

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 50773/2017
(22) Anmeldetag: 15.09.2017
(45) Veröffentlicht am: 15.10.2019

(51) Int. Cl.: **F22B 1/02** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102012108733 A1
EP 0582898 A1

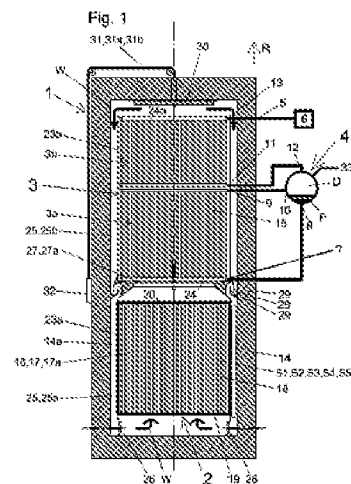
(73) Patentinhaber:
SCHWEIGHOFER Franz Matthias
5020 Salzburg (AT)
SCHWEIGHOFER Franz Markus
5020 Salzburg (AT)
SCHWEIGHOFER Christoph
5020 Salzburg (AT)
SCHWEIGHOFER Sebastian
5020 Salzburg (AT)
SCHWEIGHOFER Elfriede
5020 Salzburg (AT)
EGARTNER Albert
5163 Mattsee (AT)

(74) Vertreter:
Sonn & Partner Patentanwälte
1010 Wien (AT)

(54) **Vorrichtung zum Erzeugen von Dampf**

(57) Vorrichtung (1) zum Erzeugen von Dampf (D) aus einer Flüssigkeit (F), insbesondere Wasserdampf, zum Antrieb einer Turbine (6), mit einem Wärmespeicher (2), einer dem Wärmespeicher (2) zugeordneten Wärmeversorgungseinrichtung (16), zum Erwärmen des Wärmespeichers (2), einem Verdampfer (3), der dem Wärmespeicher (2) zugeordnet ist und der durch den zugeordneten Wärmespeicher (2) eine Erwärmung erfährt, und einem mit dem Verdampfer (3) verbundenen Dampfdruckkessel (4), welcher zur Aufnahme der zu verdampfenden Flüssigkeit (F) und von Dampf (D) vorgesehen ist, wobei der Verdampfer (3) eine erste Verdampferstufe (3a) und eine damit über den Dampfdruckkessel (4) verbundene Überhitzerstufe (3b) aufweist, wobei ein Einlass (7) der ersten Verdampferstufe (3a) mit einem Flüssigkeitsauslass (8) des Dampfdruckkessels (4) und ein Auslass (9) der ersten Verdampferstufe (3a) mit einem Flüssigkeitseinlass (10) des Dampfdruckkessels (4) verbunden ist und wobei ein Einlass (11) der Überhitzerstufe (3b) mit einem Dampfauslass (12) des Dampfdruckkessels (4) und ein Auslass (13) der Überhitzerstufe (3b) mit einer Anschlussvorrichtung (5) zur Verbindung mit einer Dampfgetriebenen Turbine (6) verbunden ist und dass der Verdampfer (3), in einem mit

dem Wärmespeicher (2) gemeinsamen Wärme dämmenden Gehäuse (14), seitlich des Wärmespeichers (2), um den Wärmespeicher (2) herum, oder oberhalb des Wärmespeichers (2), angeordnet ist, oder dass der Wärmespeicher (2) und der Verdampfer (3) in jeweils einem eigenen Wärme dämmenden Gehäuse (14b, 14c) aufgenommen und über Rohrleitungen (45) miteinander verbunden sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Erzeugen von Dampf aus einer Flüssigkeit, insbesondere Wasserdampf, zum Antrieb einer Turbine, mit einem Wärmespeicher, einer dem Wärmespeicher zugeordneten Wärmeversorgungseinrichtung, zum Erwärmen des Wärmespeichers, einem Verdampfer, der dem Wärmespeicher zugeordnet ist und der durch den zugeordneten Wärmespeicher eine Erwärmung erfährt, und einem mit dem Verdampfer verbundenen Dampfdruckkessel, welcher zur Aufnahme der zu verdampfenden Flüssigkeit und von Dampf vorgesehen ist.

[0002] Die Erfindung betrifft weiters eine Kombination der Vorrichtung mit einer Stromerzeugungseinrichtung.

[0003] Dampfessel zur Erzeugung von Dampf, welche auch als Dampferzeuger bezeichnet werden, sind seit langem bekannt und können unter anderem zur Erzeugung von elektrischem Strom verwendet werden. Die Dampfessel können hierfür mit festen, flüssigen oder gasförmigen Brennstoffen befeuert werden oder alternativ hierzu beispielsweise mit Abwärme aus industriellen Prozessen versorgt werden.

[0004] Nachteilig ist hierbei, dass dann wenn überschüssige Wärme, d.h. Abwärme, nicht als Abfallprodukt anfallen soll, sondern zur Dampferzeugung weiter genutzt werden soll, oder vorübergehend überschüssige elektrische Energie zur Dampferzeugung zu Verfügung steht, die Dampferzeugung und somit auch die Umwandlung des erzeugten Dampfes in elektrische Energie an jene Zeiten gebunden ist, zu welchen die Abwärme oder gegebenenfalls die überschüssige elektrische Energie tatsächlich als Energiequelle zur Verfügung stehen.

[0005] Die DE 10 2012 108 733 A1 offenbart ein System zur Erzeugung von Heißwasser und/oder Dampf mit einem Hochtemperaturspeicher für den Einsatz in einem Gasturbinenkraftwerk. Die Energie für die Erwärmung des Hochtemperaturspeichers wird aus einer externen und/oder internen Energiequelle bereitgestellt, bspw. aus einer elektrischen Energiequelle oder als thermische Prozessabwärme. Durch den Hochtemperaturspeicher führt mindestens ein Kanal, in welchen Wasser oder Heißwasser mit einer Eingangstemperatur eingeleitet wird. Das den Kanal durchströmende Wasser/Heißwasser wird durch das Speichermaterial des Hochtemperaturspeichers erhitzt, sodass Heißwasser und/oder Dampf mit einer Austrittstemperatur die größer als die Eingangstemperatur ist aus dem Kanal des Hochtemperaturspeichers austritt. Das erzeugte Heißwasser und/oder der Dampf kann direkt der Turbine des Gasturbinenkraftwerkes zugeführt werden. Auch zur Erwärmung des Hochtemperaturspeichers kann ein entsprechend heißes Fluid durch den Kanal geleitet werden. Die Heißwasser-/Dampferzeugung erfolgt dabei im Hochtemperaturspeicher.

[0006] Die EP 0 582 898 A1 offenbart eine Gasturbinenanlage mit einer Brennkammer und eine mit der Gasturbinenanlage verbundene Dampfturbinenanlage mit einer Dampfturbine und einem Dampferzeuger. Der Dampferzeuger umfasst einen Niederdruck-Verdampfer und einen Niederdruck-Überhitzer sowie einen Hochdruck-Verdampfer und einen Hochdruck-Überhitzer. Der Niederdruck-Überhitzer ist über eine Dampfleitung mit einem Niederdruckteil der Dampfturbine verbunden und der Hochdruck-Überhitzer ist über eine andere Dampfleitung mit einem Hochdruckteil der Dampfturbine verbunden.

[0007] Es ist nun Aufgabe der Erfindung eine Vorrichtung wie eingangs angegeben zu schaffen, die eine Erzeugung von Dampf auch zu Zeitpunkten ermöglicht, zu welchen der Vorrichtung zuführbare Abwärme oder der Vorrichtung zuführbare überschüssige elektrische Energie als Energiequelle für die Dampferzeugung nicht zur Verfügung stehen. Die Vorrichtung soll eine möglichst effiziente Dampferzeugung in einem Ausmaß ermöglichen, welches zur Versorgung einzelner oder mehrerer Haushalte, Büros oder Industrieanlagen, insbesondere auch zur Versorgung von Kleinstädten, mit aus dem Dampf gewonnener elektrischer Energie zweckmäßig ist. Zudem soll die Vorrichtung möglichst einfach und zuverlässig aufgebaut sein.

[0008] Es ist weiters Aufgabe der Erfindung eine Kombination der Vorrichtung mit einer Strom-

erzeugungseinrichtung zu schaffen, welche Kombination eine Erzeugung von elektrischem Strom auch zu Zeitpunkten ermöglicht, zu welchen der Vorrichtung zuführbare Abwärme oder der Vorrichtung zuführbare überschüssige elektrische Energie als Energiequelle für die Dampferzeugung nicht zur Verfügung stehen.

