



(10) **DE 10 2012 217 929 A1** 2014.04.03

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 217 929.1**

(22) Anmeldetag: **01.10.2012**

(43) Offenlegungstag: **03.04.2014**

(51) Int Cl.: **F01K 7/34 (2006.01)**

F01K 23/02 (2006.01)

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

(72) Erfinder:
**Reißner, Florian, 90475, Nürnberg, DE; Schäfer,
Jochen, 90408, Nürnberg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

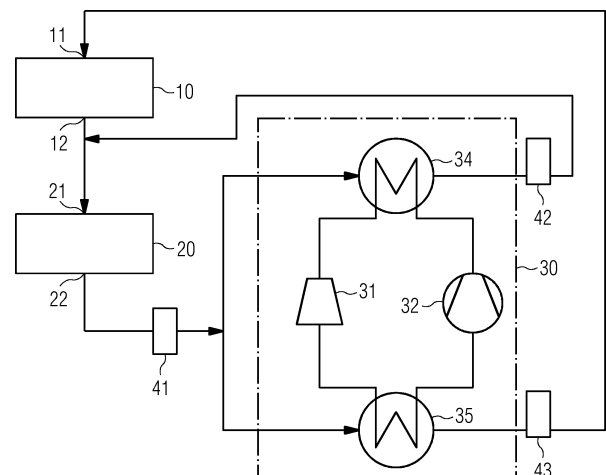
DE	26 12 058	C2
DE	33 27 752	A1
DE	10 2009 031 238	A1
EP	0 613 518	B1
EP	2 400 120	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Kraft-Wärme-Kraftwerk und Verfahren zum Betrieb eines Kraft-Wärme-Kraftwerks**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Kraft-Wärme-Kraftwerk und ein Verfahren zum Betrieb eines Kraft-Wärme-Kraftwerks, bei dem ein Arbeitsmedium zwischen einem Ausgang 22 einer thermischen Heizvorrichtung 20 und einem Eingang 11 eines Energieerzeugers 10 der Kraft-Wärme-Kopplung zusätzlich durch eine geeignete Wärmepumpe 30 abgekühlt wird. Die auf diese Weise gewonnene thermische Energie steht daraufhin erneut für Heizzwecke innerhalb des thermischen Kreislaufs 20 zur Verfügung.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Kraft-Wärme-Kraftwerk und ein Verfahren zum Betrieb eines Kraft-Wärme-Kraftwerkes. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung ein Kraft-Wärme-Kraftwerk mit einer Wärmepumpe und dem Betrieb eines Kraft-Wärme-Kraftwerkes mit einer solchen Wärmepumpe.

[0002] Die Erzeugung elektrischer Energie erfolgt auch heutzutage noch zu einem großen Teil durch thermische Kraftwerke. Als Brennstoff in solchen thermischen Kraftwerken werden beispielsweise Kohle, Erdgas, Biogas, Öl, Holz oder Holzprodukte verwendet. Solche thermischen Kraftwerke arbeiten vorzugsweise nach einem thermodynamischen Clausius-Rankine-Kreisprozess. Ein Arbeitsmedium, beispielsweise Wasser, wird dabei erhitzt, so dass es von einer flüssigen in einen gasförmigen Zustand übergeht und dabei eine Turbine antreibt. Da das Arbeitsmedium am Ausgang der Turbine immer noch eine relativ hohe Temperatur besitzt, muss es zunächst abgekühlt und kondensiert werden, bevor es in dem Kreisprozess erneut wieder erhitzt und verdampft werden kann. Wird die dabei während des Abkühlens entzogene Wärme an die Umgebung abgegeben, so besitzt dieses Kraftwerk einen relativ schlechten Nutzungsgrad.

[0003] Um den Wirkungsgrad des Gesamtsystems zu steigern, wird daher die am Turbinenausgang vorhandene Wärme zusätzlich für Heizzwecke genutzt. Die Verbraucher in dem Wärmekreislauf unterstützen dabei die Abkühlung des Arbeitsmediums, so dass einerseits weniger Energie ungenutzt an die Umgebung abgegeben werden muss und darüber hinaus auch der zusätzliche Energiebedarf für das Abkühlen des Arbeitsmediums im Kraftwerk verringert wird. Daher besitzt ein solches Kraft-Wärme-System einen deutlich höheren Wirkungsgrad als ein Kraftwerk, das ausschließlich der Erzeugung elektrischer Energie dient.

[0004] Bei relativ hohen Vorlauftemperaturen im Heizkreislauf können die Rücklauftemperaturen in dem Heizkreislauf noch immer so hoch sein, dass das Arbeitsmedium zusätzlich gekühlt werden muss, bevor das Arbeitsmedium wieder zur Dampferzeugung erneut verwendet werden kann. Diese zusätzliche Kühlung erfordert einerseits den Einsatz weiterer Energie, und andererseits geht darüber hinaus die verbleibende Wärmeenergie des Trägermediums ungenutzt verloren.

[0005] Darüber hinaus besteht auf der Verbrauchsseite des Heizkreislaufes normalerweise ein Wärmebedarf, der nur in sehr seltenen Fällen mit der Wärmemenge korrespondiert, die bei der Erzeugung der elektrischen Energie anfällt. In den allermeisten Fällen unterscheidet sich die Wärmemenge aus der Er-

zeugung der elektrischen Energie im zeitlichen Verlauf deutlich von der Wärmemenge, die durch die thermischen Verbraucher des Wärmekreislaufes benötigt wird.

[0006] Wird bei relativ großem Bedarf elektrischer Energie nur eine verhältnismäßig kleine Wärmemenge durch den Verbraucher abgenommen, so muss die zusätzliche, überschüssige thermische Energie unter Einsatz weiterer Energie für die Kühlung ungenutzt an die Umgebung abgegeben werden. Besteht andererseits auf Seite der thermischen Verbraucher im Heizkreislauf ein Wärmebedarf, der größer ist als die Wärmemenge, die durch die Erzeugung der elektrischen Energie bereitgestellt werden kann, so kann der Wärmebedarf nicht ausreichend befriedigt werden und es muss auf andere Weise zusätzliche Heizenergie bereitgestellt werden, die in dem Heizkreislauf eingespeist wird.

