



SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft  
Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum

(11) CH 705 028 A2

(51) Int. Cl.: F02G 5/00 (2006.01)  
F28D 20/00 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 00772/12

(22) Anmeldedatum: 24.05.2012

(43) Anmeldung veröffentlicht: 30.11.2012

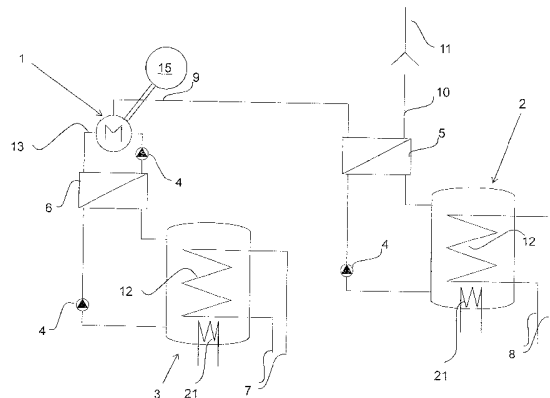
(30) Priorität: 27.05.2011  
DE 10 2011 103 333.9

(71) Anmelder:  
Vaillant GmbH, Riedstrasse 12  
8953 Dietikon (CH)

(72) Erfinder:  
Lars Heinen, 53123 Bonn (DE)  
Frank Salg, 42897 Remscheid (DE)  
Dr. Jan-Hinrich Sick, 42897 Remscheid (DE)  
Hans-Josef Spahn, 48703 Erkrath (DE)

(54) Anlage zur Kraft-Wärmekopplung mit kombinierten Wärmespeichern.

(57) Die Erfindung betrifft eine Anlage zur Kraft-Wärmekopplung mit kombinierten Wärmespeichern. Erfindungsgemäss ist ein Wärmespeicher (2) für ein hohes und ein Wärmespeicher (3) für ein niedriges Temperaturniveau vorgesehen.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Anlage zur Kraft-Wärmekopplung mit kombinierten Wärmespeichern.

**[0002]** Eine Anlage zur Kraft-Wärmekopplung (KWK-Anlage) dient der Gewinnung elektrischer Energie und der Gewinnung von Nutzwärme. Sie wird vorzugsweise am Ort oder in der Nähe der Nutzwärmesenke betrieben. Als Antrieb für den Stromerzeuger können zum Beispiel Verbrennungsmotoren, wie Diesel- oder Ottomotoren, Stirlingmotoren, Brennkraftturbinen, Dampfmaschinen oder Brennstoffzellen verwendet werden.

**[0003]** Der höhere Gesamtnutzungsgrad gegenüber der herkömmlichen Kombination von lokaler Heizung und zentralem Kraftwerk resultiert daraus, dass die Abwärme der Stromerzeugung direkt am Ort der Entstehung genutzt wird. Der Wirkungsgrad der Stromerzeugung liegt dabei typischerweise, abhängig von der Anlagengrösse, Bauart und Betriebsart, zwischen 15 % und 45 %. Durch die ortsnahe Nutzung der Abwärme wird die eingesetzte Primärenergie aber zu 80 % bis über 90 % genutzt. Im Vergleich zu zentralen Grosskraftwerken zur Gewinnung elektrischer Energie ohne Wärmenutzung können dezentrale Blockheizkraftwerke Primärenergie einsparen.

**[0004]** Anlagen zur Kraft-Wärmekopplung sind im Betrieb durch die technische Nutzbarkeit der jeweils über den Momentanbedarf hinaus erzeugten Wärme eingeschränkt. Deshalb besteht z.B. im Sommerbetrieb das Risiko, dass die gleichzeitig mit elektrischer Energie erzeugte Wärme als Abfallwärme ungenutzt rückgekühlt wird.

**[0005]** Es ist bekannt, mehr oder weniger grosse Warmwasserspeicher in das System zu integrieren, welche als Wärmepuffer variable Wärmelasten zugunsten eines optimalen Betriebs der Anlage zur Kraft-Wärmekopplung zu vergleichmässigen. Solche Wasserspeicher weisen jedoch häufig relativ grosse Verlustwärmeströme auf und eignen sich nur zum Speichern eines Wärmebedarfs für wenige Tage, sofern sie nicht ungewöhnlich gross ausgeführt werden. Der zur Verfügung stehende Einbauraum gestattet jedoch üblicherweise nicht den Aufbau sehr grosser Speicher.

**[0006]** Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Anlage zur Kraft-Wärmekopplung bereitzustellen, die auch in Betriebszeiten mit geringem Wärmebedarf zur Deckung des Bedarfs an elektrischer Energie genutzt werden kann und welche die vorgenannten Nachteile nicht aufweist.

**[0007]** Erfindungsgemäss wird die Anlage durch Einbindung eines Latentwärmespeichers im Form eines Sorptionsspeichers und/oder Speichers mit Phasenwechselmaterial (PCM-Speicher) oder einer Kombination verschiedener Speicherbauarten angepasster Kapazität ergänzt. Ein Sorptionsspeicher gestattet die praktisch verlustlose Pufferung latent gespeicherter Wärme über lange Zeiträume, weil er auch bei vollständigem Verlust des sensiblen Wärmeinhalts die gespeicherte latente Wärme behält. Ein PCM-Speicher gestattet die Erhöhung der Speicherdichte und des Wärmekomforts durch Temperaturstabilisierung, weil er im Temperaturbereich des Phasenwechsels seines Speichermaterials eine grosse Erhöhung seiner spezifischen Wärmekapazität aufweist. Ergänzend können Vorrichtungen verwendet werden, welche eine Nutzung des sensiblen Wärmeinhalts des Sorptionsspeichers gestatten, z.B. zur Brauchwassererwärmung, Brauchwasservorwärmung oder Erwärmung bzw. Vorwärmung eines Niedertemperatur-Heizsystems wie z.B. Fussbodenheizung. Weiterhin können die Speicher mit elektrischen Heizungen ausgestattet werden, um bei Verfügbarkeit überschüssiger Elektroenergie die Speicher nachzuladen.