[0009] Hierfür sieht die Erfindung eine Vorrichtung wie in Anspruch 1 und eine Kombination wie in Anspruch 22 definiert vor. Vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0010] Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass der Verdampfer eine erste Verdampferstufe und eine damit über den Dampfdruckkessel verbundene Überhitzerstufe aufweist, wobei ein Einlass der ersten Verdampferstufe mit einem Flüssigkeitsauslass des Dampfdruckkessels und ein Auslass der ersten Verdampferstufe mit einem Flüssigkeitseinlass des Dampfdruckkessels verbunden ist und wobei ein Einlass der Überhitzerstufe mit einem Dampfauslass des Dampfdruckkessels und ein Auslass der Überhitzerstufe mit einer Anschlussvorrichtung zur Verbindung mit einer Dampf-betriebenen Turbine verbunden ist und dass der Verdampfer, in einem mit dem Wärmespeicher gemeinsamen Wärme dämmenden Gehäuse, seitlich des Wärmespeichers, um den Wärmespeicher herum, oder oberhalb des Wärmespeichers, angeordnet ist, oder dass der Wärmespeicher und der Verdampfer in jeweils einem eigenen Wärme dämmenden Gehäuse aufgenommen und über Rohrleitungen miteinander verbunden sind. Die Vorrichtung weist somit einen Wärmespeicher auf, welcher ausgebildet ist, der Vorrichtung zugeführte Energie in Form von Wärme zu speichern. Auf diese Weise kann der Vorrichtung zugeführte Abwärme oder der Vorrichtung zugeführte überschüssige elektrische Energie, beispielsweise aus regenerativen Energiequellen, als Wärme im Wärmespeicher gespeichert und zu Zeiten von Energiebedarf wieder entnommen werden. Zum Erwärmen des Wärmespeichers ist dem Wärmespeicher eine Wärmeversorgungseinrichtung zugeordnet, d.h. die Wärmeversorgungseinrichtung ist im Wärmespeicher vorgesehen oder nahe dem Wärmespeicher in einer Wirkverbindung damit angeordnet. Die Vorrichtung weist zudem einen Verdampfer auf, der dem Wärmespeicher zugeordnet ist, um durch Wärme des Wärmespeichers erhitzt zu werden. Darunter ist zu verstehen, dass sich der Verdampfer in einer Wirkverbindung mit dem Wärmespeicher befindet, d.h. der Verdampfer ist im Bereich einer Wärmestrahlung des Wärmespeichers bzw. in einem vom Wärmespeicher ausgehenden Wärmestrom angeordnet. Für eine kompakte Ausführung der Vorrichtung und für eine effiziente Erwärmung des Verdampfers durch den Wärmespeicher ist der Verdampfer vorzugsweise in einem möglichst geringen Abstand zum Wärmespeicher vorgesehen. Für eine effiziente Dampferzeugung weist der Verdampfer eine erste Verdampferstufe und eine damit verbundene Überhitzerstufe auf. Die erste Verdampferstufe und die Überhitzerstufe sind über einen Dampfdruckkessel miteinander verbunden. Dabei ist der Dampfdruckkessel zur Aufnahme der zu verdampfenden Flüssigkeit, beispielsweise Wasser, und zur Aufnahme von aus der Flüssigkeit erzeugtem Dampf vorgesehen. Um die zu verdampfende Flüssigkeit und den aus der Flüssigkeit erzeugten Dampf durch den Verdampfer leiten zu können, ist ein Einlass der ersten Verdampferstufe mit einem Flüssigkeitsauslass des Dampfdruckkessels und ein Auslass der ersten Verdampferstufe mit einem Flüssigkeitseinlass des Dampfdruckkessels verbunden. Zudem ist ein Einlass der Überhitzerstufe mit einem Dampfauslass des Dampfdruckkessels und ein Auslass der Überhitzerstufe mit einer Anschlussvorrichtung zur Verbindung mit einer Dampf-betriebenen Turbine verbunden. Der Auslass der Überhitzerstufe ist insbesondere ein Dampfauslass und die Anschlussvorrichtung ist zum Anschluss von Rohrleitungen ausgebildet. Dabei wird die zu verdampfende Flüssigkeit in der ersten Verdampferstufe in Dampf (Nassdampf) umgewandelt, dieser in den Dampfdruckkessel zurück geleitet und der Dampf (Nassdampf) des Dampfdruckkessels wird in der Überhitzerstufe in überhitzten Dampf umgewandelt, welcher an der Anschlussvorrichtung für die Dampf-betriebene Turbine zur Verfügung steht. Die Vorrichtung ist somit ausgebildet, zu im Wesentlichen beliebigen Zeiten der Vorrichtung zugeführte Energie als Wärme im Wärmespeicher zu speichern und bei Bedarf zur Umwandlung von Flüssigkeit in Dampf, insbesondere überhitzten Dampf, zu entnehmen. Dabei wird die im Wärmespeicher gespeicherte Wärme über den Verdampfer geführt. Der Dampf kann mit Hilfe der Dampf-betriebenen Turbine in elektrischen Strom umgewandelt werden. Die Vorrichtung ist vorzugsweise frei von Befeuerungen

durch Brennstoffe und weist hauptsächlich den Wärmespeicher, bevorzugt nur den Wärmespeicher, zur Bereitstellung der Wärme für den Verdampfer auf.

[0011] Die im Rahmen der Beschreibung vorkommenden Begriffe oben, unten, Oberseite, Boden, seitlich, übereinander oder vertikal beziehen sich auf die Verwendungsposition der Vorrichtung.

[0012] Zudem ist vorgesehen, dass zumindest der Wärmespeicher und der Verdampfer in einem Wärme dämmenden Gehäuse aufgenommen sind. Dabei können der Wärmespeicher und der Verdampfer in einem gemeinsamen Wärme dämmenden Gehäuse oder in jeweils einem eigenen Wärme dämmenden Gehäuse aufgenommen sein. Auf diese Weise können unerwünschte Wärmeverluste reduziert und der Wirkungsgrad der Vorrichtung erhöht werden. Zudem schützt das Wärme dämmende Gehäuse die Umgebung der Vorrichtung vor gegebenenfalls schädlicher Hitzestrahlung. Als Wärme dämmende Materialien kommen gängige Materialien wie Steinwolle oder CaSi-Dämmstoffe in Frage. Günstiger Weise kann die Wärmeleitfähigkeit etwa $0,04\text{W/m}\cdot\text{K}$ betragen. Die Wandstärke der Wärmedämmung kann beispielsweise zwischen 2m und 3m betragen. Damit können durch Abkühlung verursachte Verluste der Vorrichtung beispielsweise auf einen Bereich von $0,25\%/ \text{Tag}$ bezogen auf die mit der Turbine erzeugte mechanische Energie begrenzt werden.

[0013] Wenn der Wärmespeicher und der Verdampfer in jeweils einem eigenen Wärme dämmenden Gehäuse aufgenommen und über Rohrleitungen miteinander verbunden sind, ist der Verdampfer extern zum Wärmespeicher angeordnet. Dabei kann ein Luftauslass im Wärme dämmenden Gehäuse des Wärmespeichers mit einem Lufteinlass im Wärme dämmenden Gehäuse des Verdampfers und ein Luftauslass im Wärme dämmenden Gehäuse des Verdampfers mit einem Lufteinlass im Wärme dämmenden Gehäuse des Wärmespeichers verbunden sein. Mittels dieses Kreislaufs kann vom Verdampfer erhaltene über den Wärmespeicher strömende Luft am Wärmespeicher erwärmt und dem Verdampfer wieder zugeführt werden. Dabei kann günstiger Weise der Lufteinlass im Wärme dämmenden Gehäuse des Wärmespeichers dem Boden oder der Oberseite des Wärmespeichers zugeordnet sein und der Luftauslass im Wärme dämmenden Gehäuse des Wärmespeichers kann dem jeweils anderen, d.h. der Oberseite oder dem Boden des Wärmespeichers zugeordnet sein.

[0014] Zur kostengünstigen Speicherung großer Mengen von Energie in Form von Wärme kann gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung vorgesehen sein, dass der Wärmespeicher Schamottesteine, Magnesitsteine, Natursteine, Keramikkörper oder Sand zur Wärmespeicherung aufweist. Selbstverständlich kann auch eine Kombination dieser Materialien vorgesehen sein. Beispielsweise weist der Wärmespeicher ein Gewicht von etwa 5000 Tonnen (5 Millionen Kilogramm) auf.

[0015] Um Luft durch den Wärmespeicher hindurch führen zu können, können sich in oder zwischen den Schamottesteinen, Magnesitsteinen, Natursteinen oder Keramikkörpern Kanäle zum Durchtritt von Heißluft erstrecken. Somit kann durch den Wärmespeicher geleitete Luft auf dem Weg durch den Wärmespeicher erhitzt und als Wärmequelle für den Verdampfer verwendet werden. Die Kanäle erstrecken sich vorzugsweise in derselben Richtung, insbesondere vertikal. Die Kanäle können einen runden, beispielsweise kreisrunden, oder mehreckigen Querschnitt aufweisen.

[0016] Für eine effiziente Zufuhr von Wärme an den Wärmespeicher kann vorgesehen sein, dass die Wärmeversorgungseinrichtung elektrische Heizelemente und/oder einen Einlass und einen Auslass zur Verbindung des Wärmespeichers mit einer externen Heißluftquelle und/oder eine externe Heißluftquelle aufweist. Die Wärmeversorgungseinrichtung kann somit eine Wärmequelle, beispielsweise die elektrischen Heizelemente und/oder die externe Heißluftquelle, aufweisen oder einen Einlass und einen Auslass aufweisen, wobei zumindest der Einlass für eine Verbindung mit einer externen Wärmequelle, insbesondere Heißluftquelle, ausgebildet ist. Selbstverständlich sind auch Kombinationen hiervon möglich. Sofern die externe Wärmequelle bzw. Heißluftquelle vorgesehen ist, ist diese außerhalb des Wärme dämmenden Gehäuses angeordnet. Es sei darauf hingewiesen, dass der Einlass und der Auslass zur Verbindung des

Wärmespeichers mit einer externen Heißluftquelle nicht notwendiger Weise direkt mit dem Wärmespeicher in Kontakt stehen müssen. Die Verbindung des Wärmespeichers mit der externen Heißluftquelle kann somit auch als Wirkverbindung verstanden werden, d.h. der Einlass und/oder Auslass sind zweckmäßig zur effizienten Wärmeübertragung an den Wärmespeicher in Bezug auf den Wärmespeicher positioniert.