[0007] Es besteht daher ein Bedarf nach einem Kraft-Wärme-Kraftwerk, bei dem auch die verbleibende thermische Energie aus dem Rücklauf des Heizkreislaufes möglichst effizient genutzt werden kann.

[0008] Weiterhin besteht ein Bedarf nach einem Kraft-Wärme-Kraftwerk, bei der der Vorlauf des Heizkreislaufes stets mit einer ausreichenden Menge an thermischer Energie gespeist werden kann.

[0009] Darüber hinaus besteht auch ein Bedarf nach einem Kraft-Wärme-Kraftwerk mit einem gesteigerten Gesamtwirkungsgrad.

[0010] Gemäß eines Aspektes der vorliegenden Erfindung umfasst die vorliegende Erfindung ein Kraft-Wärme-Kraftwerk mit einem Heizkreislauf mit einem Eingang, in dem ein Arbeitsmedium hineinströmt und mit einem Ausgang, aus dem ein Arbeitsmedium herausströmt; einem Energieerzeuger mit einem Eingang, in den das Arbeitsmedium hineinströmt und einem Ausgang aus dem das Arbeitsmedium herausströmt; und eine Wärmepumpe zum Abkühlen mindestens eines Teiles des Arbeitsmediums aus dem Ausgang des Heizkreislaufs.

[0011] Gemäß eines weiteren Aspektes schafft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Betrieb eines Kraft-Wärme-Kraftwerkes mit den Schritten des Erhitzens eines Arbeitsmediums in einem Energieerzeuger; des Durchströmens einer Heizvorrichtung mit dem Arbeitsmedium aus dem Energieerzeuger; dem Abkühlen mindestens eines Teils des Arbeitsmediums durch eine Wärmepumpe, nachdem das Arbeitsmedium die Heizvorrichtung durchströmt hat; und dem Zuführen des abgekühlten Arbeitsmediums an einen Eingang des Energieerzeugers.

[0012] Es ist eine Idee der vorliegenden Erfindung, den Rücklauf aus der Heizvorrichtung eines Kraft-

Wärme-Kraftwerks mittels einer Wärmepumpe soweit abzukühlen, dass er eine ausreichend niedrige Temperatur für den Vorlauf eines Prozesses zur elektrischen oder mechanischen Energieerzeugung hat. Eine weitere Abkühlung des Arbeitsmediums durch Kühltürme oder Abgabe von Wärme an einen benachbarten Fluss ist somit nicht mehr erforderlich.

[0013] Ein erheblicher Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass die im Gesamtsystem anfallende Wärmemenge besonders effektiv genutzt werden kann. Der Rücklauf der Heizvorrichtung kann durch die Wärmepumpe soweit abgekühlt werden, dass er unmittelbar dem darauf wiederum folgenden Prozess für die elektrische oder mechanische Energieerzeugung zugeführt werden kann. Eine weitere Abkühlung durch Kühltürme oder beispielsweise einem benachbarten Fluss ist somit nicht mehr erforderlich.

[0014] Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die durch die Wärmepumpe entnommene Wärmemenge an anderer Stelle wiederum sinnvoll eingesetzt werden kann. Im Gegensatz zu einer Abkühlung, bei der die Wärme an die Umgebung abgegeben wird, kann somit eine weitere Steigerung des Gesamtwirkungsgrades erzielt werden.

[0015] Besonders vorteilhaft ist darüber hinaus, dass durch einen erfindungsgemäßen Einsatz einer Wärmepumpe auch Schwankungen bei einem Ungleichgewicht zwischen der erzeugten elektrischen oder mechanischen Energie auf der einen Seite und dem Wärmebedarf in der Heizvorrichtung auf der anderen Seite ausgeglichen werden können.

[0016] Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erwärmt die Wärmepumpe ferner einen Teil des Arbeitsmediums aus dem Ausgang der Heizvorrichtung und führt das erwärmte Arbeitsmedium dem Eingang der Heizvorrichtung zu. Auf diese Weise kann die bei der Abkühlung des Rücklaufs der Heizvorrichtung durch die Wärmepumpe gewonnene Wärmemenge wieder unmittelbar dem Vorlauf der Heizvorrichtung zugeführt werden. Somit wird eine besonders effektive Nutzung bei der Abkühlung des Arbeitsmediums gewonnenen Energie erzielt.

[0017] In einer bevorzugten Ausführungsform hat das Arbeitsmedium, das durch die Wärmepumpe erwärmt wird, eine Temperatur von mehr als 70 Grad Celsius. Vorzugsweise ist die Temperatur des durch die Wärmepumpe erwärmten Arbeitsmediums größer als 100 Grad Celsius, besonders bevorzugt größer als 115 Grad Celsius. Durch die Erwärmung des Arbeitsmediums auf ein so hohes Temperaturniveau kann eine Vorlauftemperatur für die Heizvorrichtung erreicht werden, der eine besonders günstige Speicherung der Heizvorrichtung ermöglicht.

[0018] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der Volumenstrom des Arbeitsmediums, das von der Wärmepumpe abgekühlt wird, kleiner als der Volumenstrom des Arbeitsmediums, das von der Wärmepumpe erwärmt wird. Dieses Ungleichgewicht der beiden Volumenströme bewirkt damit auch Unterschiede in der Anhebung beziehungsweise der Absenkung der Temperaturniveaus des Arbeitsmediums im Vor- und Rücklauf. Es kann somit auch bei einer nur relativ geringen Absenkung des Temperaturniveaus zwischen dem Ausgang des Wärmekreislaufes und dem Eingang des Energieerzeugers dennoch eine verhältnismäßig große Anhebung des Temperaturniveaus auf der anderen Seite der Wärmepumpe erreicht werden. Somit kann der Vorlauf des Wärmekreislaufes durch die Wärmepumpe in der Temperatur angehoben werden.

