

(19)



(11)

EP 3 567 226 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
13.11.2019 Patentblatt 2019/46

(51) Int Cl.:
F01K 13/02 ^(2006.01) **F01K 3/12** ^(2006.01)
F22B 1/00 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19171982.2**

(22) Anmeldetag: **30.04.2019**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
 GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
 PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
 Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
 Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **Deutsches Zentrum für Luft- und
 Raumfahrt e.V.**
51147 Köln (DE)

(72) Erfinder: **Krüger, Michael**
71229 Leonberg (DE)

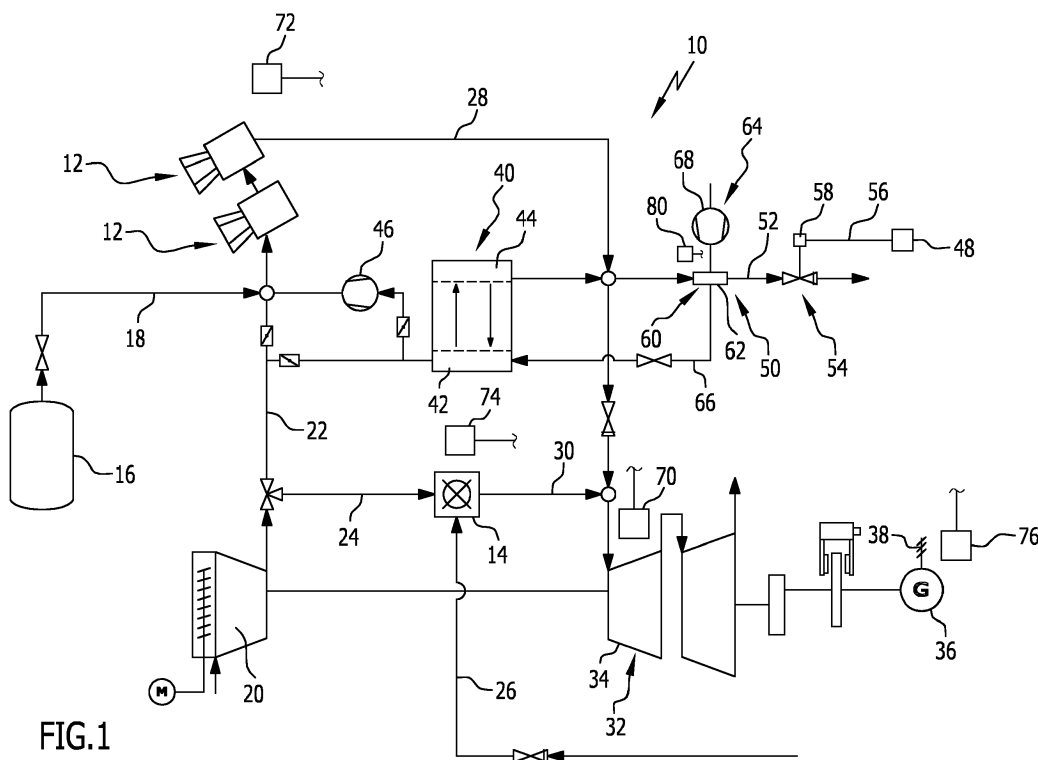
(74) Vertreter: **Hoeger, Stellrecht & Partner**
Patentanwälte mbB
Uhlandstrasse 14c
70182 Stuttgart (DE)

(30) Priorität: **03.05.2018 DE 102018110649**

(54) ENTLASTUNGSVORRICHTUNG FÜR EIN KRAFTWERK

(57) Die Erfindung betrifft eine Entlastungsvorrichtung für ein Kraftwerk, bei dem ein fluidisches Wärmeträgermedium über eine Fluidleitung (28) einem Funktionsaggregat (32) zugeführt wird, welche Entlastungsvorrichtung (50) dem Funktionsaggregat (32) vorgelagert eine von der Fluidleitung (28) abzweigende Entlastungsleitung (52) umfasst, in die eine Absperrreinrichtung (54) zum Sperren und Freigeben der Entlastungsleitung (52)

geschaltet ist, sowie eine vor die Absperrreinrichtung (54) in die Entlastungsleitung (52) geschaltete, vom Wärmeträgermedium bei freigegebener Entlastungsleitung (52) durchströmbare thermische Speichereinrichtung (60) zur Aufnahme von Wärme vom Wärmeträgermedium. Außerdem betrifft die Erfindung ein Kraftwerk und eine Verwendung.

**FIG.1****EP 3 567 226 A1**

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Entlastungsvorrichtung für ein Kraftwerk, bei dem ein fluidisches Wärmeträgermedium über eine Fluidleitung einem Funktionsaggregat zugeführt wird.

[0002] Außerdem betrifft die vorliegende Erfindung ein Kraftwerk, zum Beispiel ein solar-hybrides Kraftwerk oder ein adiabatisches Druckluftspeicherkraftwerk, das eine Fluidleitung und ein Funktionsaggregat umfasst, wobei dem Funktionsaggregat über die Fluidleitung ein fluidisches Wärmeträgermedium zugeführt wird.

[0003] Außerdem betrifft die vorliegende Erfindung eine Verwendung.

[0004] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Entlastungsvorrichtung für ein Kraftwerk und ein Kraftwerk bereitzustellen, bei der die Betriebssicherheit nach Möglichkeit auf kostengünstige Weise gesteigert werden kann.

[0005] Diese Aufgabe wird durch eine erfindungsgemäße Entlastungsvorrichtung für ein Kraftwerk gelöst, bei dem ein fluidisches Wärmeträgermedium über eine Fluidleitung einem Funktionsaggregat zugeführt wird, welche Entlastungsvorrichtung dem Funktionsaggregat vorgelagert eine von der Fluidleitung abzweigende Entlastungsleitung umfasst, in die eine Absperreinrichtung zum Sperren und Freigeben der Entlastungsleitung geschaltet ist, sowie eine vor die Absperreinrichtung in die Entlastungsleitung geschaltete, vom Wärmeträgermedium bei freigegebener Entlastungsleitung durchströmbare thermische Speichereinrichtung zur Aufnahme von Wärme vom Wärmeträgermedium.