[0017] Besonders günstig ist es, wenn die elektrischen Heizelemente im Wärmespeicher, außerhalb des Wärmespeichers im Wärme dämmenden Gehäuse des Wärmespeichers, oder als Teil der externen Heißluftquelle vorgesehen sind. Wenn die elektrischen Heizelemente außerhalb des Wärmespeichers im Gehäuse (d.h. Wärme dämmenden Gehäuse) vorgesehen sind, können diese an der Innenwand des Gehäuses, möglichst nahe zum Wärmespeicher, oder zwischen der Innenwand des Gehäuses und dem Wärmespeicher angeordnet sein. Sollten der Wärmespeicher und der Verdampfer in einem gemeinsamen Wärme dämmenden Gehäuse angeordnet sein, ist dieses auch als Wärme dämmendes Gehäuse des Wärmespeichers zu verstehen. Wenn die elektrischen Heizelemente als Teil der externen Heißluftquelle vorgesehen sind, können die elektrischen Heizelemente die Bereitstellung der Heißluft von der externen Heißluftquelle unterstützen. Dies kann dann zweckmäßig sein, wenn die allfällige externe Heißluftquelle selbst mit heißer Abluft gespeist wird, deren Temperatur geringer als die gewünschte Temperatur des Wärmespeichers ist. In diesem Fall kann für die Aufheizung des Wärmespeichers auf die gewünschte Temperatur die der externen Heißluftquelle zugeführte heiße Abluft zusätzlich mittels geeigneter Heizelemente, insbesondere der elektrischen Heizelemente, erwärmt werden.

[0018] Hinsichtlich des Verdampfers kann vorgesehen sein, dass die erste Verdampferstufe und die Überhitzerstufe zur Aufnahme der zu verdampfenden Flüssigkeit und des Dampfes mit dem Dampfdruckkessel verbundene Steigrohre aufweisen, die bevorzugt im Wesentlichen in vertikaler Richtung verlaufen. Die Steigrohre der ersten Verdampferstufe und der Überhitzerstufe befinden sich im Wirkungsbereich des Wärmespeichers und werden somit durch die vom Wärmespeicher abgegebene Wärme zweckmäßig erhitzt. Die für die Erzeugung des Dampfes erforderliche Flüssigkeit und der von der ersten Verdampferstufe erzeugte Nassdampf werden vom Dampfdruckkessel in die Steigrohre geleitet. Da naturgemäß die Wärme im Wärme dämmenden Gehäuse nach oben steigt, ist es günstig, wenn die Steigrohre im Wesentlichen in vertikaler Richtung verlaufen. Günstiger Weise sind die Steigrohre aus einem bis etwa 900°C hitzebeständigen Material hergestellt.

[0019] Für eine kompakte Bauweise der Vorrichtung und eine Energie-effiziente Erzeugung des Dampfes ist es günstig, wenn die erste Verdampferstufe und die Überhitzerstufe übereinander angeordnet sind. Dabei sind die erste Verdampferstufe und die Überhitzerstufe zweckmäßiger Weise in Strömungsrichtung der vom Wärmespeicher abgegebenen Wärme angeordnet.

[0020] Um die Bauhöhe der Vorrichtung gering zu halten, ist es günstig, wenn der Verdampfer, in einem mit dem Wärmespeicher gemeinsamen Wärme dämmenden Gehäuse, seitlich des Wärmespeichers, um den Wärmespeicher herum angeordnet ist und die erste Verdampferstufe oberhalb der Überhitzerstufe angeordnet ist. Dabei kann der Verdampfer entlang eines Teils des Umfangs des Wärmespeichers oder um den gesamten Umfang des Wärmespeichers herum verlaufen. Um die vom Wärmespeicher abgegebene Wärme über den Verdampfer zu leiten ist es günstig, den vom Wärmespeicher abgegebenen Wärmestrom auf die Seite zum Verdampfer umzuleiten und den umgeleiteten Wärmestrom im Vergleich zur Strömungsrichtung im Wärmespeicher in der hierzu entgegengesetzten Richtung über den Verdampfer zu leiten. Dabei ist die erste Verdampferstufe oberhalb der Überhitzerstufe angeordnet.

[0021] Alternativ kann vorgesehen sein, dass der Verdampfer, in einem mit dem Wärmespeicher gemeinsamen Wärme dämmenden Gehäuse, oberhalb des Wärmespeichers angeordnet ist und die Überhitzerstufe oberhalb der ersten Verdampferstufe angeordnet ist. Diese Ausführungsform ermöglicht die Vorrichtung schlank, d.h. mit geringen Abmessungen in horizontaler Richtung, auszubilden. Zudem kann der vom Wärmespeicher abgegebene Wärmestrom im Wesentlichen ohne Umleitung über den darüber angeordneten Verdampfer geleitet werden.

Dabei ist die Überhitzerstufe oberhalb der ersten Verdampferstufe angeordnet.

[0022] Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Wärmespeicher und der Verdampfer in einem gemeinsamen Wärme dämmenden Gehäuse angeordnet sind und jeweils eine umfangsseitig geschlossene, am Boden und an der Oberseite zumindest teilweise offene Seitenwand aufweisen, welche zur Ausbildung eines Strömungskanals von einer Innenwand des Wärme dämmenden Gehäuses beabstandet ist. Die Seitenwände dienen dem definierten Leiten des Wärmestroms im Wärme dämmenden Gehäuse. Die Seitenwand des Wärmespeichers und die Seitenwand des Verdampfers verhindern insbesondere einen Austritt des Wärmestroms aus dem Wärmespeicher und aus dem Verdampfer zu Seite hin, sodass der Wärmestrom im Wesentlichen zwischen dem Boden und der Oberseite des Wärmespeichers und dem Boden und der Oberseite des Verdampfers sowie im Strömungskanal verläuft.

[0023] Beispielsweise können die Innenwand des Wärme dämmenden Gehäuses und die Seitenwände des Wärmespeichers und des Verdampfers zylinderförmig ausgebildet sein, um zwischen dem Gehäuse und den Seitenwänden einen vorzugsweise symmetrischen ringförmigen Spalt als Strömungskanal zu erhalten. Wenn die Seitenwände des Wärmespeichers und des Verdampfers übereinander angeordnet sind, ist die Seitenwand des Wärmespeichers günstiger Weise zumindest abschnittsweise mit der Seitenwand des Verdampfers verbunden.

[0024] Besonders vorteilhaft ist es, wenn zur Umwälzung von Heißluft durch den Wärmespeicher und den Verdampfer zumindest ein Gebläse vorgesehen ist. Mittels des Gebläses kann die Heißluft durch den Wärmespeicher geleitet werden, um die Heißluft auf die am Verdampfer benötigte Verdampfer-Temperatur aufzuheizen. Zudem kann mittels des Gebläses die auf die Verdampfer-Temperatur aufgeheizte Heißluft über bzw. durch den Verdampfer geleitet werden, wobei sie wieder abkühlt und zum Wärmespeicher zurückströmt. In einer alternativen Ausführungsform kann das Gebläse entfallen und die Wärmeströmung durch den Wärmespeicher und den Verdampfer stellt sich selbstständig ein, da die heiße Luft des Wärmespeichers nach oben steigt und die am Verdampfer abgekühlte Luft nach unten absinkt und zum Wärmespeicher zurückströmt.

[0025] Für eine effiziente Aufheizung des Wärmespeichers ist es günstig, wenn das Gebläse zum Umkehren der Strömungsrichtung der Heißluft umschaltbar ausgebildet ist. Zweckmäßiger Weise wird das Gebläse angesteuert, die Heißluft für die Aufheizung des Wärmespeichers in Richtung von der Oberseite zum Boden des Wärmespeichers zu führen und für die Wärmeabgabe der Heißluft an den Verdampfer in Richtung vom Boden zur Oberseite des Wärmespeichers zu führen. Hierfür kann das Gebläse mit einer Steuereinrichtung bzw. einer Betätigungseinrichtung verbunden sein.

[0026] Wenn das Gebläse im seitlich des Wärmespeichers vorgesehenen Strömungskanal angeordnet ist, ist für die Unterbringung des Gebläses in der Vorrichtung kein zusätzlicher Platz vorzusehen. Beispielsweise kann das Gebläse möglichst nahe dem Boden des Wärmespeichers vorgesehen sein. Konstruktionen, welche das Gebläse unterhalb des Wärmespeichers vorsehen, sind ebenso möglich, wobei sich dann der Strömungskanal auch unterhalb des Wärmespeichers erstreckt.

[0027] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass der Verdampfer in einem mit dem Wärmespeicher gemeinsamen Wärme dämmenden Gehäuse angeordnet ist und zwischen dem Wärmespeicher und dem Verdampfer eine Schließeinrichtung vorgesehen ist, welche zwischen einer Schließ-Position, in welcher eine Luftzirkulation vom Wärmespeicher zum Verdampfer unterbrochen ist, und einer offenen Position, in welcher die Luftzirkulation vom Wärmespeicher zum Verdampfer freigegeben ist, verstellbar ist. Die Schließeinrichtung kann somit zwischen der Oberseite des Wärmespeichers und dem Boden des Verdampfers vorgesehen sein. Die Schließeinrichtung reduziert in der Schließ-Position eine Wärmeabgabe vom Wärmespeicher an den Verdampfer. Dies ist zweckmäßig, wenn eine Wärmeabgabe bzw. Abkühlung des Wärmespeichers, insbesondere während des Aufheizens des Wärmespeichers, vermieden oder zumindest reduziert werden soll. Demgegenüber ermöglicht die Schließeinrichtung in der offenen Position eine möglichst ungehinderte Wärmeabgabe vom Wärmespeicher

an den Verdampfer zur Dampferzeugung. Zweckmäßiger Weise weist die Schließeinrichtung Wärme dämmendes Material auf. Die Schließeinrichtung kann für ihre Verstellung mit einer Steuereinrichtung bzw. einer Betätigungseinrichtung verbunden sein.