[0019] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst das erfindungsgemäße Kraft-Wärme-Kraftwerk mindestens einen thermischen Speicher. Durch den Einsatz solcher thermischen Speicher kann die Wärmeenergie in dem Gesamtsystem für einen bestimmten Zeitraum gespeichert werden. Somit kann überschüssige thermische Energie aus der Erzeugung der elektrischen Energie für einen späteren Zeitpunkt bevorratet werden und steht dann für Heizzwecke zur Verfügung, selbst wenn gerade nur ein geringer Bedarf an elektrischer Energie besteht.

[0020] Vorzugsweise handelt es sich bei dem thermischen Speicher um einen thermischen Speicher mit einem Phasenwechselmedium. Ein solcher thermischer Speicher mit einem Phasenwechselmedium ermöglicht in einem verhältnismäßig kleinen Volumen die Speicherung einer relativ großen Menge thermischer Energie.

[0021] In einer Ausführungsform ist die Wärmepumpe eine Hochtemperatur-Wärmepumpe. Solche Hochtemperatur-Wärmepumpen sind in der Lage, auf der Seite der Wärmeabgabe eine verhältnismäßig hohe Temperatur von mehr als 90 Grad Celsius zu erreichen. Diese Temperaturen wiederum ermöglichen die Anhebung eines Vorlaufs für den Wärmekreislauf auf ein besonders effizientes Niveau.

[0022] In einer bevorzugten Ausführungsform erzeugt der Energieerzeuger elektrische Energie. Elektrische Energie kann nicht, oder nur mit sehr hohem Aufwand gespeichert werden. Daher ist es erforderlich, die elektrische Energie genau zum Zeitpunkt des Verbrauches zu erzeugen. Die dabei anfallende thermische Energie kann erfindungsgemäß besonders effizient genutzt werden. Somit ist auch eine effiziente Nutzung der thermischen Energie möglich, selbst wenn der Bedarf an elektrischer und thermischer Energie gerade nicht gleich groß ist.

[0023] In einer besonderen Ausführungsform wird die Wärmepumpe unabhängig von dem Energieerzeuger betrieben. Die Wärmepumpe kann daher auch dann den Rücklauf des Wärmekreislaufes absenken und den Vorlauf entsprechend anheben, selbst wenn gerade keine, oder nur sehr wenig elektrische Energie erzeugt wird.

[0024] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform umfasst das Verfahren zum Betrieb eines Kraft-Wärme-Kraftwerks ferner die Schritte des Erwärmens eines Teils des Arbeitsmediums durch eine Wärmepumpe, nachdem das Wärmeträgermedium die Heizvorrichtung durchströmt hat; und des Zuführens des durch die Wärmepumpe erwärmten Arbeitsmediums an dem Eingang der Heizvorrichtung. Durch dieses gleichzeitige Absenken der Rücklauf-temperatur und des Anhebens der Vorlauf-temperatur in der Heizvorrichtung kann die Wärmeenergie durch die Wärmepumpe besonders effizient genutzt werden und somit der Wirkungsgrad des Gesamtsystems gesteigert werden.

[0025] Besonders bevorzugt umfasst das erfindungsgemäße Verfahren ferner einen Schritt zum Speichern der thermischen Energie, die durch die Wärmepumpe abgegeben wird. Durch dieses Speichern der thermischen Energie in einem oder mehreren thermischen Energiespeichern kann insbesondere auch ein größeres Ungleichgewicht zwischen der Erzeugung elektrischer oder mechanischer Energie und dem thermischen Wärmebedarf ausgeglichen werden.

[0026] Vorzugsweise umfasst das Verfahren einen Schritt zum Speichern thermischen Energie, zwischen einer Heizvorrichtung und einer Wärmepumpe. Auch diese gespeicherte thermische Energie dient dem Ausgleich bei schwankendem Wärmebedarf.

[0027] Weitere Merkmale und Vorteile von Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0028] Es zeigen:

[0029] Fig. 1 eine schematische Darstellung eines thermischen Prozesses zur Energieerzeugung;

[0030] Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Kraft-Wärme-Kraftwerks gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

[0031] Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Verfahrens zum Betrieb eines Kraft-Wärme-Kraftwer-

kes gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0032] Die im Folgenden verwendete Richtungsterminologie, das heißt Begriffe wie „links“, „rechts“, „oben“, „unten“, „davor“, „danach“ und dergleichen dient lediglich dem besseren Verständnis der Zeichnungen und soll in keinem Fall eine Beschränkung der Allgemeinheit darstellen. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen im Allgemeinen gleichartige oder gleichwirkende Komponenten. Die in den Figuren dargestellten Elemente sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht notwendigerweise maßstabsgetreu abgebildet. Die in den Figuren dargestellten Komponenten und Elemente, deren Auslegung und Verwendung können im Sinne der Überlegungen eines Fachmanns variieren und an die jeweiligen Anwendungen angepasst werden.

[0033] Energieerzeuger im Sinne der vorliegenden Erfindung sind alle Arten von Vorrichtungen, die Energie, beispielsweise in Form einer mechanischen Bewegung oder in Form elektrischer Energie bereitstellen. Beispielsweise kann es sich bei einem Energieerzeuger um eine Turbine handeln, die eine Drehbewegung versetzt wird. Diese Drehbewegung kann daraufhin als Antrieb für weitere Vorrichtungen, insbesondere zum Antrieb eines Generators zum Erzeugen elektrischer Energie verwendet werden. Weitere Vorrichtungen zur Bereitstellung einer mechanischen Energieform, insbesondere einer Drehbewegung oder ähnlichem sind ebenso möglich. Ferner umfasst ein Energieerzeuger im Sinne der vorliegenden Erfindung auch grundsätzlich solche Vorrichtungen, die unmittelbar elektrische Energie bereitstellen können. Für die Bereitstellung dieser Energie durch einen Energieerzeuger im Sinne der vorliegenden Erfindung findet ein thermischer Prozess statt. Bei einem solchen thermischen Prozess kann es sich beispielsweise um eine Verbrennung handeln. Weitere thermische Prozesse, beispielsweise ein radioaktiver Zerfall oder eine exotherme chemische Reaktion sind ebenso möglich.