**[0008]** Insgesamt lassen sich durch das System in Verbindung mit geeigneter Anlagenregelung Wirtschaftlichkeit und Komfort verbessern. Bei geeigneter Auslegung sind Systeme mit Saisonal Speichern herstellbar, welche einen optimierten Betrieb der Anlage zur Kraft-Wärmekopplung gestatten, ohne dass Zusatzaggregate wie Spitzenlastkessel erforderlich wären, und ohne dass besonderer Aufwand zur Ermöglichung von Leistungsmodulation des KWK-Systems erforderlich wäre. Gleichzeitig kann die Anlage auf diese Weise in minimaler Baugrösse und sehr kostengünstig konstruiert werden, weil sie ohne Erfordernis einer Leistungsmodulation für die durchschnittliche Last ausgelegt werden kann.

**[0009]** Die Erfindung wird anhand der Figuren detailliert erläutert.

**[0010]** Es stellen dar:

- Fig. 1: ein Prinzipschaltbild einer erfindungsgemässen Anlage aus Wärmekraftmaschine in Kombination mit Wärmespeichersystemen
- Fig. 2: ein Prinzipschaltbild einer erfindungsgemässen Anlage aus Wärmekraftmaschine in Kombination mit Wärmespeichersystemen und einem zusätzlichen Brennwert-Wärmetauscher.
- Fig. 3: ein Energieflussdiagramm der erfindungsgemässen Anlage zur Kraft-Wärmekopplung beim Aufladen des Sorptionsspeichers,
- Fig. 4: ein Energieflussdiagramm der erfindungsgemässen Anlage zur Kraft-Wärmekopplung beim Entladen des Sorptionsspeichers,
- Fig. 5: ein Energieflussdiagramm der erfindungsgemässen Anlage zur Kraft-Wärmekopplung beim elektrischen Aufladen des Sorptionsspeichers,

Fig. 6: ein Energieflussdiagramm der erfindungsgemässen Anlage zur Kraft-Wärmekopplung beim Entladen der Ladewärme des Sorptionsspeichers,

**[0011]** Fig. 1 illustriert den prinzipiellen Aufbau der erfindungsgemässen Anlage zur Kraft-Wärmekopplung mit kombinierten Wärmespeichern. Eine Kraftmaschine 1 liefert mechanische Energie, die zum Antrieb eines Generators 15 verwendet wird, der Strom für den häuslichen Verbrauch oder zur Einspeisung ins Stromnetz liefert. Erfindungsgemäss kann anstelle der Kraftmaschine 1 und des Generators 15 auch eine Brennstoffzelle zum Einsatz kommen. Die dabei anfallende Wärme für Heizzwecke verwendet. Die gleichzeitige Nutzung von Kraft und Wärme wird als Kraft-Wärme-Kopplung bezeichnet. In Fig. 1 ist die Funktion der Kraftmaschine 1 ausschliesslich als Wärmequelle dargestellt. Für die Stromerzeugung wird auf den Stand der Technik verwiesen. Bei der Kraftmaschine kann es sich zum Beispiel um eine Kraftmaschine handeln, die auf dem Otto-, Diesel-, Dampf-, Stirling-, Ericsson- oder Joule-Verfahren basiert. Die Kraftmaschine 1 liefert Wärme auf mindestens zwei verschiedenen Temperaturniveaus, z.B. einen Kühlwasserstrom von 80 °C und einen Abgasstrom mit einer Temperatur im Bereich von 300 bis 600 °C. Die Wärmeströme werden mittels einer Leitung für Hochtemperatur-Wärmestrom 9, eines Hochtemperatur-Wärmetauschers 5 sowie daran anschliessend einer Leitung für kaltes Abgas 10 und einem Schornstein 11, sowie mittels einer Leitung für Niedertemperatur-Medienstrom 13 und eines Niedertemperatur-Wärmetauschers 6 unter Zuhilfenahme zirkulierender Wärmeträgerkreise mit Pumpen 4 auf Speichermedien in dem Hochtemperatur-Wärmespeichersystem 2 und dem Niedertemperatur-Wärmespeichersystem 3 übertragen.

**[0012]** Das Hochtemperatur-Wärmespeichersystem 2 und das Niedertemperatur-Wärmespeichersystem 3 weisen jeweils Wärmetauscher 12 auf, mit denen die Wärme ausgekoppelt werden kann und mittels Anschlüssen 8 einem Wärmeträgerkreislauf zur Mitteltemperatur-Wärmesenke, beispielsweise einem Brauchwassererwärmungssystem, oder mittels Anschlüssen 7 einem Wärmeträgerkreislauf zur Niedertemperatur-Wärmesenke, beispielsweise einem Niedertemperatur-Heizungssystem, zugeführt wird. Darüber hinaus ist das Hochtemperatur-Wärmespeichersystem 2 durch eine elektrische Heizung 21 zusätzlich beheizbar, um beispielsweise in Zeiten mit geringen Strompreisen die preiswerte elektrische Energie zu nutzen. Erfindungsgemäss trifft dies alternativ oder zusätzlich auch auf das Niedertemperatur-Wärmespeichersystem 3 zu.