[0028] Hinsichtlich einer zuverlässigen und kostengünstigen Konstruktion ist es vorteilhaft, wenn die Schließeinrichtung einen offenbaren Deckel oder zumindest eine Abdeckklappe aufweist, welche zwischen der Schließ-Position und der offenen Position verstellbar sind. Für eine möglichst ungehinderte Wärmeabgabe vom Wärmespeicher an den Verdampfer kann der Deckel vom Wärmespeicher abhebbar ausgebildet sein, sodass im Wesentlichen über die gesamte Oberseite des Wärmespeichers Wärme abgegeben werden kann. Im Fall der zumindest einen Abdeckklappe kann diese eine Schwenkachse aufweisen, um zwischen der Schließ-Position und der offenen Position verschwenkt zu werden. Beispielsweise kann die Schwenkachse durch die Mitte der Abdeckklappe verlaufen.

[0029] Um im Strömungskanal einen Wärmeübergang zwischen dem Wärmespeicher und dem Verdampfer beeinflussen zu können, kann zwischen einem Abschnitt des Strömungskanals seitlich des Wärmespeichers und einem Abschnitt des Strömungskanals seitlich des oberhalb des Wärmespeichers angeordneten Verdampfers eine Luftzirkulationssperre vorgesehen sein.

[0030] Eine besonders einfache Konstruktion kann beispielsweise dadurch realisiert sein, dass die Luftzirkulationssperre mäanderförmige Luftleitbleche aufweist, welche eine wärmebedingte Luftzirkulation vom Abschnitt des Strömungskanals seitlich des Wärmespeichers zum Abschnitt des Strömungskanals seitlich des Verdampfers unterbrechen und eine durch das Gebläse erzeugte Luftzirkulation vom Abschnitt des Strömungskanals seitlich des Verdampfers zum Abschnitt des Strömungskanals seitlich des Wärmespeichers durch die Luftzirkulationssperre zulassen. Eine derartige Konstruktion der Luftzirkulationssperre ist frei von beweglichen Komponenten und ist daher besonders zuverlässig. Da die mäanderförmigen Luftleitbleche einen geschlungenen Pfad zwischen den Abschnitten des Strömungskanals seitlich des Wärmespeichers und seitlich des Verdampfers bilden, kann vom Wärmespeicher abgegebene bzw. aufsteigende Wärme selbstständig, d.h. ohne eine Unterstützung durch ein Gebläse, nur in einem sehr geringen Ausmaß durch die Luftzirkulationssperre zum Verdampfer strömen. Demgegenüber kann unterstützt durch das Gebläse die den Verdampfer verlassende Heißluft durch den Strömungskanal und daher auch durch die Luftzirkulationssperre zum Wärmespeicher zurückgeführt werden.

[0031] Andererseits kann vorgesehen sein, dass die Luftzirkulationssperre Klappen aufweist, welche zwischen einer Schließ-Position, in welcher eine Luftzirkulation zwischen den Abschnitten des Strömungskanals unterbrochen ist, und einer offenen Position, in welcher die Luftzirkulation zwischen den Abschnitten des Strömungskanals freigegeben ist, verstellbar sind. Somit können die Klappen beim Aufheizen des Wärmespeichers in die Schließ-Position verstellt werden, um die Heißluft nur über den Wärmespeicher und den Abschnitt des Strömungskanals seitlich des Wärmespeichers zu führen. Während der Dampferzeugung können die Klappen in die offene Position verstellt werden, um die den Verdampfer verlassende Heißluft durch den Strömungskanal seitlich des Verdampfers und seitlich des Wärmespeichers zum Wärmespeicher zurück strömen zu lassen. Die Klappen können für ihre Verstellung mit einer Steuereinrichtung bzw. einer Betätigungseinrichtung verbunden sein.

[0032] Wenn oberhalb der Überhitzerstufe des oberhalb des Wärmespeichers angeordneten Verdampfers ein vertikal verstellbarer Deckel, zur Einstellung eines Abstands des Deckels von der Überhitzerstufe, vorgesehen ist, kann durch vertikale Verstellung des Deckels die Dampferzeugung gesteuert werden. Demgemäß kann auch die Drehzahl der mit dem erzeugten Dampf angetriebenen Turbine eingestellt werden. Zum Heben und Senken des Deckels kann dieser mit einer Kette oder einem Drahtseil verbunden sein. Vorzugsweise kann der Deckel auf die Überhitzerstufe oder nahe an die Überhitzerstufe abgesenkt werden. Dabei sind zweckmäßiger Weise der Wärmespeicher, der Verdampfer und der Deckel in einem gemeinsamen Wärme dämmenden Gehäuse aufgenommen.

[0033] Für die Verbesserung des Wärmeübergangs der Heißluft auf den Verdampfer, insbe-

sondere auf die Steigrohre des Verdampfers, ist es günstig, wenn im Gehäuse im Vergleich zur Umgebungsluft mit Kohlendioxid angereicherte Luft aufgenommen ist, da bei der Speicherung und Abgabe von Wärme im und vom Wärmespeicher keine hinreichende Menge Kohlendioxid selbst erzeugt wird.

[0034] Um auch durch einen nicht vollständig aufgeheizten Wärmespeicher Wärme hoher Temperatur an den Verdampfer abgeben zu können, ist es zweckmäßig, wenn im Wärmespeicher zumindest eine Wärme dämmende Schicht vorgesehen ist. Die Wärme dämmende Schicht, welche vorzugsweise horizontal verlaufend im Wärmespeicher angeordnet ist, bewirkt eine Unterteilung des Wärmespeichers in vorzugsweise übereinander liegende Segmente. Demnach kann mit einem vergleichsweise geringen Wärmeeintrag in den Wärmespeicher, dieser zumindest teilweise, d.h. in zumindest einem Segment, auf hohe Temperatur aufgeheizt werden, während die übrigen Segmente, für deren Aufheizung der Wärmeeintrag zu gering ist, im Wesentlichen ihre geringere Temperatur beibehalten. Dabei wird ausgenutzt, dass sich beim Aufheizen des Wärmespeichers die Wärme von der Fläche des Wärmeeintrags in den Wärmespeicher, vorzugsweise der Oberseite des Wärmespeichers, mit einem nichtlinearen Temperaturprofil zur gegenüberliegenden Fläche des Wärmespeichers, vorzugsweise dem Boden des Wärmespeichers, ausbreitet. Somit werden beim Aufheizen die der Fläche des Wärmeeintrags näherliegenden Segmente zeitlich vor den von der Fläche des Wärmeeintrags weiter entfernten Segmenten aufgeheizt. Die Wärme dämmende Schicht reduziert den natürlichen Wärmeübergang von den wärmeren zu den kühleren Segmenten im Wärmespeicher. Die Wärme der aufgeheizten Segmente kann für die Dampferzeugung bei hoher Temperatur und somit für einen Betrieb der an der Vorrichtung angeschlossenen Turbine mit hoher Drehzahl genutzt werden. Vorzugsweise sind mehr als eine Wärme dämmende Schicht, beispielsweise 2, 3 oder 4 Wärme dämmende Schichten im Wärmespeicher vorgesehen.

[0035] Die Erfindung sieht auch eine Kombination der zuvor genannten Vorrichtung, bei welcher der Wärmespeicher und der Verdampfer in jeweils einem eigenen Wärme dämmenden Gehäuse aufgenommen sind, mit einer Stromerzeugungseinrichtung vor, die eine Gasturbine und einen Wärmetauscher aufweist, wobei ein Luftauslass aus dem Verdampfer mit einem Lufteinlass in den Wärmespeicher verbunden ist, ein Luftauslass aus dem Wärmespeicher mit dem Wärmetauscher verbunden ist, welcher einem Lufteingang der Gasturbine vorgeschaltet ist, und ein Luftausgang der Gasturbine mit einem Lufteinlass in den Verdampfer verbunden ist. Dabei kann die Gasturbine eine Drehwelle aufweisen, mit welcher ein Verdichter und ein elektrischer Generator verbunden sind, wobei der Verdichter einen Lufteingang und einen verdichtete Luft bereitstellenden Luftausgang aufweist, welcher zur Aufheizung der verdichteten Luft über den Wärmetauscher mit dem Lufteingang der Gasturbine verbunden ist. Da der Wärmetauscher zur Versorgung mit Heißluft mit dem Luftauslass des Wärmespeichers verbunden ist, kann die von der Vorrichtung über den Luftauslass bereitgestellte Heißluft zur Stromerzeugung genutzt werden.