[0034] Eine Heizvorrichtung im Sinne der vorliegenden Erfindung ist eine Vorrichtung, die von einem Wärmeträgermedium durchströmt wird und dabei thermische Energie an einen Verbraucher abgibt. Bei einer Heizvorrichtung im Sinne der vorliegenden Erfindung kann es sich beispielsweise um ein Fernwärmenetz handeln. Ein solches Fernwärmenetz wird von einer Wärmequelle, beispielsweise im Kraftwerk gespeist. Die erzeugte thermische Energie wird so einem thermischen Verbraucher zugeführt. Ein thermischer Verbraucher, beispielsweise eine Gebäudeheizung oder ähnliches, entnimmt einem Wärmeträgermedium thermische Energie und kühlt das Wärmeträgermedium dabei ab. Heizvorrichtungen im Sinne der vorliegenden Erfindung sind ebenfalls weitere Heizvorrichtungen, beispielsweise

zur Erwärmung im Zusammenhang mit industriellen Prozessen oder ähnlichem.

[0035] Kraft-Wärme-Kraftwerke im Sinne der vorliegenden Erfindung sind alle Kraftwerke, bei denen neben einem Prozess zur Bereitstellung mechanischer oder elektrischer Energie auch thermische Energie anfällt und dabei diese thermische Energie zumindest teilweise ebenfalls genutzt wird. Insbesondere umfasst ein Kraft-Wärme-Kraftwerk im Sinne der vorliegenden Erfindung die Kombination eines oben beschriebenen Energieerzeugers mit einer zuvor beschriebenen Heizvorrichtung. Beispielsweise ist ein Kraft-Wärme-Kraftwerk im Sinne der vorliegenden Erfindung ein Kraftwerk zur Erzeugung elektrischer Energie, das eine thermische Abwärme zumindest teilweise in ein Fernwärmenetz einspeist oder für andere Heizzwecke bereitstellt.

[0036] Arbeitsmedien im Sinne der vorliegenden Erfindung sind alle Arten von Medien, die geeignet sind, thermische Energie aufzunehmen und zu transportieren. Insbesondere sind Arbeitsmedien im Sinne der vorliegenden Erfindung beispielsweise Fluide, die ein Leitungssystem durchströmen und dabei thermische Energie von einem Ort zu einem anderen transportieren. Ein solches Arbeitsmedium kann beispielsweise Wasser sein.

[0037] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Clausius-Rankine-Prozesses. Ein Arbeitsmedium, vorzugsweise Wasser, wird an einem Eingang **11** einem Energieerzeuger **10** zugeführt. Das Arbeitsmedium wird zunächst in einem Kessel **13** erhitzt. Dabei geht das Arbeitsmedium von einem flüssigen in einen gasförmigen Zustand über. Das dampfförmige Arbeitsmedium dringt aus dem Kessel **13** aus und treibt daraufhin eine Turbine **14** an. Die Turbine wird dabei in Rotation versetzt und kann beispielsweise einen Generator zur Erzeugung elektrischer Energie antreiben. Nachdem das gasförmige Arbeitsmedium die Turbine **14** durchströmt hat, tritt es am Ausgang **12** des Energieerzeugers **10** aus und wird in der Kühlvorrichtung **19** abgekühlt, bevor es am Eingang **11** erneut wieder dem Energieerzeuger **10** zugeführt wird.

[0038] Bei einem reinen Elektrizitätskraftwerk wird dabei die thermische Energie, die dem Arbeitsmedium in der Abkühlvorrichtung **19** entzogen wird, an die Umgebung ungenutzt abgegeben. Alternativ kann im Sinne einer Kraft-Wärme-Kopplung diese thermische Energie auch für Heizzwecke verwendet werden.

[0039] Fig. 2 zeigt schematisch ein Kraft-Wärme-Kraftwerk gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Das Arbeitsmedium wird am Eingang **11** dem Energieerzeuger **10** zugeführt. Beispielsweise kann es sich bei diesem Energieerzeuger um ein Elektrizitätskraftwerk handeln, das gemäß dem oben beschriebenen Clausius-Rankine-Prozess

über eine Turbine **14** und einen damit gekoppelten Generator elektrische Energie erzeugt.

[0040] Beispielsweise kann dabei durch die Verbrennung von fossilen Energieträgern wie Kohle, Erdöl oder Erdgas oder alternativer Energieträger wie Biogas oder Holz das Arbeitsmedium erhitzt und verdampft werden. Alternativ thermische Prozesse, beispielsweise durch radioaktiven Zerfall, chemische Reaktionen oder ähnliches sind ebenso möglich.

[0041] Nachdem das Arbeitsmedium eine Turbine durchströmt und dabei angetrieben hat, oder auf alternative Art die gewünschte Energieform bereitgestellt wurde, tritt das Arbeitsmedium am Ausgang **12** des Energieerzeugers **10** aus. Dabei besitzt das Arbeitsmedium an diesem Ausgang **12** noch immer eine Temperatur, die höher ist, als die Temperatur des Arbeitsmediums am Eingang **11** des Energieerzeugers **10**.

[0042] Um diese überschüssige thermische Energie des Arbeitsmediums nicht ungenutzt an die Umgebung abgeben zu müssen, wird das Arbeitsmedium einer thermischen Heizvorrichtung **20** zugeführt. Die Vorlauftemperatur am Eingang **21** der Heizvorrichtung **20** beträgt dabei ca. 115 Grad Celsius. Je nach Anwendungsfall sind auch Temperaturen im Bereich von 100 bis 130 Grad Celsius, gegebenenfalls auch Temperaturen zwischen 85 und 150 Grad Celsius möglich.

[0043] Das Arbeitsmedium durchströmt daraufhin die Heizvorrichtung **20**. Dabei können in der Heizvorrichtung **20** betriebliche Verbraucher dem Arbeitsmedium thermische Energie entnehmen. Auf diese Weise können innerhalb der Heizvorrichtung **20** befindliche Verbraucher erwärmt und beheizt werden.