[0006] Die erfindungsgemäße Entlastungsvorrichtung kann bei einem Kraftwerk der vorstehend genannten Art zum Schutz des Funktionsaggregates zum Einsatz kommen. Bei dem Funktionsaggregat handelt es sich insbesondere um eine Komponente in einem Energieumwandlungsprozess des Kraftwerkes, die in einem Störfall vor zu hohem thermischen und/oder kinetischen Energieeintrag durch das fluidische Wärmeträgermedium zu schützen ist. Beispiele für Funktionsaggregate sind Turbinen, Wärmetauscher und Kolonnen. Gemäß der Erfindung weist die Entlastungsvorrichtung die Entlastungsleitung mit der Absperreinrichtung sowie die thermische Speichereinrichtung auf. Bei Freigabe der Entlastungsleitung, beispielsweise aufgrund eines Störfalls, kann das fluidische und insbesondere gasförmige Wärmeträgermedium durch die Entlastungsleitung strömen, wodurch das sensible Funktionsaggregat geschützt werden kann. Durch Vorsehen der Speichereinrichtung können die Anforderungen an die Konstruktion der Entlastungsleitung und der Absperreinrichtung erheblich reduziert werden. Die Wärme kann vom energiegeladenen Wärmeträgermedium an die Speichereinrichtung abgegeben werden. Dies bietet vorteilhafterweise die Möglichkeit, eine Fertigung der Entlastungsleitung und/oder der Absperreinrichtung durch kostenintensive hochwarmfeste Edelmetalle (Inox o. ä.), wie sie in Abwesenheit der Spei-

chereinrichtung erforderlich sind, zu vermeiden. Darüber hinaus wird das Ablassen des Fluidmassenstroms über die Entlastungsleitung infolge des Durchgangs durch die Speichereinrichtung verlangsamt. Es wird Zeit gewonnen, gegebenenfalls Gegenmaßnahmen gegen den Störfall zu ergreifen.

[0007] Als vorteilhaft erweist sich beispielsweise eine Temperaturbeständigkeit der Speichereinrichtung von mehr als 500°C, vorzugsweise von mehr als 1000°C.

[0008] Die Druckbeständigkeit der Speichereinrichtung beträgt vorteilhafterweise mehr als 10 bar, vorzugsweise mehr als 25 bar.

[0009] Die Energiespeicherdichte der Speichereinrichtung kann beispielsweise ungefähr 10 bis 150 kWh/m³ oder mehr betragen.

[0010] Gasförmige Wärmeträgermedien weisen den Vorteil auf, dass diese einfach handhabbar sind und die Prozesstemperaturen sehr hoch sein können. Nachteilig können jedoch schlechtere Wärmeübergangskoeffizienten als bei flüssigen Wärmeträgermedien sein. Für eine bevorzugte Wärmeübertragung vom gasförmigen Wärmeträgermedium auf die Speichereinrichtung sind große wärmeübertragende Flächen von Vorteil.

[0011] Dementsprechend ist es günstig, wenn die Speichereinrichtung Durchgänge für das Wärmeträgermedium umfasst und von diesem im Direktkontakt durchströmbare ist. Auf diese Weise kann Wärme wirkungsvoll auf die Speichereinrichtung übertragen werden. Die Durchgänge sind beispielsweise intrinsische Durchgänge der Speichereinrichtung, beispielsweise aufgrund einer porösen oder schwammartigen Struktur. Alternativ oder ergänzend können die Durchgänge als Kanäle in der Speichereinrichtung gebildet sein. Die Kanäle können mit oder ohne Rohrregister gebildet sein.

[0012] Eine feuerfeste und im Wesentlichen inerte Ausgestaltung der Speichereinrichtung ist von Vorteil.

[0013] Günstig ist es, wenn die Speichereinrichtung ein Regeneratorspeicher ist oder einen solchen umfasst. Dieser wird vorzugsweise in Direktkontakt vom Wärmeträgermedium durchströmt. Der Einsatz des Regeneratorspeichers erlaubt eine kostengünstige und ebenso technisch einfache wie zuverlässige Konstruktion der Entlastungsvorrichtung. Beim Regeneratorspeicher kann beispielsweise Naturstein wie etwa Basalt oder ein Keramikmaterial zum Einsatz kommen. Denkbar ist der Einsatz eines vergleichsweise kostengünstigen Schwarzstahlbehälters, der mit einer Schüttung, zum Beispiel aus Basalt, befüllt ist. Ein derartiger Regeneratorspeicher ist sehr robust, nahezu wartungsfrei und kostengünstig herstellbar.

[0014] Es kann vorgesehen sein, dass die Speichereinrichtung ein Feststoffspeicher oder ein Schüttgutspeicher ist oder einen solchen umfasst. Der Feststoffspeicher kann zum Beispiel eine intrinsische oder künstlich gebildete Porosität oder Kanalstruktur aufweisen, wodurch der Feststoffspeicher in Direktkontakt vom Wärmeträgermedium durchströmbare ist. Durchgänge zwischen der Schüttung können vom Wärmeträgermedium

im Direktkontakt mit dem Schüttgut durchströmt werden.

[0015] Bevorzugt ist eine Fertigung der Absperreinrichtung, zumindest teilweise, aus Schwarzstahl, wodurch eine kostengünstige Herstellung der Entlastungsvorrichtung möglich ist. Auch die Entlastungsleitung kann, zumindest teilweise, aus Schwarzstahl gefertigt sein.

[0016] Zum Abkühlen der Speichereinrichtung kann vorgesehen sein, dass die Speichereinrichtung passiv entladbar ist. Die vom Wärmeträgermedium aufgenommene Wärme kann ohne aktive Kühlung abgegeben werden.

[0017] Alternativ oder ergänzend kann vorgesehen sein, dass die Entlastungsvorrichtung eine Kühleinrichtung umfasst mit einer Kühleitung und einem Förderaggregat, wobei der Speichereinrichtung ein Kühlfluid durch die Kühleitung zuführbar ist, zum Aufnehmen von Wärme von der Speichereinrichtung. Über die Kühleinrichtung kann der Speichereinrichtung gezielt Wärme entzogen werden. Die Wärme kann beispielsweise dem ursprünglichen Kraftwerksprozess oder einem andersartigen Prozess gezielt zugeführt werden.

[0018] Beispielsweise ist die Kühleitung mit einer thermischen Speichereinrichtung oder einem Wärmetauscher des Kraftwerks zum Abgeben von Wärme gekoppelt oder koppelbar. Die Wärme kann zum Laden der weiteren Speichereinrichtung eingesetzt werden. Alternativ kann die Wärme über den Wärmetauscher einem Prozess des Kraftwerks zugeführt werden.