[0036] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von bevorzugten, nicht einschränkenden Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen noch weiter erläutert. Es zeigen:

- [0037]** Fig. 1 eine Ausführungsform einer schematisch dargestellten Vorrichtung gemäß der Erfindung in einer Schnittansicht;
- [0038]** Fig. 1a eine Ausführungsform eines schematisch dargestellten Wärmespeichers;
- [0039]** Fig. 1b eine detailliertere Ansicht eines Teils der Wärmespeichers aus Fig. 1a;
- [0040]** Fig. 2 eine weitere Ausführungsform einer schematisch dargestellten Vorrichtung gemäß der Erfindung in einer Schnittansicht, mit einer Abdeckklappen aufweisenden Schließeinrichtung;
- [0041]** Fig. 2a eine detailliertere Ansicht der Schließeinrichtung aus Fig. 2;

- [0042] Fig. 2b eine Ansicht auf einen Horizontalschnitt durch die Vorrichtung aus Fig. 2 von oben auf Höhe des Verdampfers;
- [0043] Fig. 3 eine weitere Ausführungsform einer schematisch dargestellten Vorrichtung gemäß der Erfindung in einer Schnittansicht, mit einer Abdeckklappen aufweisenden Schließeinrichtung und mit elektrischen Heizelementen im Wärme dämmenden Gehäuse außerhalb des Wärmespeichers;
- [0044] Fig. 3a eine detailliertere Ansicht der Schließeinrichtung aus Fig. 3;
- [0045] Fig. 3b eine Ansicht auf einen Horizontalschnitt durch die Vorrichtung aus Fig. 3 von oben auf Höhe des Wärmespeichers;
- [0046] Fig. 4 eine weitere Ausführungsform einer schematisch dargestellten Vorrichtung gemäß der Erfindung, ohne Gebläse, in einer Schnittansicht;
- [0047] Fig. 5 eine weitere Ausführungsform einer schematisch dargestellten Vorrichtung gemäß der Erfindung, mit einer externen Heißluftquelle, in einer Schnittansicht;
- [0048] Fig. 5a eine andere Ausführungsform einer schematisch dargestellten Vorrichtung gemäß der Erfindung, mit einer externen Heißluftquelle, in einer Schnittansicht;
- [0049] Fig. 6 eine weitere Ausführungsform einer schematisch dargestellten Vorrichtung gemäß der Erfindung, in welcher der Verdampfer seitlich des Wärmespeichers angeordnet ist, in einer Schnittansicht;
- [0050] Fig. 6a eine andere Ausführungsform einer schematisch dargestellten Vorrichtung gemäß der Erfindung, in welcher der Verdampfer seitlich des Wärmespeichers angeordnet ist, in einer Schnittansicht;
- [0051] Fig. 7 eine schematisch dargestellte Vorrichtung nicht gemäß der Erfindung, in welcher die elektrischen Heizelemente und die Steigrohre der ersten Verdampferstufe und der Überhitzerstufe nebeneinander im Wärmespeicher angeordnet sind, in einer Schnittansicht;
- [0052] Fig. 7a eine Ansicht auf einen Horizontalschnitt durch einen Teil der Vorrichtung aus Fig. 7 von oben;
- [0053] Fig. 8 eine Schnittansicht durch einen schematisch dargestellten Wärmespeicher, in welchem vier Wärme dämmende Schichten vorgesehen sind;
- [0054] Fig. 8a ein Temperaturprofil im Wärmespeicher aus Fig. 8;
- [0055] Fig. 9 eine weitere Ausführungsform einer schematisch dargestellten Vorrichtung gemäß der Erfindung, in welcher der Wärmespeicher und der Verdampfer separat, in jeweils einem eigenen Wärme dämmenden Gehäuse aufgenommen sind, in einer Schnittansicht;
- [0056] Fig. 10 eine weitere Ausführungsform einer schematisch dargestellten Vorrichtung gemäß der Erfindung, in welcher der Wärmespeicher und der Verdampfer separat, in jeweils einem eigenen Wärme dämmenden Gehäuse aufgenommen sind, in einer Schnittansicht, wobei die Vorrichtung mit einer Stromerzeugungseinrichtung verbunden ist; und
- [0057] Fig. 11 bis 13 zeigen eine Vorrichtung gemäß der Erfindung, die mit einem Energieversorgungssystem verbunden ist.
- [0058] Fig. 1 zeigt eine Ausführungsform der Vorrichtung 1 gemäß der Erfindung in Verwendungsposition, in einer Schnittansicht. Die Vorrichtung 1 weist einen Wärmespeicher 2, eine dem Wärmespeicher 2 zugeordnete Wärmeversorgungseinrichtung 16, zum Erwärmen des Wärmespeichers 2, einen benachbart zum Wärmespeicher 2 angeordneten Verdampfer 3,

einen mit dem Verdampfer 3 verbundenen Dampfdruckkessel 4 und eine Anschlussvorrichtung 5 zur Verbindung mit einer Dampf-betriebenen Turbine 6 auf. Der Verdampfer 3, welcher im in Fig. 1 dargestellten Beispiel oberhalb des Wärmespeichers 2 positioniert ist, ist vorgesehen, um durch vom Wärmespeicher 2 abgegebene Wärme erhitzt zu werden. Der Verdampfer 3 weist eine erste Verdampferstufe 3a und eine damit über den Dampfdruckkessel 4 verbundene Überhitzerstufe 3b auf. Ein Einlass 7 der ersten Verdampferstufe 3a ist mit einem Flüssigkeitsauslass 8 des Dampfdruckkessels 4 verbunden und ein Auslass 9 der ersten Verdampferstufe 3a ist mit einem Flüssigkeitseinlass 10 des Dampfdruckkessels 4 verbunden. Zudem ist ein Einlass 11 der Überhitzerstufe 3b mit einem Dampfauslass 12 des Dampfdruckkessels 4 verbunden und ein Auslass 13 der Überhitzerstufe 3b ist mit der Anschlussvorrichtung 5 zur Verbindung mit der Dampf-betriebenen Turbine 6 verbunden. Der Dampfdruckkessel 4 ist zur Aufnahme der im Verdampfer 3 zu verdampfenden Flüssigkeit F und zur Aufnahme des dabei entstehenden Dampfes D vorgesehen.

[0059] Fig. 1 zeigt zudem, dass der Wärmespeicher 2 und der Verdampfer 3 in einem Wärme dämmenden Gehäuse 14 aufgenommen sind. Zudem ist erkennbar, dass die erste Verdampferstufe 3a und die Überhitzerstufe 3b des oberhalb des Wärmespeichers 2 positionierten Verdampfers 3 übereinander angeordnet sind. Insbesondere ist die Überhitzerstufe 3b oberhalb der ersten Verdampferstufe 3a angeordnet. Zur Aufnahme der zu verdampfenden Flüssigkeit F und des Dampfes D weisen die erste Verdampferstufe 3a und die Überhitzerstufe 3b mit dem Dampfdruckkessel 4 verbundene Steigrohre 15 auf. Da der Verdampfer 3 oberhalb des Wärmespeichers 2 positioniert ist, verlaufen die Steigrohre 15 bevorzugt im Wesentlichen in vertikaler Richtung R.

[0060] Für die Aufheizung des Wärmespeichers 2 auf eine für die Dampferzeugung zweckmäßige Temperatur, ist die Wärmeversorgungseinrichtung 16 vorgesehen, die im in Fig. 1 dargestellten Beispiel elektrische Heizelemente 17 aufweist, welche im Wärmespeicher 2 angeordnet sind. Die Heizelemente 17 können als Heizstäbe 17a, Heizmatten 17b oder Blechplatten 17c aus Widerstandslegierungen in den Wärmespeicher 2 eingeschoben oder horizontal in den Wärmespeicher 2 eingelegt sein.

[0061] Fig. 1a zeigt schematisch eine beispielhafte Ausführungsform eines Wärmespeichers 2, welcher, um Abkühlverluste zu minimieren, eine Würfel-ähnliche Form aufweist. Der Wärmespeicher 2 kann jedoch auch andere Formen aufweisen, beispielsweise die Form eines Quaders, eines Zylinders mit runder Grundfläche oder eines Prismas. Der Wärmespeicher 2 weist bevorzugt Schamottesteine (S1), Magnesitsteine (S2), Natursteine (S3), Keramikkörper (S4) oder Sand (S5) zur Wärmespeicherung auf. Zum Durchtritt von mit CO₂ angereicherter Heißluft durch den Wärmespeicher 2 erstrecken sich in diesem, vorzugsweise in oder zwischen den Schamottesteinen, Magnesitsteinen, Natursteinen oder Keramikkörpern Kanäle 18, siehe auch Fig. 1. Die Kanäle 18 erstrecken sich im dargestellten Beispiel in vertikaler Richtung, vorzugsweise geradlinig, d.h. von einem Boden 19 des Wärmespeichers 2 zu einer Oberseite 20 Wärmespeichers 2. Fig. 1a lässt auch zwischen die oben genannten Steinlagen eingelegte Blechplatten 17c aus Widerstandslegierungen mit mäanderförmigem Zuschnitt erkennen. Öffnungen 21 in den Blechplatten 17c erlauben eine Luftzirkulation durch den Wärmespeicher 2. Die Anzahl der Steine und die Anordnung der Luftkanäle 18 können in Form und Anzahl variieren; je nach Größe des Wärmespeichers 2. Im in Fig. 1a dargestellten Beispiel sind drei Heizleiter 22 in Stern geschaltet und werden mit Drehstrom versorgt.

[0062] Fig. 1b zeigt einen Teil des Wärmespeichers 2 aus Fig. 1a, oben in einem Aufriss und unten in einem Grundriss, mit einem Abschnitt einer Blechplatte 17c und mit einem Abschnitt eines Heizleiters 22.