[0044] Nachdem das Arbeitsmedium die Heizvorrichtung **20** durchflossen hat, tritt es am Ausgang **22** der Heizvorrichtung **20** aus. An dieser Stelle besitzt das Arbeitsmedium üblicherweise eine Rücklauftemperatur von ca. 90 Grad Celsius. Je nach verwendeter Vorlauftemperatur und Energieabnahme innerhalb der Heizvorrichtung **20** schwankt dabei die Rücklauftemperaturen am Ausgang der Heizvorrichtung zwischen 75 und 100 Grad Celsius. Je nach Anwendungsfall sind auch Rücklauftemperaturen zwischen 60 und 120 Grad Celsius möglich.

[0045] Bei relativ hohen Vorlauftemperaturen am Eingang **21** der Heizvorrichtung **20**, und/oder bei einer sehr geringen thermischen Energieabnahme innerhalb der Heizvorrichtung **20** durch die angeschlossenen Verbraucher, kann die Rücklauftemperatur der Heizvorrichtung **20** höher sein als die erforderliche Vorlauftemperatur am Eingang **11** des Energieerzeugers **10**. Zur weiteren Absenkung der Temperatur des Arbeitsmediums zwischen dem Ausgang **22** der Heiz-

vorrichtung **20** und dem Eingang **11** des Energieerzeugers **10**, wird das Arbeitsmedium daher durch die Wärmepumpe **30** weiter abgekühlt. Hierzu wird das Arbeitsmedium durch den Verdampfer **35** der Wärmepumpe **30** geleitet. Dabei wird dem Arbeitsmedium durch die Wärmepumpe **30** thermische Energie entzogen und das Wärmeträgermedium auf die gewünschte Vorlauftemperatur des Energieerzeugers **10** abgekühlt.

[0046] Vorzugsweise sollte das Arbeitsmedium dabei auf eine Temperatur von ca. 75 Grad Celsius abgekühlt werden. Je nach Anwendungsfall sind auch Temperaturen zwischen 60 und 90 Grad Celsius möglich. In bestimmten Anwendungsfällen sind darüber hinaus auch Temperaturen des abgekühlten Arbeitsmediums zwischen 50 und 100 Grad Celsius möglich.

[0047] Durch das Abkühlen des Arbeitsmediums mit Hilfe der Wärmepumpe **30** wird die dabei entnommene thermische Energie nicht ungenutzt an die Umgebung abgegeben, sondern steht für eine Nutzung an anderer Stelle weiter zur Verfügung. Beispielsweise kann damit, wie im Folgenden näher erläutert wird, die Vorlauftemperatur der Heizvorrichtung **20** angehoben werden. Alternative Anwendungen und Einsatzgebiete für die thermische Energie, die somit durch die Wärmepumpe **30** bereitgestellt werden kann, sind ebenso möglich.

[0048] Zur Anhebung der Vorlauftemperatur am Eingang **21** der Heizvorrichtung **20** kann dabei beispielsweise der Kondensator **34** der Wärmepumpe **30** unmittelbar in den Strom des Arbeitsmediums zwischen Ausgang **12** des Energieerzeugers **10** und Eingang **21** der Heizvorrichtung **20** angekoppelt sein (nicht dargestellt).

[0049] Alternativ ist es auch möglich, den Strom des Arbeitsmediums nach dem Ausgang **22** der Heizvorrichtung **20** aufzuspalten. Somit wird ein Teil des Arbeitsmediums durch den Verdampfer **35** auf die gewünschte Vorlauftemperatur des Energieerzeugers **10** abgekühlt. Ein weiterer Teil des Arbeitsmediums wird dem Kondensator **34** der Wärmepumpe **30** zugeführt und dabei auf ein höheres Temperaturniveau angehoben. Der so erwärmte Teil des Arbeitsmediums wird daraufhin mit dem aus dem Energieerzeuger **10** kommenden Wärmeträgermedium vermischt und gemeinsam dem Eingang **21** der Heizvorrichtung **20** zugeführt.

[0050] Alternativ ist es auch möglich, Teile des beschriebenen Kreislaufes des Arbeitsmediums voneinander zu trennen, so dass die jeweiligen Bereiche von unterschiedlichen Medien durchströmt werden. Beispielsweise kann innerhalb des Energieerzeugers **10** ein erstes Arbeitsmedium verwendet werden, während die Heizvorrichtung **20** von einem wei-

teren Arbeits- oder Wärmeträgermedium durchströmt wird. Die Kopplung der einzelnen Kreisläufe erfolgt hierbei mittels geeigneter Wärmeübertrager.

[0051] Die Massentröme am Verdampfer **35** und am Kondensator **34** der Wärmepumpe **30** müssen sich dabei nicht zwangsläufig entsprechen. Ebenso ist es möglich, dass am Verdampfer **35** und am Kondensator **34** unterschiedliche Massenströme des Arbeitsmediums vorbeiströmen. Soll beispielsweise am Verdampfer **35** das Arbeitsmedium nur um einen relativ geringen Temperaturwert abgekühlt werden, während das Arbeitsmedium am Kondensator **34** um eine größere Temperaturdifferenz angehoben werden soll, so kann dies dadurch kompensiert werden, dass am Verdampfer **35** ein größerer Massenstrom vorbeigeführt wird und am Kondensator **34** ein entsprechend geringerer Massenstrom des Arbeitsmediums erhitzt wird.

[0052] So ist es beispielsweise möglich, dass der Verdampfer **35** das Arbeitsmedium nur um 15 Kelvin abkühlt, während der Kondensator **34** das an ihm vorbeiströmende Arbeitsmedium 25 Kelvin oder mehr erwärmt. Grundsätzlich ist es alternativ selbstverständlich ebenso möglich, am Kondensator **35** einen geringen Massenstrom um eine große Temperaturdifferenz abzukühlen und dabei gleichzeitig am Kondensator **34** einen größeren Massenstrom nur um eine geringe Temperaturdifferenz zu erwärmen.

[0053] Auf die oben beschriebene Weise ist eine besonders flexible Ausgestaltung und Anhebung bzw. Absenkung der jeweiligen Temperaturniveaus möglich, so dass für den jeweiligen Anwendungsfall stets eine bestmögliche Aufteilung der Volumenströme des Arbeitsmediums mit den dabei verbundenen Anhebungen und Absenkungen der Temperaturniveaus möglich ist.