[0019] Das Freigeben der Entlastungsleitung kann abrupt oder gezielt erfolgen. Im ersten Fall besteht zum Beispiel die Möglichkeit, dass die Absperreinrichtung bei zu hoher Temperatur und/oder zu hohem Druck des Wärmeträgermediums öffnet. Im letzteren Fall kann das gezielte Öffnen und/oder Sperren der Entlastungsleitung vorzugsweise dadurch erfolgen, dass die Entlastungsvorrichtung eine Steuereinrichtung umfasst, die mit einem Antriebsorgan der Absperreinrichtung gekoppelt ist, und mindestens ein mit der Steuereinrichtung gekoppeltes Sensorelement, abhängig von dessen Signal das Antriebsorgan zum Freigeben und/oder Sperren der Entlastungsleitung ansteuerbar ist.

[0020] Mit dem mindestens einen Sensorelement kann beispielsweise eine Temperatur des Wärmeträgermediums am Funktionsaggregat erfassbar sein. Bei überhöhter Temperatur des Wärmeträgermediums kann die Steuereinrichtung das Antriebsorgan zum Freigeben der Entlastungsleitung ansteuern.

[0021] In entsprechender Weise kann mit dem mindestens einen Sensorelement ein Druck des Wärmeträgermediums am Funktionsaggregat erfassbar sein. Bei übermäßigem Druck kann die Steuereinrichtung das Antriebsorgan zum Freigeben der Entlastungsleitung ansteuern.

[0022] In entsprechender Weise kann mit dem mindestens einen Sensorelement ein Volumenstrom des Wärmeträgermediums am Funktionsaggregat erfassbar sein. Bei übermäßigem Volumenstrom kann die Steuer-

einrichtung das Antriebsorgan zum Freigeben der Entlastungsleitung ansteuern.

[0023] Bei Ausgestaltung des Funktionsaggregates als Turbine, insbesondere als Gasturbine, kann vorgesehen sein, dass deren Drehzahl mit dem mindestens einen Sensorelement erfassbar ist. Bei zu hoher Drehzahl, beispielsweise aufgrund eines Lastabwurfes bei einer Netzstörung, kann die Steuereinrichtung das Antriebsorgan zum Freigeben der Entlastungsleitung ansteuern.

[0024] Die eingangs genannte Aufgabe wird durch ein erfindungsgemäßes Kraftwerk gelöst, das eine Fluidleitung umfasst, über die ein fluidisches Wärmeträgermedium einem Funktionsaggregat zugeführt wird, sowie eine Entlastungsvorrichtung der voranstehend beschriebenen Art.

[0025] Die Vorteile, die bereits im Zusammenhang mit der Erläuterung der erfindungsgemäßen Entlastungsvorrichtung erwähnt wurden, sind mit dem Kraftwerk ebenfalls erzielbar. Diesbezüglich wird auf die voranstehenden Ausführungen verwiesen.

[0026] Vorteilhafte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Kraftwerks ergeben sich durch vorteilhafte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Entlastungsvorrichtung.

[0027] Das Kraftwerk kann beispielsweise ein solarhybrides Kraftwerk sein, wobei das Funktionsaggregat eine Gasturbine ist. Bei einer andersartigen Ausführungsform kann das Kraftwerk ein adiabatisches Druckluftspeicherkraftwerk sein, wobei das Funktionsaggregat eine Expansionsturbine ist.

[0028] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auch auf eine Verwendung. Bei einer erfindungsgemäßen Verwendung einer thermischen Speichereinrichtung ist diese in eine Entlastungsleitung eines Kraftwerkes vor eine Absperreinrichtung geschaltet, welche Entlastungsleitung von einer Fluidleitung des Kraftwerkes, einem Funktionsaggregat desselben vorgelagert, abzweigt.

[0029] Die nachfolgende Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung dient im Zusammenhang mit der Zeichnung der näheren Erläuterung der Erfindung. Es zeigen:

Figur 1: ein schematisches Funktionsschaltbild eines erfindungsgemäßen Kraftwerkes, ausgestaltet als solar-hybrides Kraftwerk, mit einer erfindungsgemäßen Entlastungsvorrichtung;

Figur 2: eine Detaildarstellung des Kraftwerks aus Figur 1 mit einer entladenen Zustand einnehmenden Speichereinrichtung der Entlastungsvorrichtung;

Figur 3: eine Darstellung entsprechend Figur 2, wobei die Speichereinrichtung einen geladenen Zustand einnimmt; und

Figur 4: ein schematisches Funktionsschaltbild eines

erfindungsgemäßen Kraftwerkes, ausgestaltet als adiabatisches Druckluftspeicherkraftwerk, mit einer erfindungsgemäßen Entlastungsvorrichtung.

[0030] Figur 1 zeigt schematisch ein Funktionsschaltbild einer insgesamt mit dem Bezugszeichen 10 belegten vorteilhaften Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Kraftwerks. Das Kraftwerk 10 ist ein solar-hybrides Kraftwerk, das zum Aufheizen eines vorliegenden gasförmigen Wärmeträgermediums Solarreceiver 12 und eine Brennkammer 14 aufweist.

[0031] Den Solarreceivern 12 kann das Wärmeträgermedium beispielsweise aus einem Druckgasspeicher 16 über eine Zuführleitung 18 zugeführt werden. Alternativ oder ergänzend hierzu kann eine Zufuhr von mittels eines Kompressors 20 verdichteten Gases über eine Zuführleitung 22 erfolgen.

[0032] Von der Zuführleitung 22 zweigt eine Zuführleitung 24 ab, über die das mittels des Kompressors 20 verdichtete Gas der Brennkammer 14 zugeführt werden kann. Eine weitere Zufuhr von Gas zur Brennkammer 14 kann über eine Zuführleitung 26 erfolgen.

[0033] Das von den Solarreceivern 12 aufgeheizte Wärmeträgermedium durchströmt eine Fluidleitung 28, in die eine Ausgangsleitung 30 der Brennkammer 14 ein-
zweigt um mittels dieser erhitztes Gas in die Fluidleitung 28 einzuspeisen.

[0034] Das Wärmeträgermedium wird über die Fluidleitung 28 einem Funktionsaggregat 32 des Kraftwerks 10 zugeführt. Beim Funktionsaggregat 32 handelt es sich vorliegend um eine Gasturbine 34, die von dem heißen Wärmeträgermedium betrieben wird und mittelbar oder unmittelbar einen Generator 36 antreibt, der ein Energieversorgungsnetz 38 speist.

[0035] Das Kraftwerk 10 umfasst eine Speichereinrichtung 40, beispielsweise ausgestaltet als Regeneratorspeicher, die von einem Zustand niedriger Temperatur 42 in einen Zustand höherer Temperatur 44 und umgekehrt durch Aufnahme von Wärme bzw. Abgabe von Wärme überführbar ist. Die Speichereinrichtung 40 ist fluidwirksam mit der Zuführleitung 18 verbunden, hierzu kann ein Förderaggregat 46 vorgesehen sein, sowie ferner mit der Fluidleitung 28.