[0063] Aus Fig. 1 ist weiters ersichtlich, dass der Wärmespeicher 2 und der Verdampfer 3 jeweils eine umfangsseitig geschlossene Seitenwand 23a, 23b aufweisen. Die Seitenwand 23a des Wärmespeichers 2 ist am Boden 19 und an der Oberseite 20 des Wärmespeichers 2 zumindest teilweise offen ausgebildet. Ebenso ist die Seitenwand 23b des Verdampfers 3 am Boden 24 und an der Oberseite 24a des Verdampfers 3 zumindest teilweise offen ausgebildet.

det. Die Seitenwände 23a, 23b sind zur Ausbildung eines Strömungskanals 25 von einer Innenwand 14a des Wärme dämmenden Gehäuses 14 beabstandet. Somit kann Heißluft, die zur Erzeugung des Dampfes D vom Wärmespeicher 2 durch den Verdampfer 3 strömt, durch den Strömungskanal 25 zum Wärmespeicher 2 zurück strömen. Um die Zirkulation der Heißluft durch den Wärmespeicher 2, über den Verdampfer 3 und zum Wärmespeicher 2 wieder zurück in der Vorrichtung 1 bzw. im Wärme dämmenden Gehäuse 14 zu unterstützen, sind im in Fig. 1 dargestellten Beispiel zumindest zwei Gebläse 26 vorgesehen. Zweckmäßiger Weise sind die Gebläse 26 zur Erzeugung einer Luftströmung innerhalb der Seitenwände 23a, 23b vom Wärmespeicher 2 zum Verdampfer 3 und innerhalb des Strömungskanals 25 vom Verdampfer 3 zum Wärmespeicher 2 ausgebildet. Da die Aufheizung des Wärmespeichers 2 günstiger Weise von seiner Oberseite 20 zu seinem Boden 19 erfolgt, ist es zweckmäßig, wenn die Gebläse 26 zum Umkehren der Strömungsrichtung der Heißluft ausgebildet sind. Das zumindest eine bzw. beide Gebläse 26 kann/können im Strömungskanal 25 angeordnet sein. Dabei können die Gebläse 26 zusätzlich unterhalb des Bodens 19 des Wärmespeichers 2 positioniert sein.

[0064] In Fig. 1 ist weiters zu erkennen, dass zwischen dem Wärmespeicher 2 und dem Verdampfer 3, innerhalb der Seitenwände 23a, 23b, d.h. im vom Strömungskanal 25 seitlich begrenzten Raum, eine Schließeinrichtung 27 vorgesehen ist. Die Schließeinrichtung 27 ist für eine Verstellung zwischen einer Schließ-Position, in welcher eine Luftzirkulation vom Wärmespeicher 2 zum Verdampfer 3 unterbrochen ist, und einer offenen Position, in welcher die Luftzirkulation vom Wärmespeicher 2 zum Verdampfer 3 freigegeben ist, ausgebildet. Somit kann während des Aufheizens des Wärmespeichers 2 eine Wärmeabgabe vom Wärmespeicher 2 an den Verdampfer 3 weitgehend unterbunden werden, während die Wärmeabgabe zur Dampferzeugung freigegeben werden kann. Im in Fig. 1 dargestellten Beispiel ist die Schließeinrichtung 27 als öffentlicher Deckel 27a ausgebildet und in der Schließ-Position dargestellt.

[0065] Fig. 1 zeigt zudem eine Luftzirkulationssperre 28 zwischen dem Abschnitt 25a des Strömungskanals 25 seitlich des Wärmespeichers 2 und dem Abschnitt 25b des Strömungskanals 25 seitlich des oberhalb des Wärmespeichers 2 angeordneten Verdampfers 3. Die Luftzirkulationssperre 28 weist im in Fig. 1 dargestellten Beispiel mäanderförmige Luftleitbleche 29 auf, welche eine wärmebedingte Luftzirkulation vom Abschnitt 25a des Strömungskanals 25 seitlich des Wärmespeichers 2 zum Abschnitt 25b des Strömungskanals 25 seitlich des Verdampfers 3 unterbrechen und eine durch das Gebläse 26 erzeugte Luftzirkulation vom Abschnitt 25b des Strömungskanals 25 seitlich des Verdampfers 3 zum Abschnitt 25a des Strömungskanals 25 seitlich des Wärmespeichers 2 durch die Luftzirkulationssperre 28 zulassen. Um die Dampferzeugung bzw. die Drehzahl der Dampf-betriebenen Turbine 6 regeln zu können, kann wie im Beispiel gemäß Fig. 1 oberhalb der Überhitzerstufe 3b des oberhalb des Wärmespeichers 2 angeordneten Verdampfers 3 ein vertikal verstellbarer Deckel 30 vorgesehen sein. Der Deckel 30 ist günstiger Weise mit einer Hebeeinrichtung 31, beispielsweise einer Führungskette 31a oder einem Führungsseil 31b verbunden, um damit den Abstand des Deckels 30 zur Überhitzerstufe 3b einstellen zu können. Die Hebeeinrichtung 31 kann mit einem Gegengewicht 32 verbunden sein, welches einen Absturz des Deckels 30 bei Ausfall eines Deckelantriebs verhindert und die erforderliche Antriebsleistung des Deckelantriebs reduziert.

[0066] Der Dampfdruckkessel 4 weist einen Einlass 33 auf. Über diesen Einlass 33 und beispielsweise über eine Speisewasserpumpe wird dem Dampfdruckkessel 4 Frischwasser bzw. Kondensat zugeführt. Dieses Wasser wird in den Verdampfer 3 (erste Verdampferstufe 3a) gedrückt von wo aus es als Dampf mit bspw. 50 bar in den oberen Teil des Dampfdruckkessels 4 strömt. Dieser noch gesättigte Dampf wird dann durch die Überhitzerstufe 3b, die als Überhitzer wirkt, in welcher die Temperatur des Dampfes auf bspw. 550°C erhöht wird, der Hochdruckstufe der Dampf-betriebenen Turbine 6 zugeführt. Die Druck bzw. Temperaturbereiche können je nach verwendeter Dampfturbine 6 variieren.

[0067] Die in den Figuren mit dem Bezugszeichen W versehenen Pfeile deuten die Richtung des Wärmestroms an.

[0068] Vorrichtungen 1 dieser Bauart können ab einem Gewicht des Wärmespeichers 2 von

etwa 5000 Tonnen (5 Millionen Kilogramm) zweckmäßig errichtet werden, um eine Dampf-betriebene Turbine 6 mit einer Leistung von etwa 25MW zu betreiben. Ein Gewicht des Wärmespeichers 2 von etwa 25000 Tonnen (25 Millionen Kilogramm) zum Antrieb einer Dampf-betriebene Turbine 6 mit einer Leistung von etwa 125MW erscheinen noch realistisch. Für die Ausführung des Verdampfers 3 sind große Querschnitte notwendig, bspw. ab 100-150m². Die Vorrichtung 1 kann bspw. eine zylindrische Form mit einer kreisförmigen oder Polygon-förmigen Grundfläche aufweisen. Die maximale Temperatur in der Vorrichtung 1 ist durch die Festigkeit der tragenden Stahlteile begrenzt. Daher ist eine max. Temperatur der Speichersteine im Wärmespeicher 2 günstiger Weise mit etwa 700-750°C anzusetzen.

[0069] Um möglichst schnell elektrische Energie an das angeschlossene Netz zu liefern, kann die Dampf-betriebene Turbine 6 dauerhaft im Leerlauf betrieben werden. Um die geringe Dampfmenge für den Leerlauf der Dampf-betriebene Turbine 6 nachzuliefern, sind nur geringe Heißluftmengen in der Vorrichtung 1 notwendig. Die geringen Heißluftmengen können durch geeignete Einstellung der Schließeinrichtung 27 zwischen dem Wärmespeicher 2 und dem Verdampfer 3 oder durch den vertikal verstellbaren Deckel 30 oberhalb der Überhitzerstufe 3b eingestellt werden. Für eine geringe Anlaufzeit der Vorrichtung 1 kann diese günstiger Weise dauerhaft mit Dampf beaufschlagt werden.

[0070] Fig. 2 zeigt eine Ausführungsform der Vorrichtung 1, in welcher die Schließeinrichtung 27 statt eines öffnenbaren Deckels 27a zumindest eine Abdeckklappe 27b aufweist, welche zwischen der Schließ-Position und der offenen Position verstellbar ist. In Fig. 2 sind vier als Drehklappen 27c ausgebildete Abdeckklappen 27b dargestellt. Die Drehklappen 27c weisen jeweils eine Drehwelle 27d auf.

[0071] Fig. 2a zeigt die vier als Drehklappen 27c ausgebildeten Abdeckklappen 27b in einer Ansicht von oben. Die drehbaren Abdeckklappen 27b ermöglichen eine feine Einstellung der Wärmeströmung vom Wärmespeicher 2 zum Verdampfer 3.

[0072] Fig. 2b zeigt eine Ansicht auf einen Schnitt in horizontaler Richtung durch die Vorrichtung 1 aus Fig. 2, auf Höhe des Verdampfers 3, von oben. Deutlich erkennbar sind das Wärme dämmende Gehäuse 14, der Abschnitt 25b des Strömungskanal 25 und die Steigrohre 15 des Verdampfers 3.