**[0013]** Erfindungsgemäss sind auch weitere Wärmespeichersysteme für zusätzliche Speicher-Temperaturstufen enthalten. Das Hochtemperatur-Wärmespeichersystem 2 ist zweckmässigerweise als Latentwärmespeicher ausgeführt, um eine hohe Speicherdichte bei beschränkter Maximaltemperatur zu erreichen. Dies kann ein Sorptionsspeicher sein, z.B. mit einem Zeolithen, der bei einer Temperatur von 150 bis 300 °C getrocknet wird. Weitere Wärmespeichermedien sind beispielsweise Salzschnmelze oder Metallschnmelze. Der Restwärmestrom, welcher mit dem Wärmeträger (Abgas) aus dem Hochtemperatur-Wärmespeichersystem fortgeführt wird, sollte zweckmässig durch einen hier nicht dargestellten Wärmetauscher auf ein Niedertemperatur-Nutzwärmesystem übertragen werden, um auch diesen Energieanteil zu nutzen. Weiterhin wird der Niedertemperatur-Wärmestrom, zum Beispiel der Kühlwasserstrom der Kraftmaschine zur Erwärmung eines Niedertemperatur-Wärmespeichersystems 3 genutzt. Das Wärmespeichersystem 3 ist z.B. mit Phasenwechselmaterial, insbesondere Paraffinschnmelze oder Salzhydratschnmelze ausgeführt, welches bei einer für die optimale Energieausnutzung in Verbindung mit den Temperaturniveaus der Wärmequelle, beispielsweise der Kühlwasserstrom, und der Wärmesenke, beispielsweise der Gebäudeheizung, Phasenwechseltemperatur betrieben wird. Diese Temperatur liegt z.B. bei ca. 25 °C für ein Niedertemperatur-Heizungssystem oder bei ca. 60 °C oder 80 °C für ein Brauchwassererwärmungssystem. Es ist ebenfalls erfindungsgemäss eingeschlossen, auch mehrere separate Hochtemperaturwärmespeicher 2 und/oder Niedertemperaturwärmespeicher 3 auf verschiedenen Temperaturniveaus zu betreiben, um eine dem Wärmebedarf auf den verschiedenen Nutz- und Speichertemperaturniveaus gemässe Aufteilung der Wärmemengen zu erzielen. Weiterhin ist es auch erfindungsgemäss eingeschlossen, z.B. durch geeignete bauliche Anordnung, beispielsweise nach dem Matrjoschka-Prinzip aufgebaute einander umfangender Speichersystem oder durch Schichtenspeicher die sensiblen Verlustwärmeströme der jeweils wärmeren Speicher zur Erhaltung und Nachladung der bei jeweils niedrigerer Temperatur betriebenen Wärmespeicher zu verwenden. Die Dimensionierung der Speicherkapazitäten und Wärmetauscherflächen auf den technisch sinnvollen Temperaturniveaus kann zweckmässig auf Grundlagen einer Pinch-Analyse des Systems gekoppelter Wärmequellen und Wärmesenken erfolgen.

**[0014]** Fig. 2 zeigt den prinzipiellen Aufbau aus Fig. 1, ergänzt um einen mit der Leitung für kaltes Abgas 10 verbundenen Wärmetauscher 14 zur Restwärmenutzung aus dem Abgas des Hochtemperatur-Wärmetauschers 5. Die Verwendung der Restwärme aus dem Abgas dient hier der Vorwärmung des Rücklaufs von der Niedertemperatur-Wärmesenke zum Niedertemperatur-Wärmespeicher 3. Zu diesem Zweck wird der zusätzliche Wärmetauscher 14 in den Wärmeträgerkreislauf des Niedertemperatur-Wärmeverteilsystems 7 eingekoppelt, bevor das weitmöglich abgekühlte Abgas in den Schornstein 11 entlassen wird. Alternativ kann die Abgaskühlung auch an einer anderen, möglichst kalten Nutzwärmesenke erfolgen. Dadurch wird eine Brennwertnutzung erreicht.

**[0015]** Fig. 3 stellt ein Energieflussdiagramm bzw. ein Leistungsflussdiagramm der erfindungsgemässen Anlage zur Kraft-Wärmekopplung aus Fig. 1 oder 2 beim Aufladen des Hochtemperatur-Wärmespeichersystems 2 und/oder des Niedertemperatur-Wärmespeichersystems 3 dar. Die Funktion der Anlage zur Kraft-Wärmekopplung wird zunächst anhand des Energieflusses beschrieben. Die Kraftmaschine 1 mit angekoppeltem Generator 15 oder eine Brennstoffzelle wandelt die im Brennstoff gespeicherte Energie 100 um in elektrische Energie 103 und in Wärmeenergie 102 um. Die elektrische Energie 103 wird an ein hier nicht dargestelltes elektrisches Netz abgegeben. Durch Verlustwärme der Kraftmaschine 1