[0036] Das Kraftwerk 10 umfasst eine Steuereinrichtung 48, bei der es sich zugleich um eine Steuereinrichtung der insgesamt mit dem Bezugszeichen 50 belegten vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Entlastungsvorrichtung handelt. Die Steuereinrichtung 48 steht über in der Zeichnung nicht dargestellte Steuerleitungen mit in die Leitungen des Kraftwerks 10 geschalteten Ventilen in Wirkverbindung sowie mit den Solarreceivern 12, der Brennkammer 14, dem Kompressor 20, der Gasturbine 34, der Speichereinrichtung 40 und dem Förderaggregat 46, um den Betrieb des Kraftwerks 10 zu steuern und/oder zu regeln.

[0037] Die erfindungsgemäße Entlastungsvorrichtung 50 umfasst eine Entlastungsleitung 52, die der Gastur-

bine 34 vorzugsweise unmittelbar vorgelagert von der Fluidleitung 28 abzweigt. Vorliegend ist die Abzweigung der Einzweigung der Ausgangsleitung 30 vorgelagert. Abweichend hiervon könnte die Abzweigung der Entlastungsleitung 52 der Einzweigung der Ausgangsleitung 30 nachgelagert sein.

[0038] In die Entlastungsleitung 52 ist eine Absperr-einrichtung 54 geschaltet, die ein von der Steuereinrichtung 48 über eine Steuerleitung 56 ansteuerbares Antriebsorgan 58 umfasst. Dies gibt die Möglichkeit, die Entlastungsleitung 52, je nach Zustand der Absperr-einrichtung 54, gezielt freizugeben oder zu sperren.

[0039] Die Entlastungsleitung 52 ist eine Ablass- und insbesondere Abblaseleitung, so dass die Entlastungsvorrichtung 50 eine Ablassvorrichtung und insbesondere Abblasevorrichtung ist.

[0040] Die Entlastungsvorrichtung 50 umfasst ferner eine Speichereinrichtung 60, die der Absperr-einrichtung 54 bevorzugt unmittelbar vorgelagert in die Entlastungsleitung 52 geschaltet ist. Die Speichereinrichtung 60 ist vorliegend als Regeneratorspeicher 62 ausgestaltet.

[0041] Der Regeneratorspeicher 62 kann bei freigegebener Entlastungsleitung 52 vom Wärmeträgermedium im Direktkontakt durchströmt werden. Zu diesem Zweck sind im Regeneratorspeicher 62 Durchgänge gebildet. Beispielsweise umfasst der Regeneratorspeicher 62 einen Behälter, zum Beispiel aus Schwarzstahl, in dem eine Natursteinschüttung, zum Beispiel aus Basalt, aufgenommen ist. Durchgänge zwischen dem Schüttgut werden vom Wärmeträgermedium durchströmt, welches die Wärme an das Schüttgut abgeben kann.

[0042] Auch die Entlastungsleitung 52, zumindest strömungsabwärts des Regeneratorspeichers 62, sowie die in die Entlastungsleitung 52 geschalteten Komponenten der Absperr-einrichtung 54 können aus kostengünstigem Schwarzstahl gefertigt sein.

[0043] Die Entlastungsleitung 52 umfasst eine Kühleinrichtung 64, die eine Kühlleitung 66 und ein Förderaggregat 68 umfasst. Die Kühlleitung 66 dient zum Zuführen eines Kühlfluids zum Regeneratorspeicher 62, das mit dem Förderaggregat 68 gefördert werden kann. Ausgangsseitig des Regeneratorspeichers 62 führt die Kühlleitung 66 zur Speichereinrichtung 40, wodurch das über die Kühlleitung 66 zugeführte Kühlfluid Wärme an die Speichereinrichtung 40 abgeben kann.

[0044] Die Entlastungsvorrichtung 50 umfasst vorzugsweise eine Mehrzahl von Sensorelementen, von denen beispielhaft vier Sensorelemente dargestellt sind. Mit einem an der Gasturbine 34 angeordneten Sensorelement 70 können insbesondere die Temperatur, der Druck und der Volumenstrom des Wärmeträgermediums an der Gasturbine 34 erfasst werden. Darüber hinaus kann mit dem Sensorelement 70 eine Drehzahl der Gasturbine 34 erfasst werden.

[0045] Mit einem weiteren Sensorelement 72 kann die Temperatur des Wärmeträgermediums an den Solarreceivern 12 erfasst werden.

[0046] Mit einem weiteren Sensorelement 74 kann die

Temperatur des Wärmeträgermediums an der Brennkammer 14 erfasst werden.

[0047] Mit einem weiteren Sensorelement 76 kann eine Störung des Energieversorgungsnetzes 38 erfasst werden.

[0048] Signale der Sensorelemente 70 bis 76 können der Steuereinrichtung 48 über Signalleitungen zugeführt werden.

[0049] Unter ergänzendem Verweis auf die Figuren 2 und 3 wird nachfolgend die Funktionsweise des Kraftwerkes 10 und der Entlastungsvorrichtung 50 erläutert.

[0050] Im Normalbetrieb wird die Gasturbine 34 vom heißen gasförmigen Wärmeträgermedium beaufschlagt. Die vom Generator 36 erzeugte elektrische Energie wird in das Energieversorgungsnetz 38 eingespeist. Die Absperrvorrichtung 54 sperrt die Entlastungsleitung 52.

[0051] Figur 2 zeigt schematisch den Regeneratorspeicher 62 im Normalbetrieb bei gesperrter Absperrvorrichtung 54. Der Regeneratorspeicher 62 nimmt einen nicht geladenen oder entladenen Zustand ein. Eine in Strömungsrichtung des Wärmeträgermediums hinter der Gasturbine 34 angeordnete und von der Steuereinrichtung 48 ansteuerbare Absperrvorrichtung 78 nimmt einen geöffneten Zustand ein.

[0052] Bei Auftreten eines Störfalles, der von der Steuereinrichtung 48 festgestellt werden kann, kann die Entlastungsleitung 52 durch Ansteuerung des Antriebsorgans 58 gezielt freigegeben werden. Ergänzend hierzu kann die Absperrvorrichtung 78 gesperrt werden.