[0073] Fig. 3 zeigt eine Ausführungsform der Vorrichtung 1 in einer Schnittansicht, mit einer Abdeckklappen 27b aufweisenden Schließeinrichtung 27. Zudem ist erkennbar, dass die Luft-zirkulationssperre 28 Klappen 34 aufweist, welche zwischen einer Schließ-Position, in welcher eine Luftzirkulation zwischen den Abschnitten 25a, 25b des Strömungskanal 25 unterbrochen ist, und einer offenen Position, in welcher die Luftzirkulation zwischen den Abschnitten 25a, 25b des Strömungskanal 25 freigegeben ist, verstellbar sind. Die elektrischen Heizelemente 17 sind innerhalb des Wärme dämmenden Gehäuses 14, außerhalb des Wärmespeichers 2, insbesondere im Abschnitt 25a des Strömungskanal 25 seitlich des Wärmespeichers 2 vorgesehen. Zum Aufheizen des Wärmespeichers 2 werden die Abdeckklappen 27b und die Klappen 34 in die Schließ-Position gebracht und das Gebläse 26 derart angesteuert, dass die Luft im Abschnitt 25a des Strömungskanal 25 nach oben strömt. Somit strömt die aufgeheizte Luft durch den Wärmespeicher 2, von seiner Oberseite 20 zu seinem Boden 19 hin, und heizt den Wärmespeicher 2 auf. Für die Dampferzeugung werden die Abdeckklappen 27b und die Klappen 34 geöffnet und das Gebläse 26 zum Umkehren der Strömungsrichtung der Heißluft angesteuert, sodass die Luft vom Boden 19 des Wärmespeichers 2 zum Verdampfer 3 strömt.

[0074] Fig. 3a zeigt eine detailliertere Ansicht der Schließeinrichtung 27 aus Fig. 3. Die Schließeinrichtung 27 weist sechs als Drehklappen 27c ausgebildete Abdeckklappen 27b auf.

[0075] Fig. 3b eine Ansicht auf einen Schnitt in horizontaler Richtung durch die Vorrichtung 1 aus Fig. 3, auf Höhe des Wärmespeichers 2, von oben. Deutlich erkennbar sind das Wärme dämmende Gehäuse 14, der Wärmespeicher 2 mit den Kanälen 18, der Abschnitt 25a des Strömungskanal 25, in welchen an der Innenwand 14a des Wärme dämmenden Gehäuses 14 Heizelemente 17 aufgenommen sind, und drei mit den Heizelementen 17 verbundene Heizleiter

22, zur Stromversorgung der Heizelemente 17.

[0076] Fig. 4 zeigt eine weitere Ausführungsform der Vorrichtung 1, ohne Gebläse 26. In dieser Ausführungsform erfolgt die Luftzirkulation in der Vorrichtung 1 selbstständig, nur auf Grund der Temperaturunterschiede zwischen dem heißen Wärmespeicher 2 und der kühleren Überhitzerstufe 3b. Die Schließeinrichtung 27 weist einen offenbaren Deckel 27a auf, welcher zwischen der Schließ-Position und der offenen Position verstellbar ist. Zudem sind wie in Fig. 3 Klappen 34 als Luftzirkulationssperre 28 vorgesehen. Zum Aufheizen des Wärmespeichers 2 werden die Klappen 34 und der Deckel 27a in die Schließ-Positionen gestellt und zur Erzeugung von Dampf werden die Klappen 34 und der Deckel 27a in die offene Position gestellt. Die elektrischen Heizelemente 17 sind innerhalb des Wärmespeichers 2 angeordnet.

[0077] Fig. 5 zeigt eine Ausführungsform der Vorrichtung gemäß der Erfindung 1, mit einer externen Heißluftquelle. Gemäß dieser Ausführungsform weist die Wärmeversorgungseinrichtung 16 einen Einlass 35 und einen Auslass 36 zur Verbindung des Wärmespeichers 2 mit einer externen Heißluftquelle 37 auf. Der Einlass 35 und der Auslass 36 können vom Wärmespeicher 2 beabstandet sein und stehen mit diesem in einer Wirkverbindung. Die externe Heißluftquelle 37 ist über vorzugsweise absperrbare Rohrleitungen 38, welche hierfür bspw. eine Absperrklappe 39 aufweisen, mit dem Einlass 35 und dem Auslass 36 verbunden. Die externe Heißluftquelle 37 weist einen Wärmetauscher 40 auf, der vorzugsweise ein Luft-Luft Wärmetauscher ist und im Gegenstrom oder Kreuzstromprinzip ausgeführt ist. Die dem Wärmetauscher 40 zugeführten Heißgase können bei industriellen Prozessen, z.B. bei der Verbrennung von Müll oder bei der Zementherstellung, unregelmäßig anfallen und dennoch mittels der Vorrichtung 1 für die Stromerzeugung zu gewünschten Zeitpunkten verwendet werden. Der Luftstrom zum Beheizen des Wärmespeichers 2 wird im Wärmetauscher 40 und mittels eines Heißluftgebläses 41 erzeugt und über die Absperrklappe 39 geführt. Zur Erhöhung der Heißlufttemperatur weist die externe Heißluftquelle 37 im in Fig. 5 dargestellten Beispiel zudem elektrische Heizelemente 17 auf. Diese können z.B. im Wärmetauscher 40 integriert oder in einer separaten Kammer 42 angeordnet sein, die mit der mit dem Einlass 35 verbundenen Rohrleitung 38 verbunden ist. In einer nicht dargestellten alternativen Ausführungsform kann die dem Wärmespeicher 2 zuzuführende Heißluft in der externen Heißluftquelle 37 ausschließlich durch eine Widerstandsheizung erzeugt werden. In diesem Fall wird der Wärmetauscher 40 durch die Kammer 42 mit den elektrischen Heizelementen 17 ersetzt.

[0078] Die Positionierung der Rohrleitungen 38 kann von der Darstellung in Fig. 5 abweichen, z.B. kann die Heißluft-Rückleitung 38a, gemäß der beispielhaften Darstellung in Fig. 5a seitlich am Gehäuse 14 angeordnet sein. Außerdem sind bei Bedarf auch mehrere Heißluftleitungen bzw. Rohrleitungen 38 möglich. In Fig. 5a weist die externe Heißluftquelle 37 zur Aufheizung der Luft nur den Wärmetauscher 40 aber keine zusätzlichen elektrischen Heizelemente 17 auf.

[0079] Das Gebläse 26 ist in dem in Fig. 5a dargestellten Beispiel umschaltbar ausgebildet, um die Heißluft in zwei entgegengesetzte Richtungen fördern zu können.

[0080] Fig. 6 und 6a zeigen Ausführungsformen der Vorrichtung 1, in welcher der Verdampfer 3 seitlich des Wärmespeichers 2 angeordnet ist. Dabei ist der Wärmespeicher 2 wie im Beispiel gemäß Fig. 1 ausgebildet und kann kreisrunden oder Polygon-förmigen Querschnitt aufweisen.

[0081] Gemäß Fig. 6 kann der Wärmespeicher 2 indirekt, d.h. mittels außerhalb des Wärmespeichers 2 vorgesehener Heizelemente 17 aufgeheizt werden. In Fig. 6 sind die Heizelemente 17 an der Innenwand 14a des Wärme dämmenden Gehäuses 14 angeordnet. Der Wärmespeicher 2 ist von einer vorzugsweise Wärme dämmenden und umfangsseitig geschlossenen Seitenwand 23a umgeben. Umfangsseitig um die Seitenwand 23a herum, in einem Strömungskanal 25, ist der Verdampfer 3 vorgesehen, dessen erste Verdampferstufe 3a oberhalb der Überhitzerstufe 3b positioniert ist. Umfangsseitig um den Verdampfer 3 herum ist eine vorzugsweise Wärme dämmende Seitenwand 23b angeordnet. Zwischen der Seitenwand 23b und der Innenwand 14a des Wärme dämmenden Gehäuses 14, sind die Heizelemente 17 vorgesehen. Die Schließeinrichtung 27 weist Umschaltklappen 27d auf, die abhängig von ihrer Stellung einen Strömungsweg zwischen dem Wärmespeicher 2 und dem Verdampfer 3 oder zwischen dem

Wärmespeicher 2 und den Heizelementen 17 freigeben. Zum Aufheizen des Wärmespeichers 2 mittels der Heizelemente 17 werden die Umschaltklappen 27d in die in Fig. 6 gezeigte untere Position verstellt und das Gebläse 26 wird für eine Luftströmung von der Oberseite 20 des Wärmespeichers 2 zu seinem Boden 19 angesteuert. Die Luft strömt dabei über die Heizelemente 17. Zur Dampferzeugung wird das Gebläse 26 zum Umkehren der Strömungsrichtung angesteuert und die Umschaltklappen 27d werden in die in Fig. 6 gezeigte obere Position verstellt, sodass die vom Wärmespeicher 2 erhitze Luft über den Verdampfer 3 strömen kann.

[0082] Gemäß Fig. 6a kann der Wärmespeicher 2 direkt, d.h. mittels innerhalb des Wärmespeichers 2 vorgesehener Heizelemente 17 aufgeheizt werden. Der Wärmespeicher 2 ist von einer vorzugsweise Wärme dämmenden und umfangsseitig geschlossenen Seitenwand 23a umgeben. Umfangsseitig um die Seitenwand 23a herum, in einem Strömungskanal 25, ist der Verdampfer 3 vorgesehen, dessen erste Verdampferstufe 3a oberhalb der Überhitzerstufe 3b positioniert ist. Die Schließeinrichtung 27 weist Umschaltklappen 27d auf, die abhängig von ihrer Stellung einen Strömungsweg zwischen dem Wärmespeicher 2 und dem Verdampfer 3 freigeben. Zum Aufheizen des Wärmespeichers 2 mittels der Heizelemente 17 werden die Umschaltklappen 27d in die in Fig. 6a gezeigte untere Position verstellt und das Gebläse 26 wird deaktiviert. Zur Dampferzeugung wird das Gebläse 26 für eine Luftströmung vom Boden 19 des Wärmespeichers 2 zu seiner Oberseite 20 angesteuert und die Umschaltklappen 27d werden in die in Fig. 6a gezeigte obere Position verstellt, sodass die vom Wärmespeicher 2 erhitze Luft über den Verdampfer 3 strömen kann.