(heisses Abgas 9 in Fig. 1, Wärme aus Rückkühlung eines Kühlwasserkreises 131 und des Ölkreislaufs 132, katalytische Nachverbrennung unverbrannten Brennstoffs, Abwärmeströme aus Wärmetauschern zur Auskopplung von Hochtemperatur-Wärme) und der Hilfsaggregate, wie beispielsweise einer Umwälzpumpe 4 fällt Wärme an, die nach dem Stand der Technik direkt für Heizzwecke genutzt werden soll. Die Abkühlung von Wärmeströmen mit hohem Temperaturniveau auf Wärmeströme mit niedrigem Temperaturniveau bewirkt jedoch eine Verminderung der Effizienz, weil ein erheblicher Teil der Exergie ungenutzt bleibt. Erfindungsgemäss ist ein Niedertemperatur-Wärmespeichersystem 3 vorgesehen, das eine Vergleichsmässigung der Temperaturniveaus im Bereich seiner auslegungsgemässen Betriebstemperatur bewirkt. Das Niedertemperatur-Wärmespeichersystem 3 wird von verschiedenen Wärmeströmen 112 aus verschiedenen Wärmequellen 15, 4, 13, 131, 132, 5 gespeist. Erfindungsgemäss ist ebenfalls ein Hochtemperatur-Wärmespeichersystem 2 vorgesehen, der von einem Wärmestrom 122 auf hohem Temperaturniveau von einer Wärmequelle 5 gespeist wird, welche Wärme auf relativ niedrigem Temperaturniveau liefern. So kann beispielsweise Abgaswärme über einen Abgaswärmetauscher 5 genutzt werden, um Energie im Hochtemperatur-Wärmespeichersystem 2 einzulagern. Abhängig vom verwendeten Material können dies zum Beispiel Temperaturen von 80 °C, 150 °C oder 300 °C sein. Beispielsweise wird bei einem Zeolith-Sorptionswärmespeicher das vom Zeolith gebundene Wasser in dieser Phase aus dem Zeolith ausgetrieben. Der Vorteil ist, dass nach dem Aufladen des Sorptionswärmespeichers die latent gespeicherte Wärme ohne Wärmeverluste beliebig lange gespeichert werden kann, sofern der erneute Zutritt von Feuchtigkeit durch geeignete Massnahmen verhindert wird.

**[0016]** Fig. 4 stellt das in Fig. 3 dargestellte Energieflussdiagramm für den Betriebszustand dar, in dem das Hochtemperatur-Wärmespeichersystem 2 entladen wird. Beispielsweise beim

**[0017]** Zeolith-Sorptionswärmespeicher erfolgt dies durch Zuführen von Wasser. Die während dem in Fig. 3 dargestellten Betriebszustand eingelagerte Energie wird nun wieder genutzt und beispielsweise einem Heizkreislauf zugeführt oder für Brauchwassererwärmung genutzt.

**[0018]** Fig. 5 stellt eine Option des Hochtemperatur-Wärmespeichersystems 2 dar, der durch eine elektrische Heizung 12 beheizbar ist. Dies ist beispielsweise dann wirtschaftlich sinnvoll, wenn über eine Strombörse elektrische Energie vorübergehend sehr günstig zur Verfügung steht.

**[0019]** In Fig. 6 wird zusätzlich der sensible Anteil der Ladewärme des als Sorptionswärmespeicher ausgeführten Hochtemperatur-Wärmespeichersystem 2 genutzt. So ist der Sorptionswärmespeicher beispielsweise beim Aufladen erhitzt. Die durch den Desorptionsvorgang latent eingelagerte Wärme bleibt auch beim Abkühlen des Speichers erhalten, während die sensible Wärme mehr oder weniger schnell abfliessen kann. Dieser Abfluss sensibler Wärme hängt z.B. von der Ausführung der Wärmedämmung des Speichers ab. Der nur kurz- bis mittelfristig verfügbare Anteil sensibler Wärme des mit Vorteil als Langzeitspeicher einsetzbaren Latentwärmespeichersystems wird hier ebenfalls genutzt.

### Bezugszeichenliste

#### [0020]

- 1 Kraftmaschine
- 2 Hochtemperatur-Wärmespeichersystem
- 3 Niedertemperatur-Wärmespeichersystem
- 4 Zirkulationspumpe
- 5 Hochtemperatur-Wärmetauscher
- 6 Niedertemperatur-Wärmetauscher
- 7 Anschlüsse für Wärmeträgerkreislauf an Niedertemperatur-Wärmesenke
- 8 Anschlüsse für Wärmeträgerkreislauf an Mitteltemperatur-Wärmesenke
- 9 Leitung für Hochtemperatur-Wärmestrom
- 10 Leitung für kaltes Abgas
- 11 Schornstein
- 12 Wärmetauscher
- 13 Leitung für Niedertemperatur-Medienstrom
- 14 Wärmetauscher
- 15 Generator

- 21 Elektrische Heizung
- 100 Energie im Treibstoff
- 101 Mechanische Energie
- 102 Wärme
- 103 Elektrische Energie
- 104 Verlustenergie
- 112 Wärme
- 113 Elektrische Energie
- 122 Wärme
- 131 Motorkühlung
- 132 Motorölkühler