[0053] Bei freigegebener Entlastungsleitung 52 strömt das Wärmeträgermedium durch den Regeneratorspeicher 62 und gibt Wärme an diesen ab, so dass dieser in einen geladenen Zustand überführt wird (Figur 3). Das sich bei Durchgang durch den Regeneratorspeicher 62 abkühlende Wärmeträgermedium durchströmt die verbleibende Entlastungsleitung 52 und die Absperrvorrichtung 54 mit deutlich verringerter Temperatur. Die Anforderungen an die Auslegung der Entlastungsleitung 52 und der Absperrvorrichtung 54 können infolgedessen verringert werden. Wie bereits erwähnt ist eine Fertigung aus Schwarzstahl möglich. Eine Fertigung aus kostenintensiven hochformfesten Edelstählen wie beispielsweise Inox ist nicht erforderlich. Die hierbei eingesparten Herstellungskosten werden nur zum Teil für den zusätzlichen Regeneratorspeicher 62 benötigt, der sehr robust und nahezu wartungsfrei ist und kostengünstig hergestellt werden kann.

[0054] Beim Durchströmen des Regeneratorspeichers 62 wird die Wärme des Wärmeträgermediums langsam aufgenommen. Die hiermit verbundene Latenz kann gegebenenfalls genutzt werden, um etwaige Maßnahmen gegen den Störfall zu ergreifen. Abweichend von herkömmlichen Kraftwerken erfolgt insbesondere kein explosionsartiges Abblasen des Wärmeträgermediums.

[0055] Ursächlich für einen Störfall kann beispielsweise eine zu hohe Temperatur des Wärmeträgermediums an der Gasturbine 34 sein. Diese zu hohe Temperatur ist zum Beispiel auf eine zu hohe Temperatur des Wär-

meträgermediums am Austritt der Solarreceiver 12 zurückzuführen. Ursachen hierfür sind beispielsweise eine fehlerhafte Defokussierung von Spiegeln der Solarreceiver 12, ein zu geringer Volumenstrom vom Wärmeträgermedium vom Kompressor 20 oder eine zu hohe Eintrittstemperatur des Wärmeträgermediums in die Solarreceiver 12.

[0056] Auch eine zu hohe Temperatur des Wärmeträgermediums am Austritt der Brennkammer 14, zum Beispiel infolge fehlerhafter Regelung des Volumenstroms des Wärmeträgermediums oder fehlerhafter Regelung der Brennstoffzufuhr, kann ursächlich für eine zu hohe Temperatur des Wärmeträgermediums an der Gasturbine 34 sein.

[0057] Ein Störfall kann beispielsweise auch dadurch entstehen, dass der Volumenstrom des Wärmeträgermediums an der Gasturbine 34 aufgrund eines defekten Kompressors 20 und/oder dessen Regelung zu hoch ist.

[0058] Dieselben Ursachen können auch zu einem zu hohen Druck des Wärmeträgermediums an der Gasturbine 34 führen, der einen Störfall nach sich zieht.

[0059] Im Fall eines Netzausfalls (Lastabwurf) im Energieversorgungsnetz 38 kann ebenfalls ein Störfall eintreten. Dieser äußert sich zum Beispiel in einer zu hohen Drehzahl der Gasturbine 34, detektiert mit dem Sensorelement 70. Alternativ oder ergänzend kann die Netzstörung mittels des Sensorelementes 76 erfasst werden.

[0060] Ausgehend vom geladenen Zustand (Figur 3) kann der Regeneratorspeicher 62 zum einen passiv entladen werden, bei der der Regeneratorspeicher 62 ohne weiteres Zutun abkühlt.

[0061] Insbesondere besteht zum anderen jedoch über die Kühleinrichtung 64 die Möglichkeit einer aktiven Abkühlung des Regeneratorspeichers 62. Zu diesem Zweck kann das Förderaggregat 68 von der Steuereinrichtung 48 aktiviert werden, um durch die Kühleinrichtung 66 ein Kühlfluid, insbesondere Luft, zu fördern. Das Kühlfluid entzieht dem Regeneratorspeicher 62 Wärme, die an die Speichereinrichtung 40 abgegeben und auf diese Weise Prozessen des Kraftwerks 10 wieder zugeführt werden kann.

[0062] Am Regeneratorspeicher 62 kann ein Sensorelement 80 zur Temperaturerfassung vorgesehen sein, abhängig von dessen Signal von der Steuereinrichtung 48 bedarfsgerecht die Kühlung des Regeneratorspeichers 62 gesteuert und/oder geregelt werden kann.

[0063] Es versteht sich, dass in der Kühleinrichtung 66 ebenfalls ein Ventil o. ä. angeordnet sein kann, das von der Steuereinrichtung 48 bei Bedarf geöffnet und geschlossen werden kann.

[0064] Eine in Figur 4 schematisch dargestellte bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Kraftwerks 90 ist ein adiabatisches Druckluftspeicherkraftwerk. Für gleiche oder gleichwirkende Merkmale und Bauteile der Kraftwerke 10 und 90 werden identische Bezugszeichen benutzt. Auch das Kraftwerk 90 weist die erfindungsgemäße Entlastungsvorrichtung 50 auf. Nachfolgend wird kurz auf die Funktionsweise des Kraft-

werks 90 eingegangen.

[0065] Das Kraftwerk 90 umfasst einen in eine Zuführleitung 92 für ein gasförmiges Wärmeträgermedium geschalteten Kompressor 94, an den ausgangsseitig eine Kühleinrichtung 96 angeschlossen ist, insbesondere mittels eines Wärmetauschers. Ein weiterer Kompressor 98 in der Zuführleitung 92 verdichtet das Wärmeträgermedium weiter.

[0066] Das Wärmeträgermedium kann über eine Ventileinheit 100 durch eine vorzugsweise als Regeneratorspeicher ausgestaltete thermische Speichereinrichtung 102 geleitet werden, die in einen geladenen Zustand überführt wird. Nach Durchlaufen einer weiteren Kühleinrichtung 104, beispielsweise umfassend einen Wärmetauscher, kann das Wärmeträgermedium in einer Volumen-Speichereinrichtung 106 zwischengespeichert werden.

[0067] Je nach Bedarf kann das Wärmeträgermedium aus der Speichereinrichtung 106 entnommen und zur Temperatursteigerung durch die Speichereinrichtung 102 und über die Ventileinheit 100 in die Fluidleitung 28 geleitet werden.

[0068] Als Funktionsaggregat 32 kommt beim Kraftwerk 90 eine Expansionsturbine 108 zum Einsatz. Dieser bevorzugt unmittelbar vorgelagert zweigt von der Fluidleitung 28 die Entlastungsleitung 52 ab.