[0054] Die Flexibilität des erfindungsgemäßen Aufbaus kann darüber hinaus noch zusätzlich erhöht werden, indem ein oder mehrere thermische Speicher **41**, **42** und **43** in den Kreislauf des Arbeitsmediums integriert werden. Solche thermischen Speicher **41**, **42** und **43** sind in der Lage, Wärmeenergie aufzunehmen und zu speichern. Einfache Ausführungsformen eines solchen thermischen Speichers umfassen dabei beispielsweise ein Speichermedium, das erwärmt oder abgekühlt wird. Zu einem späteren Zeitpunkt kann dieses Speichermedium von einem flüssigen oder gasförmigen Wärmeträgermedium durchströmt werden und dabei dieses Wärmeträgermedium erwärmen oder abkühlen. Beispielsweise kann ein solcher thermischer Speicher im einfachsten Fall aus einem großvolumigen Tank mit Wasser oder einem Öl gebildet werden.

[0055] Alternative und effizientere thermischen Speicher umfassen dagegen Substanzen, die nicht

nur einfach erwärmt oder abgekühlt werden, sondern bei denen sich darüber hinaus auch noch der Aggregatzustand des Speichermediums ändert. Solche, sogenannte Latentwärmespeicher (phase change material, PCM) umfassen üblicherweise spezifische Substanzen oder Paraffine, die sehr viel Wärmeenergie aufnehmen. Der Vorteil dieser thermischen Speichertechnik beruht darauf, in einem kleinen durch die Schmelztemperatur des eingesetzten Speichermediums festgelegten Temperaturbereich, sehr viel Wärmeenergie speichern zu können.

[0056] Ein solches thermisches Speicherelement **41** kann beispielsweise nach dem Ausgang **22** der Heizvorrichtung **20** angeordnet sein, um im Falle einer relativ hohen Rücklauftemperatur, beispielsweise aufgrund einer nur geringen Wärmeabnahme oder einer verhältnismäßig hohen Vorlauftemperatur, einen Teil der thermischen Energie aus dem Rücklauf der Heizvorrichtung **20** zwischenzuspeichern. Darüber hinaus kann ein weiterer thermischer Energiespeicher **42** zwischen dem Kondensator **34** der Wärmepumpe **30** und dem Eingang **21** der Heizvorrichtung **20** angeordnet sein. Dieser Wärmespeicher **42** ermöglicht eine zeitweilige Speicherung thermischer Energie für den Fall, dass die Wärmepumpe **30** mehr Wärmeenergie über den Kondensator **34** abgibt, als in der Heizvorrichtung **20** benötigt wird. Ein dritter thermischer Speicher **43** kann darüber hinaus zwischen dem Verdampfer **35** der Wärmepumpe **30** und dem Eingang **11** des Energieerzeugers **10** angeordnet sein. Dieser thermische Speicher **34** kann beispielsweise bei einer überdurchschnittlichen Abkühlung des Arbeitsmediums durch den Verdampfer **35** diese Abkühlung zeitweilig ausgleichen und daraufhin zu einem späteren Zeitpunkt, falls das Arbeitsmedium durch den Verdampfer **35** weniger stark abgekühlt wird, die überschüssige Wärmeenergie aufnehmen und somit das Arbeitsmedium auf die gewünschte Temperatur abkühlen.

[0057] Für die Abkühlung und Erwärmung des Arbeitsmediums können bekannte Wärmepumpen zum Einsatz kommen, beispielsweise Dampfkompensationswärmepumpen mit einem Kompressor **32** und einem Expansionsventil **31**. Selbstverständlich sind grundsätzlich auch andere Arten von Wärmepumpen möglich, sofern sie die erforderlichen Volumenströme des s auf die benötigten Temperaturen abzukühlen bzw. zu erwärmen können.

[0058] Um auf der Kondensatorseite der Wärmepumpe eine für den Vorlauf der Heizvorrichtung genügend hohe Temperatur zu erreichen, sind hierzu jedoch spezielle Hochtemperaturwärmepumpen erforderlich. Diese Hochtemperaturwärmepumpen sind in der Lage, auf der Kondensatorseite das Wärmeträgermedium auf Temperaturen von 115 Grad Celsius, je nach Anwendungsfall auch 130 oder 150 Grad Cel-

sus oder gegebenenfalls bis hin zu 180 Grad Celsius zu erreichen.

[0059] Fig. 3 zeigt eine Ausführungsform für ein Verfahren zum Betrieb eines Kraftwerks mit Kraft-Wärme-Kopplung. Dabei wird zunächst in dem Energieerzeuger **10** ein Arbeitsmedium erwärmt. Nach dem Austritt des erhitzten Arbeitsmediums aus dem Energieerzeuger **10** durchströmt das Arbeitsmedium einer Heizvorrichtung **20**. Dabei kühlt sich das Arbeitsmedium ab. Entsprechend der Vorlauftemperatur kann am Eingang **21** der Heizvorrichtung **20** und der Wärmeabnahme innerhalb der Heizvorrichtung **20** variiert die Rücklauftemperatur am Ausgang **22** der Heizvorrichtung **20**. Das Arbeitsmedium wird daraufhin zumindest teilweise durch eine Wärmepumpe **30** zusätzlich abgekühlt. Anschließend wird das so abgekühlte Arbeitsmedium dem Eingang **11** des Energieerzeugers **10** zugeführt. Somit kann das Arbeitsmedium auf die erforderliche Vorlauftemperatur für den Energieerzeuger **10** abgekühlt werden, ohne dass thermische Energie an die Umgebung abgegeben werden muss.

[0060] In einer speziellen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Teil des Arbeitsmediums durch die Wärmepumpe erwärmt, nachdem das Arbeitsmedium die Heizvorrichtung **20** durchströmt hat und am Ausgang **22** ausgetreten ist. Dieses erwärmte Arbeitsmedium wird daraufhin erneut dem Eingang **21** der Heizvorrichtung **20** zugeführt und steht damit erneut für Heizzwecke zur Verfügung. Auf diese Weise wird die Wärmeenergie, die dem Arbeitsmedium zur Abkühlung des Vorlaufs für den Energieerzeuger **10** entnommen wurde, erneut für Heizzwecke verwendet und geht somit nicht verloren.