#### Patentansprüche

1. Anlage zur Kraft-Wärmekopplung, umfassend einen Stromerzeuger (1, 15) und zumindest ein Wärmespeichersystem (2, 3) zum Speichern und Bereitstellen von bei der Stromerzeugung anfallender Wärmeenergie, dadurch gekennzeichnet, dass der Stromerzeuger (1, 15) Wärme auf verschiedenen Temperaturniveaus liefert, und dass die Anlage zur Kraft-Wärmekopplung mindestens ein Hochtemperatur-Wärmespeichersystem (2) zum Speichern von Wärme auf hohem Temperaturniveau und mindestens ein Niedertemperatur-Wärmespeichersystem (3) zum Speichern von Wärme auf niedrigem Temperaturniveau umfasst.
2. Anlage zur Kraft-Wärmekopplung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eines der Wärmespeichersysteme (2, 3) ein Latentwärmespeicher ist.
3. Anlage zur Kraft-Wärmekopplung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einer der Latentwärmespeicher (2, 3) ein Sorptionsspeicher, bevorzugt auf der Basis von Zeolith oder Salzhydrat ist.
4. Anlage zur Kraft-Wärmekopplung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einer der Latentwärmespeicher (2, 3) ein Phasen-Wechselspeicher, bevorzugt auf der Basis von Paraffinschmelze, Salzschmelze, Salzhydratschmelze oder Metallschmelze ist.
5. Anlage zur Kraft-Wärmekopplung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Hochtemperatur-Wärmespeichersystem ein Sorptionsspeicher und dass das Niedertemperatur-Wärmespeichersystem ein Phasenwechselspeicher ist.
6. Anlage zur Kraft-Wärmekopplung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmespeichersysteme (2, 3) getrennt aufgebaut sind.
7. Anlage zur Kraft-Wärmekopplung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmespeichersysteme (2, 3) so aufgebaut sind, dass sie thermisch in der Art miteinander verbunden sind, dass die Verlustwärme des Wärmespeichersystems (2) mit höherem Temperaturniveau als Nutzwärme vom Wärmespeichersystems (3) mit niedrigerem Temperaturniveau genutzt werden kann, bevorzugt nach dem Matroschka-Prinzip aufgebaut sind, wobei das Wärmespeichersysteme (2) mit höherem Temperaturniveau innerhalb des Wärmespeichersysteme (3) mit niedrigerem Temperaturniveau angeordnet ist.
8. Anlage zur Kraft-Wärmekopplung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eines der Wärmespeichersysteme (2, 3) mit einer elektrischen Heizung (21) beheizbar ist.
9. Anlage zur Kraft-Wärmekopplung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Stromerzeuger eine Kraftmaschine (1) und einen mechanisch mit der Kraftmaschine (1) gekoppelten Generator(15) umfasst.
10. Anlage zur Kraft-Wärmekopplung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Stromerzeuger eine Brennstoffzelle umfasst.