[0069] Die Zeichnung zeigt schematisch beispielhaft das Sensorelement 70 an der Expansionsturbine 108, mit der vorzugsweise die Temperatur, der Volumenstrom und der Druck des Wärmeträgermediums an der Expansionsturbine 108 erfasst werden können. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, die Drehzahl der Expansionsturbine 108 zu erfassen und beispielsweise eine zu hohe Drehzahl infolge eines Lastabwurfs bei einer Netzstörung festzustellen.

[0070] Im Übrigen wird auf die voranstehenden Ausführungen verwiesen, insbesondere im Hinblick auf die Funktionsweise der Entlastungsvorrichtung 50.

Bezugszeichenliste

[0071]

10	Kraftwerk
12	Solarreceiver
14	Brennkammer
16	Druckgasspeicher
18	Zuführleitung
20	Kompressor
22, 24, 26	Zuführleitung
28	Fluidleitung
30	Ausgangsleitung
32	Funktionsaggregat
34	Gasturbine
36	Generator
38	Energieversorgungsnetz
40	Speichereinrichtung
42	Zustand niedriger Temperatur

44	Zustand höherer Temperatur
46	Förderaggregat
48	Steuereinrichtung
50	Entlastungsvorrichtung
52	Entlastungsleitung
54	Absperreinrichtung
56	Steuerleitung
58	Antriebsorgan
60	Speichereinrichtung
62	Regeneratorspeicher
64	Kühleinrichtung
66	Kühlleitung
68	Förderaggregat
70, 72, 74, 76	Sensorelement
78	Absperreinrichtung
80	Sensorelement
90	Kraftwerk
92	Zuführleitung
94	Kompressor
96	Kühleinrichtung
98	Kompressor
100	Ventileinheit
102	Speichereinrichtung
104	Kühleinrichtung
106	Volumen-Speichereinrichtung
108	Expansionsturbine

Patentansprüche

- Entlastungsvorrichtung für ein Kraftwerk, bei dem ein fluidisches Wärmeträgermedium über eine Fluidleitung (28) einem Funktionsaggregat (32) zugeführt wird, welche Entlastungsvorrichtung (50) dem Funktionsaggregat (32) vorgelagert eine von der Fluidleitung (28) abzweigende Entlastungsleitung (52) umfasst, in die eine Absperreinrichtung (54) zum Sperren und Freigeben der Entlastungsleitung (52) geschaltet ist, sowie eine vor die Absperreinrichtung (54) in die Entlastungsleitung (52) geschaltete, vom Wärmeträgermedium bei freigegebener Entlastungsleitung (52) durchströmbare thermische Speichereinrichtung (60) zur Aufnahme von Wärme vom Wärmeträgermedium.
- Entlastungsvorrichtung nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** eine Temperaturbeständigkeit der Speichereinrichtung (60) von mehr als 500°C, vorzugsweise von mehr als 1000°C.
- Entlastungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **gekennzeichnet durch** eine Druckbeständigkeit der Speichereinrichtung (60) von mehr als 10 bar, vorzugsweise mehr als 25 bar.
- Entlastungsvorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine Energiespeicherdichte der Speichereinrichtung (60)

von ungefähr 10 bis 150 kWh/m³ und darüber.

5. Entlastungsvorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Speichereinrichtung (60) Durchgänge für das Wärmeträgermedium umfasst und von diesem im Direktkontakt durchströmbar ist. 5
6. Entlastungsvorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Speichereinrichtung (60) ein Regeneratorspeicher (62) ist oder einen solchen umfasst und/oder dass die Speichereinrichtung (60) ein Feststoffspeicher oder ein Schüttgutspeicher ist oder einen solchen umfasst. 10
7. Entlastungsvorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** eine Fertigung der Absperreinrichtung (54) aus Schwarzstahl. 20
8. Entlastungsvorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Speichereinrichtung (60) passiv entladbar ist. 25
9. Entlastungsvorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Entlastungsvorrichtung (50) eine Kühleinrichtung (64) umfasst mit einer Kühlleitung (66) und einem Förderaggregat (68), wobei der Speichereinrichtung (60) ein Kühlfluid durch die Kühlleitung (66) zuführbar ist, zum Aufnehmen von Wärme von der Speichereinrichtung (60). 30
10. Entlastungsvorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlleitung (66) mit einer thermischen Speichereinrichtung (40) oder einem Wärmetauscher des Kraftwerks (10; 90) zum Abgeben von Wärme gekoppelt oder koppelbar ist. 35
11. Entlastungsvorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Entlastungsvorrichtung (50) eine Steuereinrichtung (48) umfasst, die mit einem Antriebsorgan (58) der Absperreinrichtung (54) gekoppelt ist, und mindestens ein mit der Steuereinrichtung (48) gekoppeltes Sensorelement (70, 72, 74, 76, 80), abhängig von dessen Signal das Antriebsorgan (58) zum Freigeben und/oder Sperren der Entlastungsleitung (52) ansteuerbar ist. 40
12. Entlastungsvorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit dem mindestens einen Sensorelement (70, 72, 74, 76, 80) mindestens eines der Folgenden erfassbar ist: 45

- eine Temperatur des Wärmeträgermediums

am Funktionsaggregat (32);

- ein Druck des Wärmeträgermediums am Funktionsaggregat (32);
- ein Volumenstrom des Wärmeträgermediums am Funktionsaggregat (32);
- eine Drehzahl eines als Turbine, insbesondere Gasturbine (34), ausgestalteten Funktionsaggregates (32).

13. Kraftwerk, umfassend eine Fluidleitung, über die ein fluidisches Wärmeträgermedium einem Funktionsaggregat (32) zugeführt wird, sowie eine Entlastungsvorrichtung (50) nach einem der voranstehenden Ansprüche. 50
14. Kraftwerk nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kraftwerk ein solar-hybrides Kraftwerk (10) ist und das Funktionsaggregat (32) eine Gasturbine (34) oder dass das Kraftwerk ein adiabatisches Druckluftspeicherkraftwerk (90) ist und das Funktionsaggregat (32) eine Expansions-turbine (108). 55
15. Verwendung einer thermischen Speichereinrichtung in einer Entlastungsleitung eines Kraftwerkes, wobei die Speichereinrichtung vor eine Absperreinrichtung in die Entlastungsleitung geschaltet ist, welche von einer Fluidleitung des Kraftwerkes, einem Funktionsaggregat desselben vorgelagert, abzweigt.