[0061] Um auch bei einer nur geringen Wärmeabnahme innerhalb der Heizvorrichtung **20** möglichst wenig Energie an die Umgebung abgeben zu müssen, wird thermische Energie, die durch die Wärmepumpe abgegeben wird, in Zeiten nur geringem Wärmebedarfs in der Heizvorrichtung **20** in einem oder mehreren thermischen Speichern **41**, **42** und **43** zwischengespeichert. Die somit zwischengespeicherte thermische Energie steht dann für spätere Verwendung zur Verfügung, wenn die Verbraucher innerhalb der Heizvorrichtung **20** einen erhöhten Wärmebedarf haben, aber andererseits durch den Energieerzeuger **10** nur eine geringe Wärmeabgabe erfolgt.

[0062] Zusammenfassend betrifft die vorliegende Erfindung ein Kraft-Wärme-Kraftwerk und ein Verfahren zum Betrieb eines Kraft-Wärme-Kraftwerks, bei dem ein Arbeitsmedium zwischen einem Ausgang **22** einer thermischen Heizvorrichtung **20** und einem Eingang **11** eines Energieerzeugers **10** der Kraft-Wärme-Kopplung zusätzlich durch eine geeignete Wärmepumpe **30** abgekühlt wird. Die auf diese Weise gewonnene thermische Energie steht daraufhin erneut

für Heizzwecke innerhalb der thermischen Heizvorrichtung **20** zur Verfügung.

Patentansprüche

1. Kraft-Wärme-Kraftwerk, umfassend:
eine Heizvorrichtung (**20**) mit einem Eingang (**21**), in den ein Arbeitsmedium hineinströmt und mit einem Ausgang (**22**), aus dem das Arbeitsmedium herausströmt;
einen Energieerzeuger (**10**) mit einem Eingang (**11**), in den das Arbeitsmedium hineinströmt und mit einem Ausgang (**12**), aus dem das Arbeitsmedium herausströmt; und
eine Wärmepumpe (**30**) zum Abkühlen mindestens eines Teils des Arbeitsmediums aus dem Ausgang (**22**) der Heizvorrichtung (**20**).
2. Kraft-Wärme-Kraftwerk nach Anspruch 1, wobei die Wärmepumpe (**30**) ferner einen Teil des Arbeitsmediums aus dem Ausgang (**22**) der Heizvorrichtung (**20**) erwärmt und das erwärmte Arbeitsmedium dem Eingang (**21**) der Heizvorrichtung (**20**) zugeführt wird.
3. Kraft-Wärme-Kraftwerk nach Anspruch 2, wobei das durch die Wärmepumpe (**30**) erwärmte Arbeitsmedium eine Temperatur von mehr als 70 Grad Celsius, vorzugsweise von mehr als 100 Grad Celsius, besonders bevorzugt mehr als 115 Grad Celsius, hat.
4. Kraft-Wärme-Kraftwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Massenstrom des Arbeitsmediums, das von der Wärmepumpe (**30**) abgekühlt wird kleiner ist, als der Massenstrom des Arbeitsmediums, das von der Wärmepumpe (**30**) erwärmt wird.
5. Kraft-Wärme-Kraftwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, ferner umfassend mindestens einen thermischen Speicher (**41, 42, 43**).
6. Kraft-Wärme-Kraftwerk nach Anspruch 5, wobei der thermische Speicher (**41, 42, 43**) ein Phasenwechselmedium umfasst.
7. Kraft-Wärme-Kraftwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Wärmepumpe (**30**) eine Hochtemperatur-Wärmepumpe ist.
8. Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Energieerzeuger (**10**) elektrische Energie erzeugt.
9. Kraft-Wärme-Kraftwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Wärmepumpe (**30**) unabhängig von dem Energieerzeuger (**10**) betrieben wird.
10. Verfahren zum Betrieb eines Kraft-Wärme-Kraftwerks, umfassend die Schritte:
Erwärmen eines Arbeitsmediums in einem Energieerzeuger (**10**);

Durchströmen einer Heizvorrichtung (**20**) mit dem Arbeitsmedium aus dem Energieerzeuger (**10**);
Abkühlen mindestens eines Teils des Arbeitsmediums durch eine Wärmepumpe (**30**), nachdem das Arbeitsmedium die Heizvorrichtung (**20**) durchströmt hat; und
Zuführen des abgekühlten Arbeitsmediums an einen Eingang (**11**) des Energieerzeugers (**10**).

11. Verfahren nach Anspruch 10, ferner umfassend die Schritte:
Erwärmen eines Teils des Arbeitsmediums durch eine Wärmepumpe (**30**), nachdem das Arbeitsmedium die Heizvorrichtung (**20**) durchströmt hat; und
Zuführen des durch die Wärmepumpe (**30**) erwärmten Arbeitsmediums an dem Eingang (**21**) der Heizvorrichtung (**20**).

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, ferner umfassend einen Schritt zum Speichern thermischer Energie, die durch die Wärmepumpe (**30**) abgegeben wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, ferner umfassend einen Schritt zum Speichern thermischer Energie, zwischen einer Heizvorrichtung (**20**) und einer Wärmepumpe (**30**).