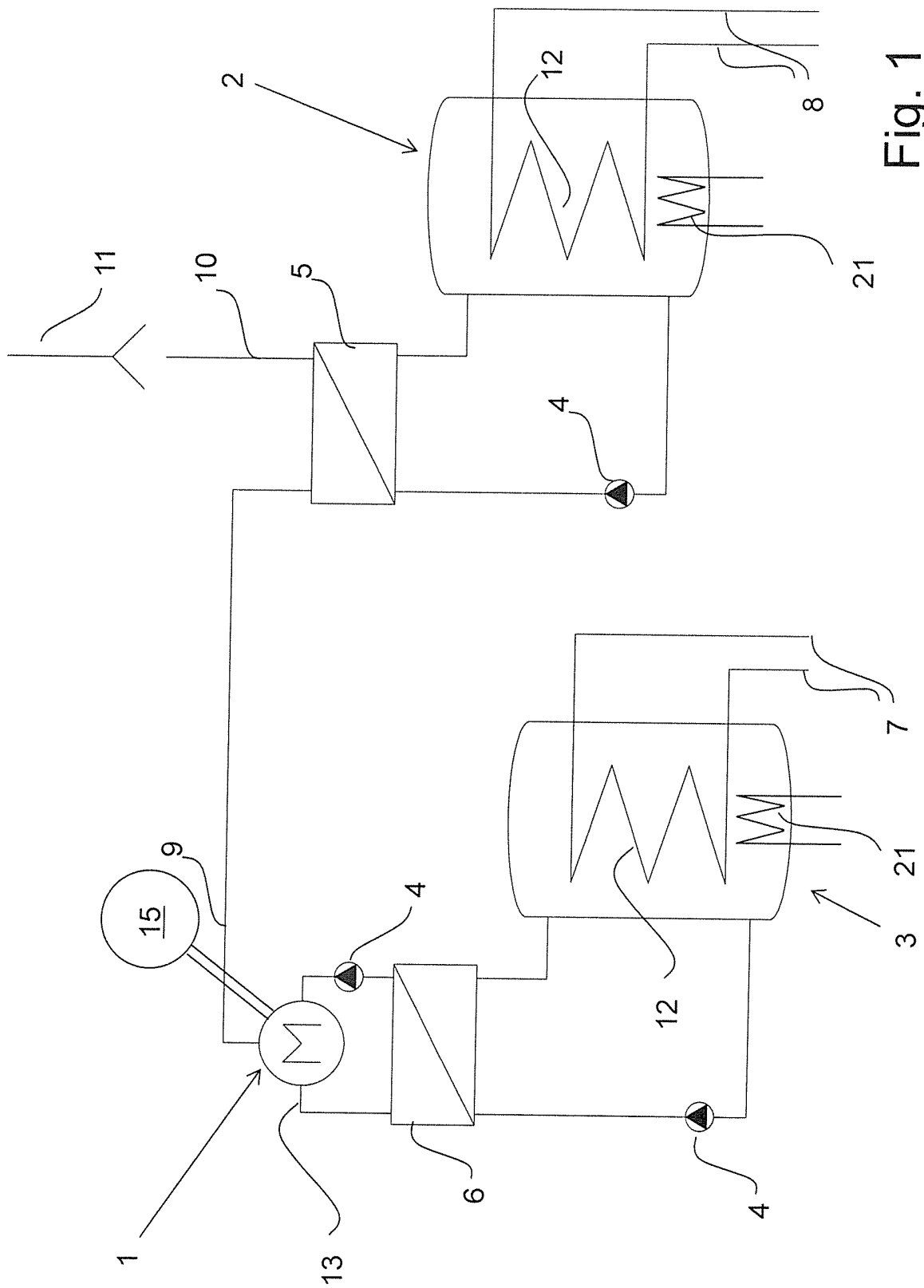


Fig. 1



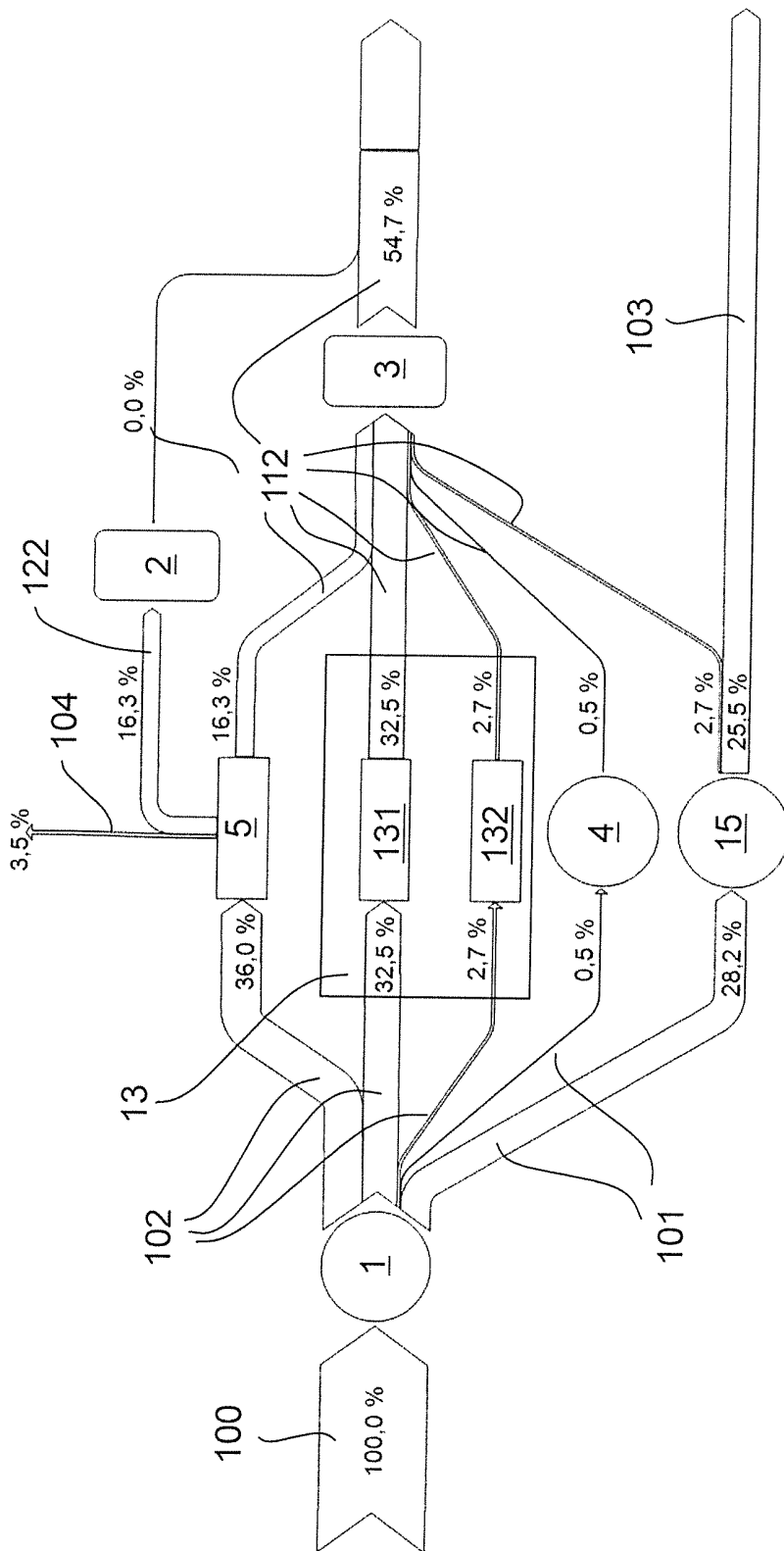