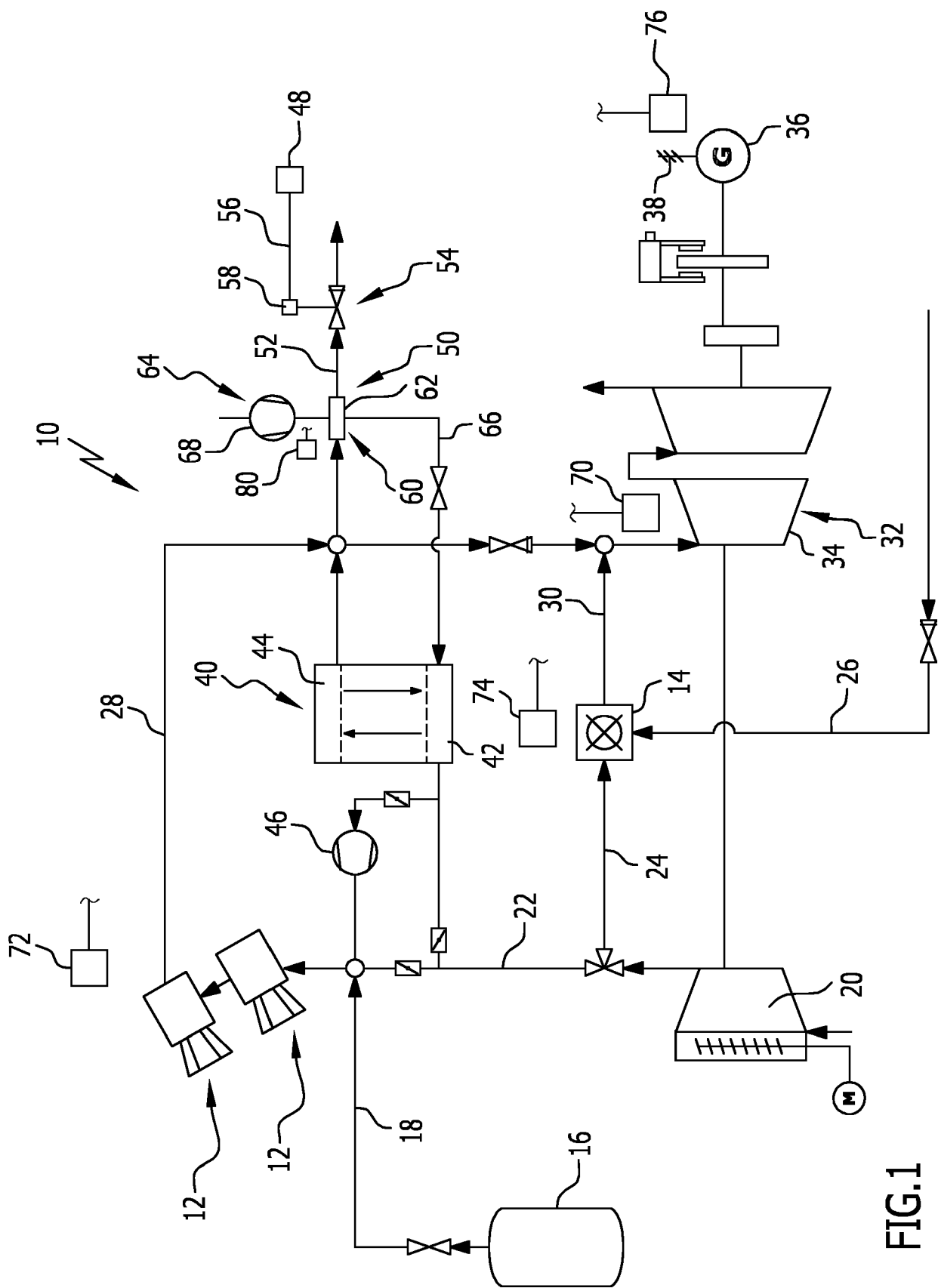


FIG.1

FIG.2

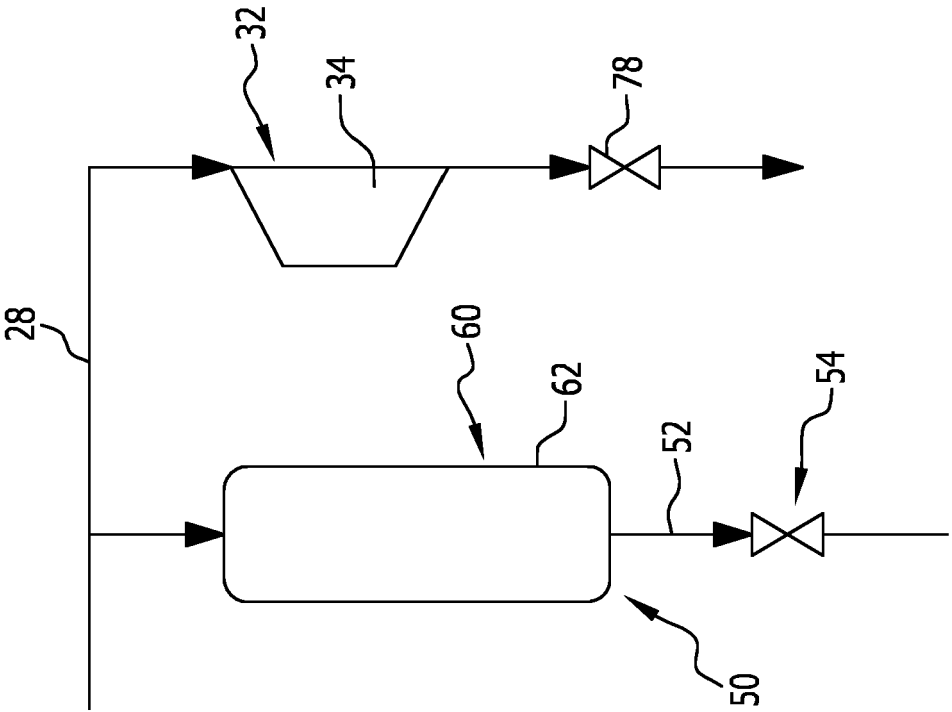
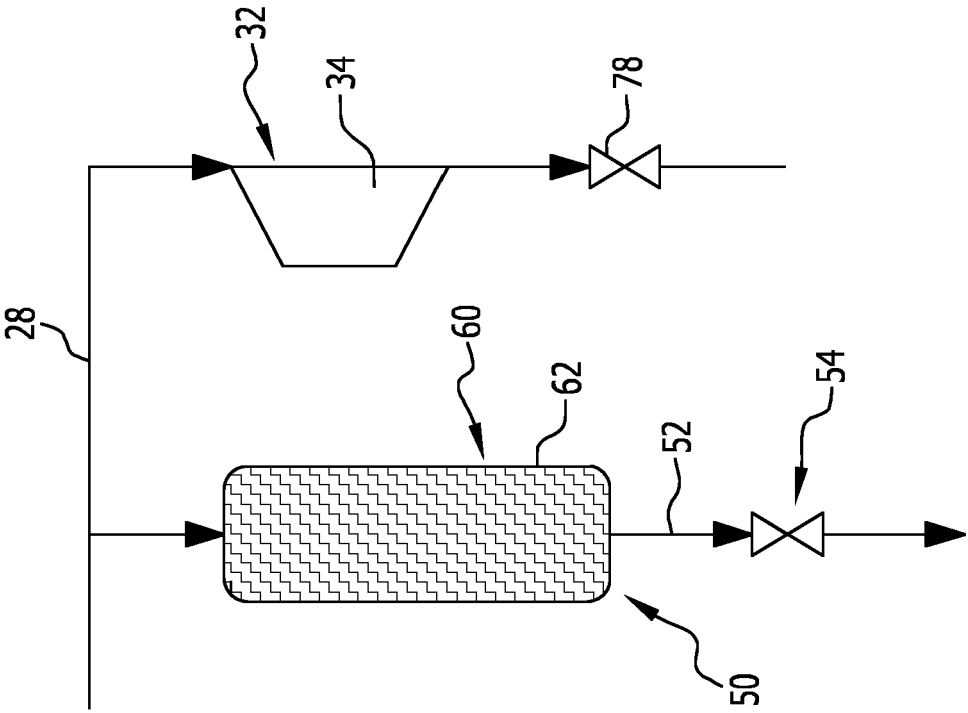


