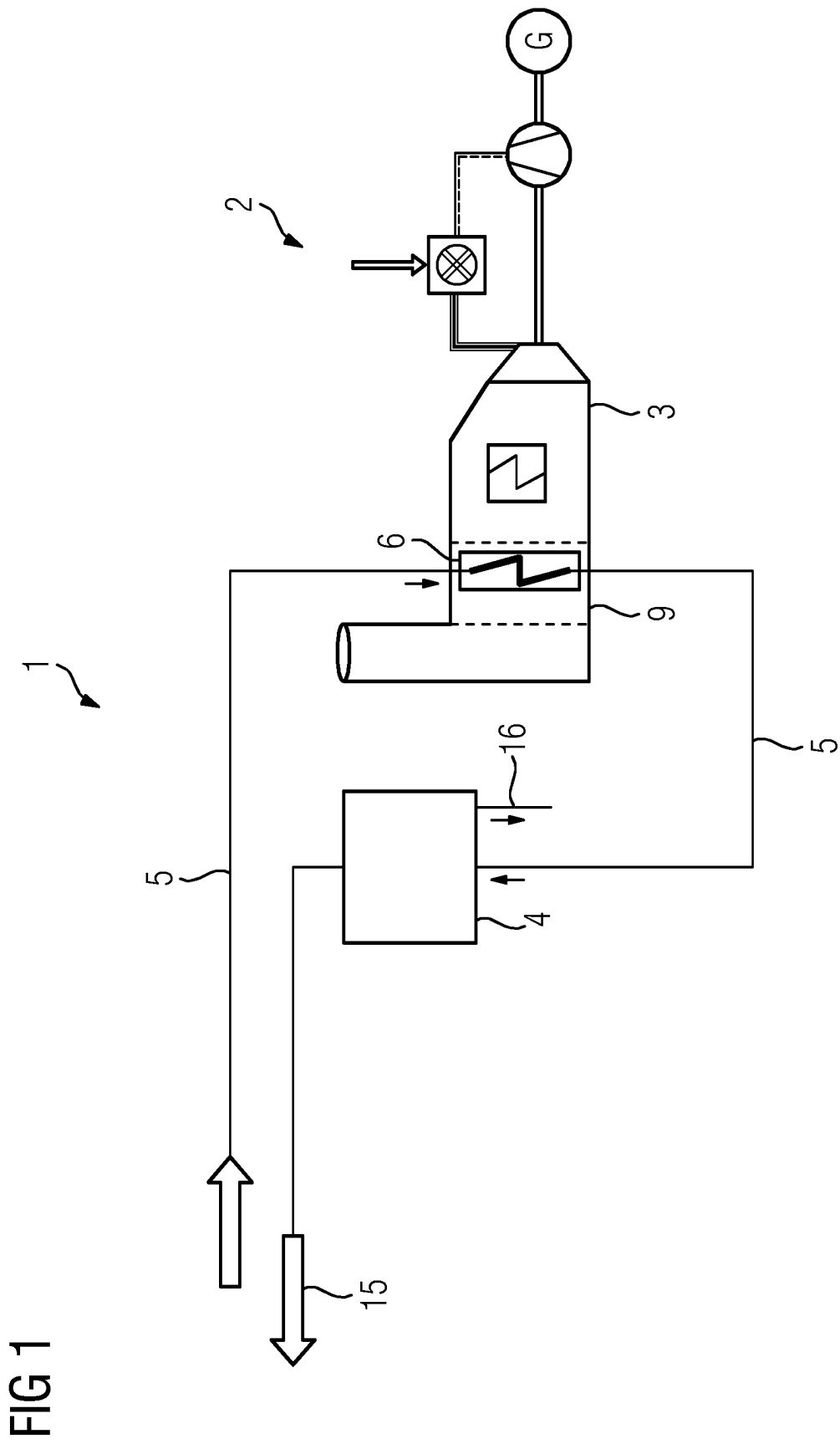


FIG 2