Fig. 3

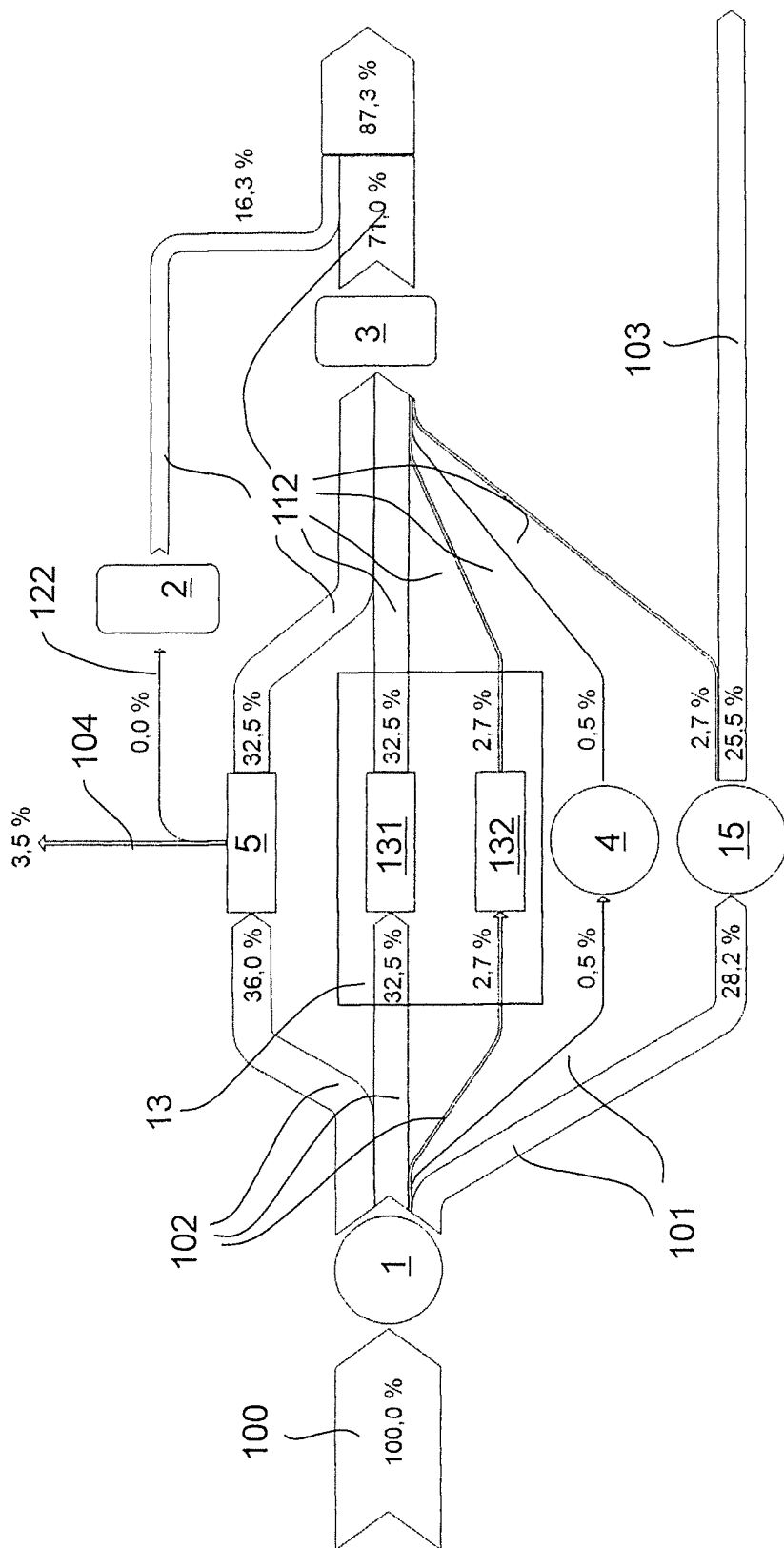


Fig. 4