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

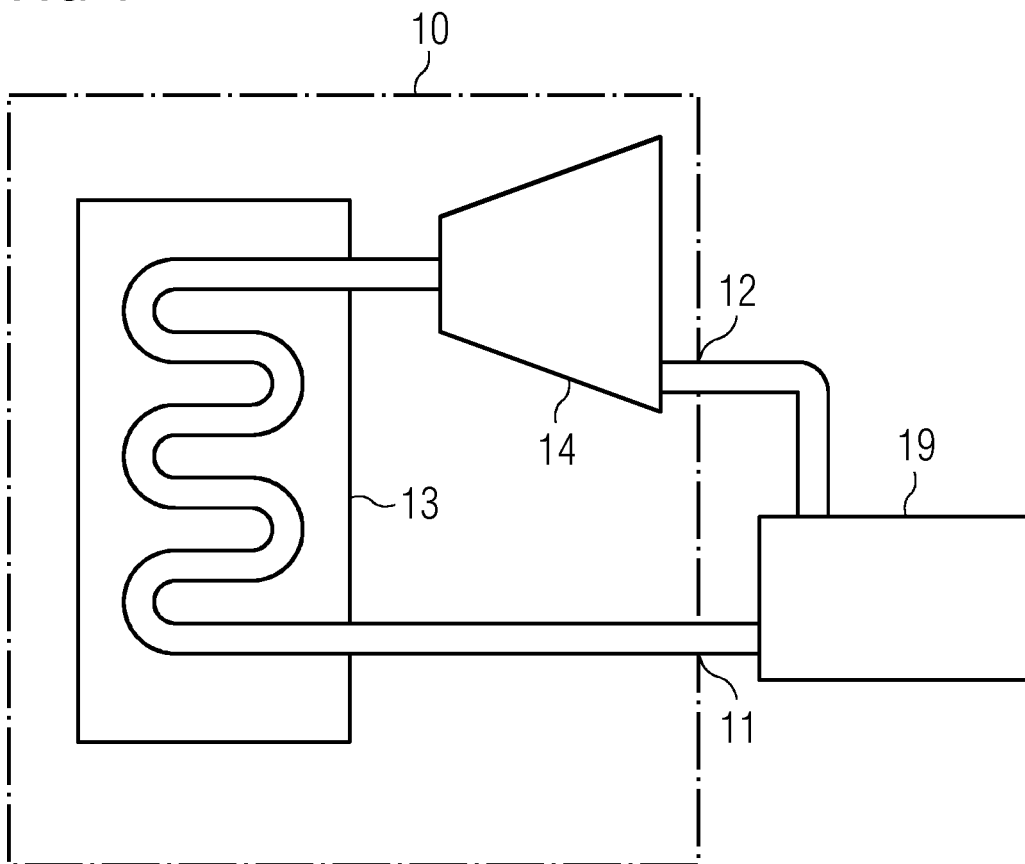


FIG 2

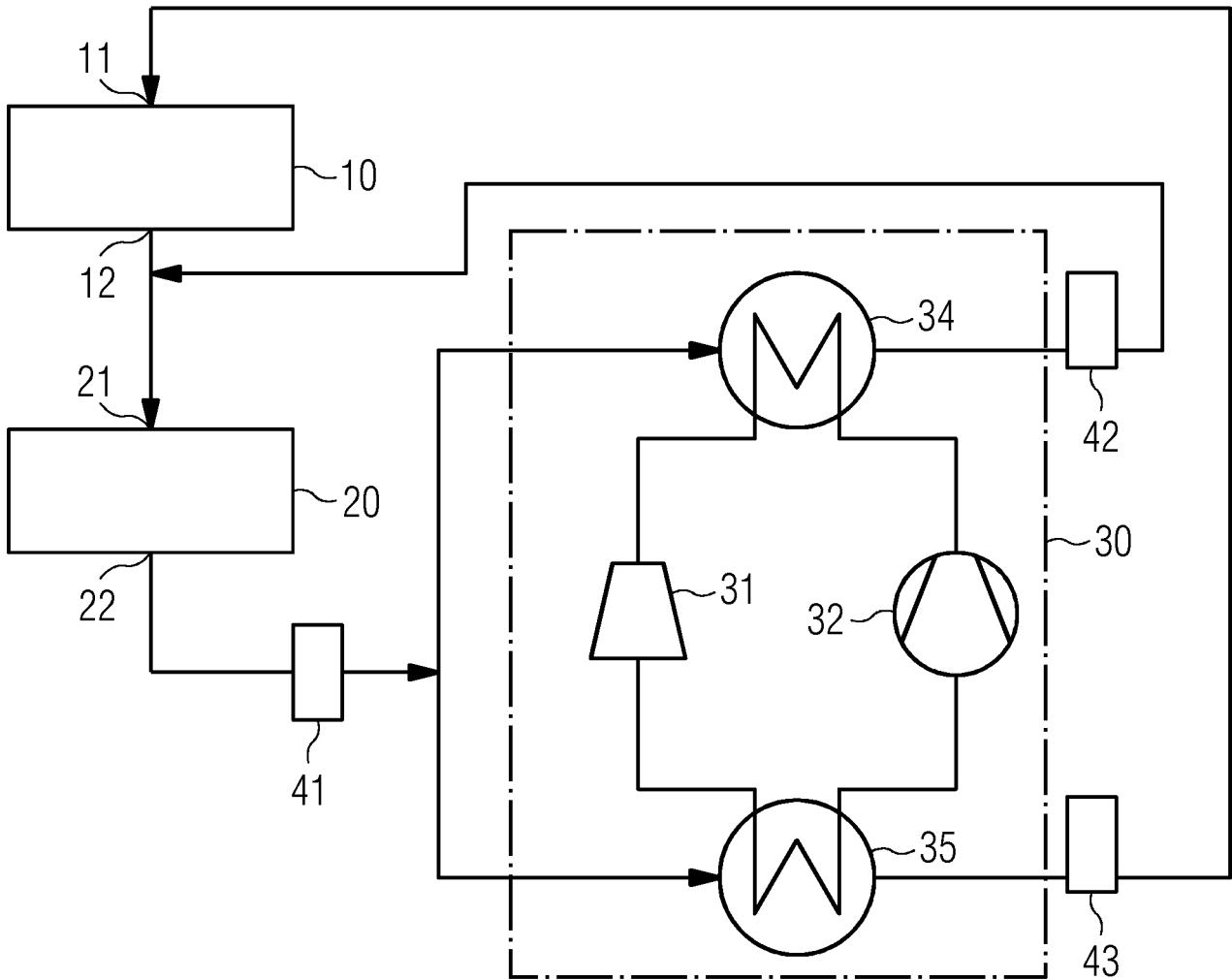


FIG 3