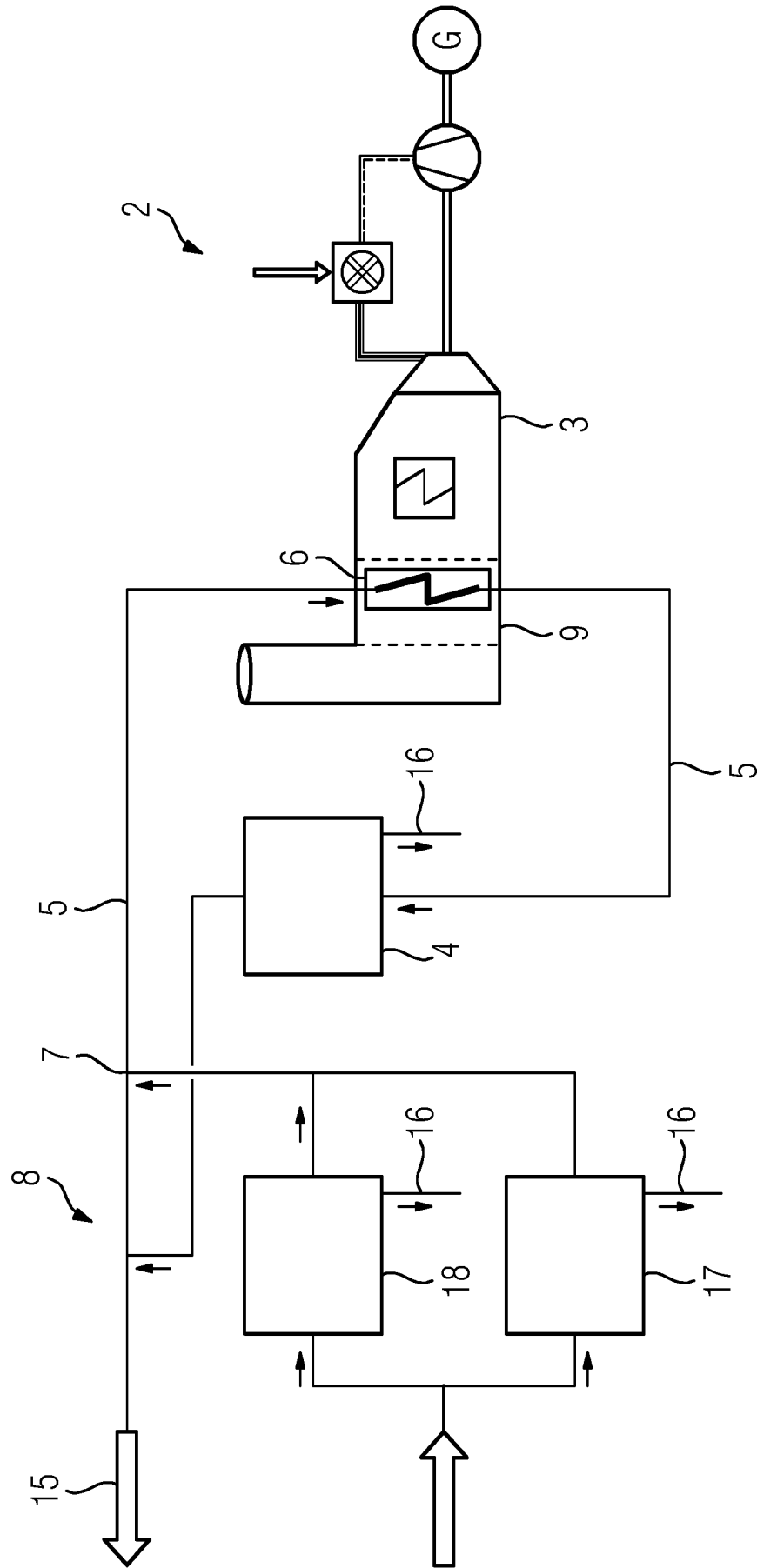


FIG 3