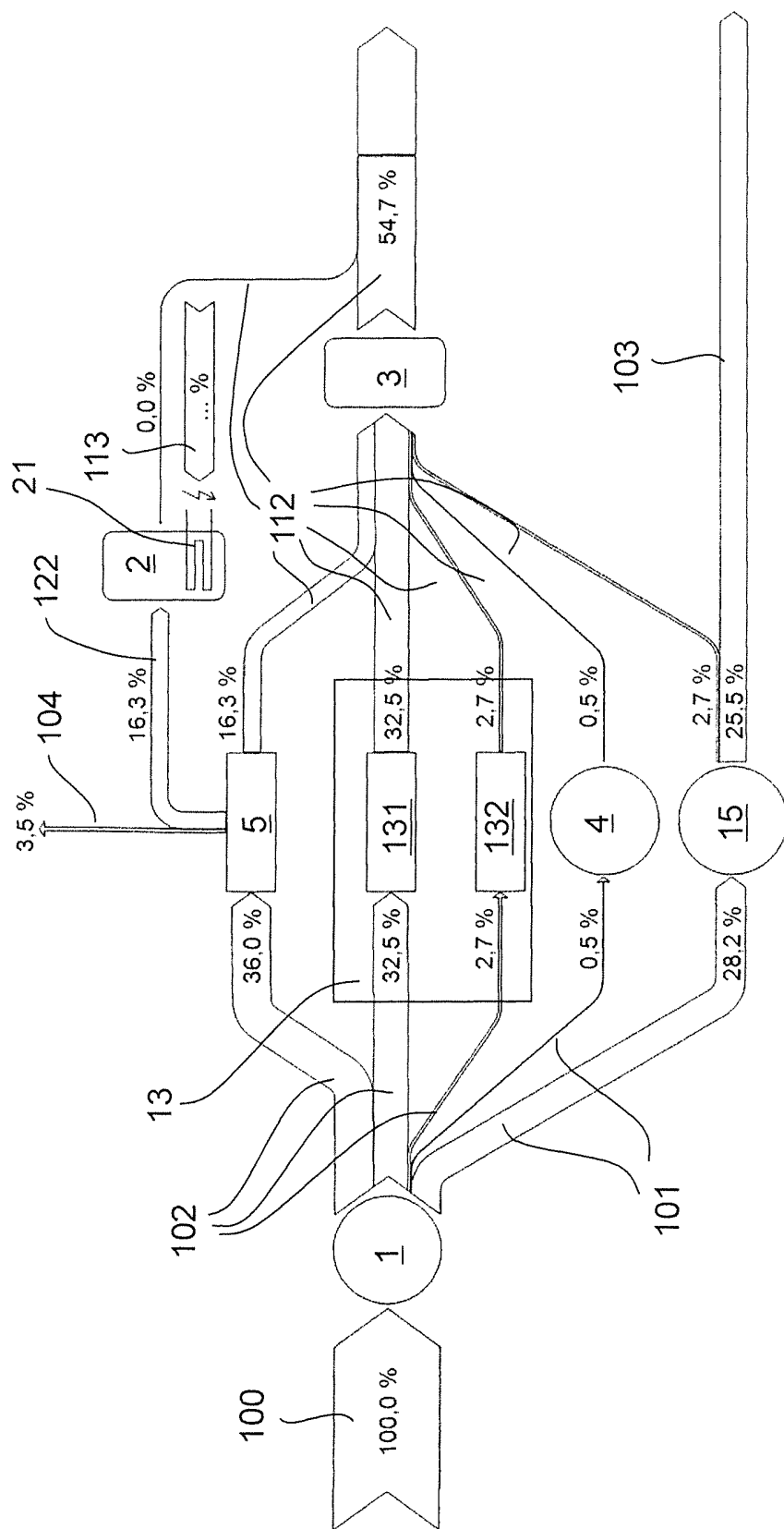


Fig. 5

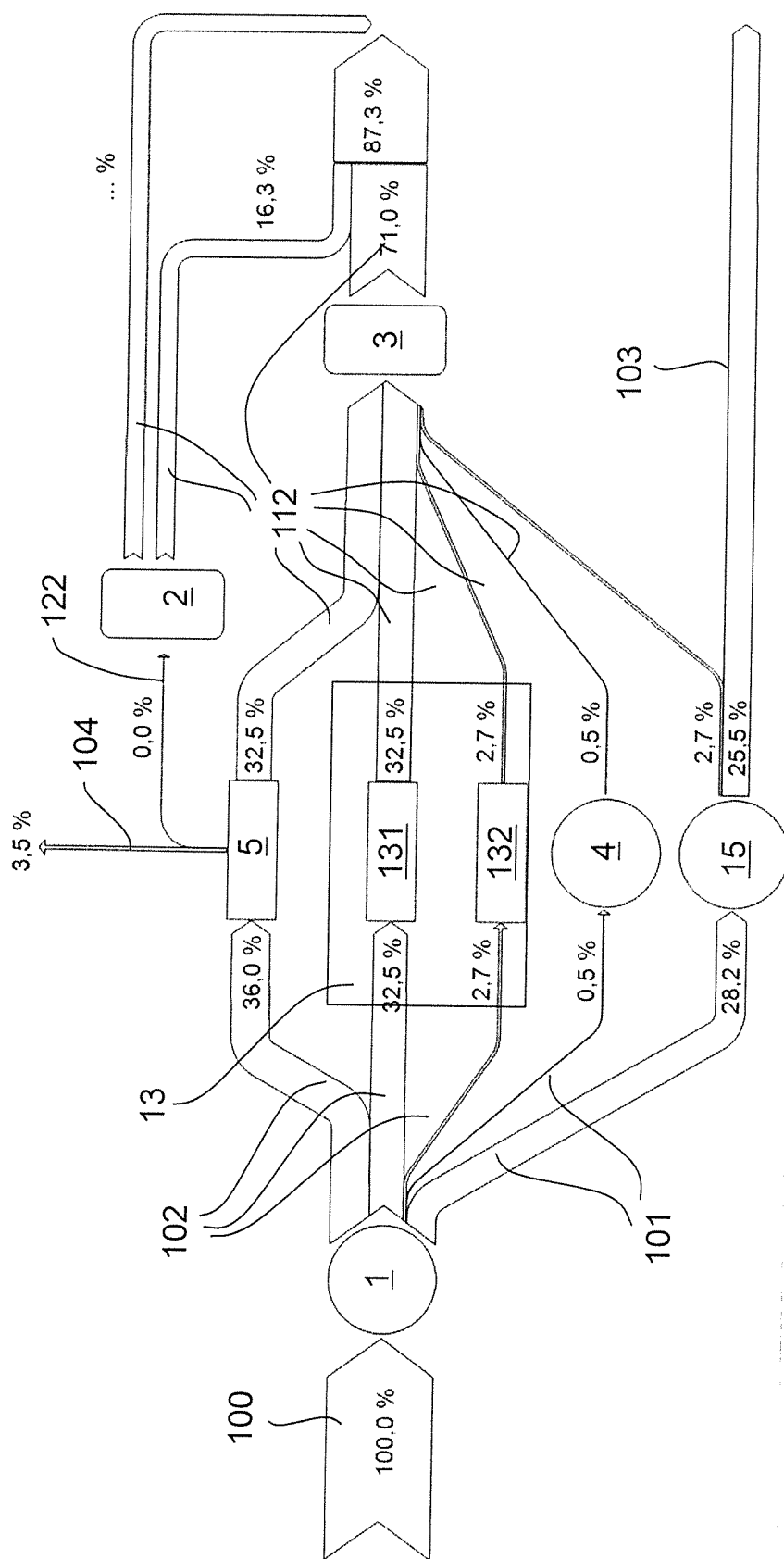


Fig. 6