FIG.3



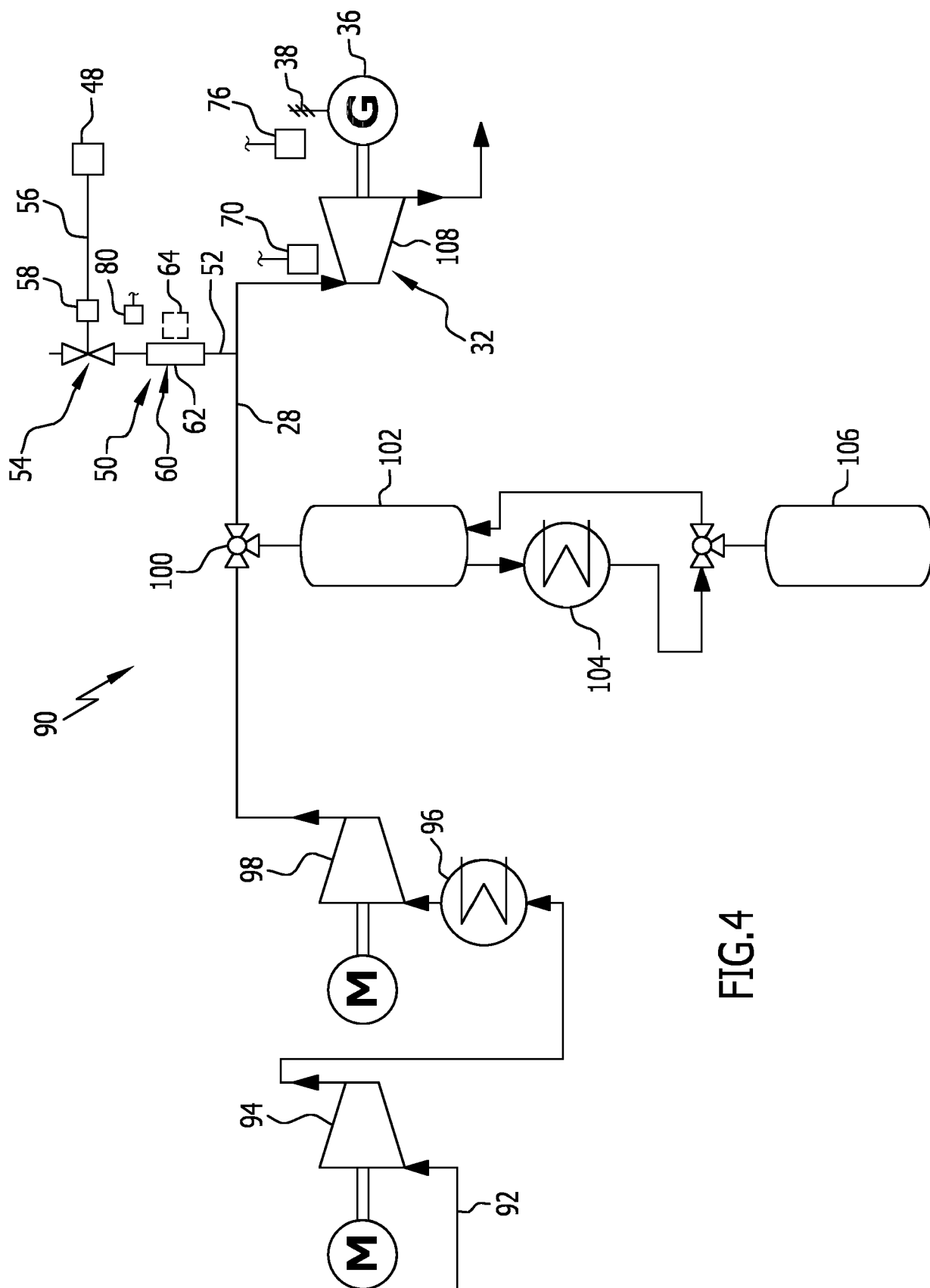


FIG.4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 19 17 1982

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2014 226837 A1 (ENOLCON GMBH [DE]) 12. November 2015 (2015-11-12) * Zusammenfassung; Abbildungen 3, 4 * * Absätze [0003] - [0011], [0024], [0027], [0030], [0035], [0038], [0042], [0055], [0065] - [0071], [0075], [0080], [0097] *	1-15	INV. F01K13/02 F01K3/12 F22B1/00
X	DE 10 2011 007370 A1 (SIEMENS AG [DE]) 18. Oktober 2012 (2012-10-18) * Zusammenfassung; Abbildung 1 * * Absätze [0001] - [0022] *	1-15	
A	DE 10 2016 103053 A1 (DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT E V [DE]) 24. August 2017 (2017-08-24) * das ganze Dokument *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01K F22B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 1. Oktober 2019	Prüfer Varelas, Dimitrios
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 19 17 1982

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

01-10-2019

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 102014226837 A1	12-11-2015	KEINE	
	DE 102011007370 A1	18-10-2012	DE 102011007370 A1	18-10-2012
15			WO 2012140007 A2	18-10-2012
	DE 102016103053 A1	24-08-2017	KEINE	
20				
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82