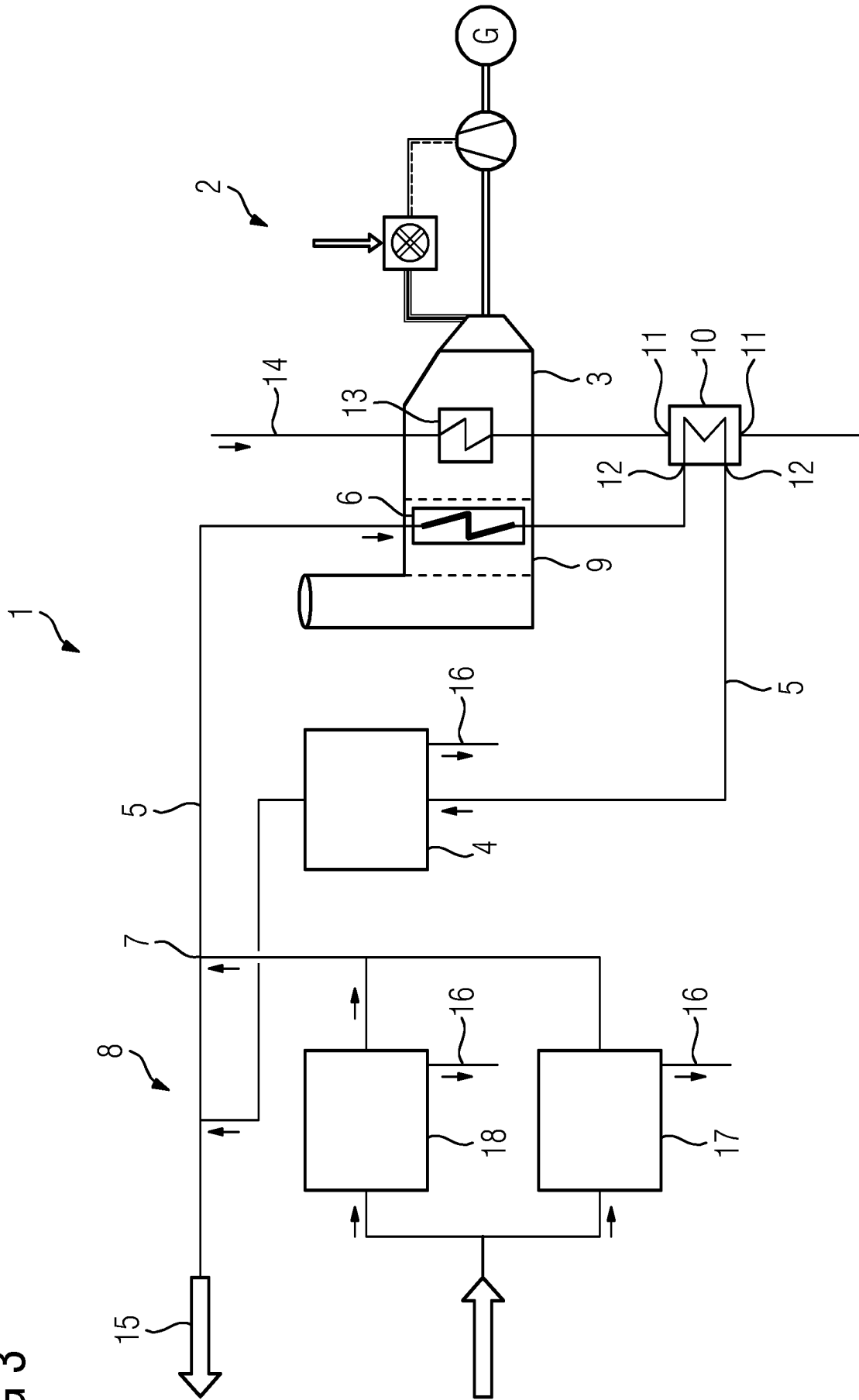


FIG 4