[0083] Fig. 7 zeigt eine andere Vorrichtung 1, in welcher die elektrischen Heizelemente 17 und die Steigrohre 15 der ersten Verdampferstufe 3a und der Überhitzerstufe 3b nebeneinander im Wärmespeicher 2 angeordnet sind. Hierbei sind vorzugsweise senkrechte elektrische Heizstäbe 17a in trockenem, feinem Quarzsand des Wärmespeichers 2 angeordnet. Die Dampferzeugung erfolgt hier durch die Beendigung der Speisewasserzufuhr in den Verdampfer 3. Dies führt im Vergleich zu den Ausführungsformen gemäß den Fig. 1 bis 6 zu einem trägeren Regelverhalten der Dampfturbine 6, da das gesamte Wasser in den Steigrohren 15 in jedem Fall noch in Dampf umgewandelt wird und dieser Dampf in der Turbine 6 entweder abgearbeitet oder abgekühlt werden muss. Die Vorrichtung 1 gemäß Fig. 7 erfordert jedoch vorteilhafter Weise keine mechanisch beweglichen Teile zwischen Wärmespeicher 2 und Verdampfer 3. Die Vorrichtung 1 kann somit besonders groß ausgebildet werden. Durch entsprechende Auslegung können auch Jahreszeiteinspeicher angedacht werden.

[0084] Fig. 7a zeigt eine Ansicht auf einen Schnitt in horizontaler Richtung durch einen Teil der Vorrichtung 1 aus Fig. 7, von oben. Deutlich erkennbar sind das Wärme dämmende Gehäuse 14, die elektrischen Heizstäbe 17a und die Steigrohre 15.

[0085] Fig. 8 zeigt eine Schnittansicht durch einen schematisch dargestellten Wärmespeicher 2, in welchem vier Wärme dämmende Schichten 43 vorgesehen sind, welche den Wärmespeicher 2 in Segmente 44 unterteilen. Die Wärme dämmende Schichten 43 verzögern bzw. erschweren einen Wärmeübergang von einem für die Dampferzeugung zweckmäßig aufgeheizten Segment 44 zu einem benachbarten, noch nicht für die Dampferzeugung zweckmäßig aufgeheizten Segment 44. Auf diese Weise können einzelne Segmente 44 auch dann zweckmäßig aufgeheizt werden, wenn für die Aufheizung des gesamten Wärmespeichers 2 zu wenig Energie zur Verfügung steht.

[0086] Fig. 8a zeigt ein Temperaturprofil im Wärmespeicher aus Fig. 8, in welchem in horizontaler Richtung die Temperatur im Wärmespeicher 2 und in vertikaler Richtung die Erstreckung des Wärmespeichers von seiner Oberseite 20 zu seinem Boden 19 aufgetragen sind. Im in Fig. 8a dargestellten Beispiel erfolgt der Wärmeeintrag in den Wärmespeicher 2 an seiner Oberseite 20. Dabei ist ein nicht-linearer Temperaturverlauf erkennbar. Jeder Kurve in der dargestellten Kurvenschar ist ein anderer Zeitpunkt während des Aufheizens des Wärmespeichers 2 zugeordnet. Segmente 44 nahe der Oberseite 20 sind demnach bereits aufgeheizt, während Segmente 44 nahe dem Boden 19 noch geringere Temperatur aufweisen.

[0087] Fig. 9 zeigt eine weitere Vorrichtung 1, in welcher der Wärmespeicher 2 und der Ver-

dampfer 3 separat, in jeweils einem eigenen Wärme dämmenden Gehäuse 14b, 14c, aufgenommen und über Rohrleitungen 45 miteinander verbunden sind. Der Wärmespeicher 2 ist zwischen einem Lufteinlass 46 und einem Luftauslass 47 des Wärme dämmenden Gehäuse 14b angeordnet. Der Luftauslass 47 ist mit einem Lufteinlass 48 in den Verdampfer 3 bzw. in das Wärme dämmende Gehäuse 14c verbunden. Ein Luftauslass 49 des Verdampfers 3 bzw. des Wärme dämmenden Gehäuses 14c ist über eine Pumpe 50 zur Erzeugung des Wärmestroms durch den Wärmespeicher 2 und den Verdampfer 3 mit dem Lufteinlass 46 verbunden.

[0088] Fig. 10 zeigt eine weitere Vorrichtung 1, in welcher der Wärmespeicher 2 und der Verdampfer 3 separat, in jeweils einem eigenen Wärme dämmenden Gehäuse 14b, 14c, aufgenommen sind. Dabei ist die Vorrichtung 1, insbesondere der Wärmespeicher 2 und der Verdampfer 3, mit einer externen Stromerzeugungseinrichtung 51 verbunden. Die Stromerzeugungseinrichtung 51 weist im in Fig. 10 dargestellten Beispiel folgendes auf: eine Gasturbine 52 mit einer Drehwelle 53, einen mit der Drehwelle 53 verbundenen Verdichter 54 und einen mit der Drehwelle 53 verbundenen elektrischen Generator 55 zur Stromerzeugung, einen Wärmetauscher 56 und ein Regelventil 57. Dem Verdichter 54 wird über einen Lufteingang 58 zu verdichtende Luft zugeführt und die verdichtete Luft wird an einem Luftausgang 59 bereitgestellt. Die verdichtete Luft wird zur Aufheizung über den mit dem Luftausgang 59 verbundenen Wärmetauscher 56 geführt und in erhitztem Zustand an einen mit dem Wärmetauscher 56 verbundenen Lufteingang 60 der Gasturbine 52 geleitet. Die am Luftausgang 61 der Gasturbine 52 vorhandene abgekühlte Luft wird in den mit dem Luftausgang 61 verbundenen Lufteinlass 48 des Verdampfers 3 eingebracht und über den Verdampfer 3 geführt. Die vom Luftauslass 49 des Verdampfers 3 in den Lufteinlass 46 eingebrachte Luft wird über den Wärmespeicher 2 geführt, dabei erhitzt und über den Luftauslass 47 in den mit dem Luftauslass 47 verbundenen Wärmetauscher 56 geleitet. Somit unterstützt die im Wärmespeicher 2 gespeicherte Wärme den Antrieb der Gasturbine 52. Das den Wärmetauscher 56 gegebenenfalls überbrückende Regelventil 57 dient zur Begrenzung der maximalen Lufttemperatur, um die Gasturbine 52 vor Überhitzung zu schützen und um die Abgabeleistung zu regeln.

[0089] Der Verdichter 53 verdichtet die angesaugte Umgebungsluft je nach Turbinenauslegung auf bspw. 5 bis 12 Bar. Die verdichtete Luft wird im Wärmetauscher 56 (in Fig. 10 sind zwei Wärmetauscher 56 vorgesehen) auf bspw. 800°C erhitzt und vergrößert dabei ihr Volumen. In der Gasturbine 52 wird der Druck der heißen Luft auf nahezu Umgebungsdruck abgebaut. Dadurch wird die Gasturbine 52 angetrieben und liefert die Energie für den Verdichter 54 und den Generator 55. Durch die Expansion der Luft wird diese auf bspw. 600°C abgekühlt. Die abgekühlte Luft wird in den Verdampfer 3 eingeleitet, um Dampf für eine daran angeschlossene Turbine 6 zu erzeugen. Dabei kühlt die Luft im Verdampfer 3 auf bspw. 150 °C ab. Die somit abgekühlte Luft wird in den Wärmespeicher 2 geleitet und im Wärmespeicher 2 auf bspw. 900 °C erwärmt und der Sekundärseite der Wärmetauscher 56 zugeführt. Dort erwärmt sie die Luft für die Gasturbine 52 und kühlt dabei auf bspw. 250°C ab (Abluft-Temperatur nach dem Verdichter 54). Die Abluft steht dann noch als Prozessenergie zur Verfügung oder kann ausgeblasen werden.

[0090] Fig. 11 zeigt eine Vorrichtung 1, die mit einem Energieversorgungssystem 62 verbunden ist. Das Energieversorgungssystem 62 weist im in Fig. 11 dargestellten Beispiel folgendes auf: Energiequellen 63 für Wechselstrom, bspw. Windkraftanlagen 63a, Wasserkraftanlagen 63b und/oder ein Verbundnetz 63c, die mit einem Wechselspannungsnetz 74 verbunden sind, Energiequellen 63 für Gleichstrom, bspw. eine Photovoltaikanlage 63d, die mit einem Gleichspannungsnetz 75 verbunden sind, ein Batteriesystem 64, das über einen Laderegler 65 mit der Photovoltaikanlage 63d verbunden ist, eine mit der Photovoltaikanlage 63d und dem Laderegler 65 verbundene Motorsteuerung 66, die mit einem Gleichstrommotor 67 zum Steuern desselben verbunden ist, einen Synchron- oder Asynchron-Generator 68, der über ein Schwungrad 69 mit dem Gleichstrommotor 67 verbunden ist, und einen Motor 70, der insbesondere ein Pflanzenölmotor, ein Biogasmotor, ein Gasmotor oder ein Wasserstoffmotor sein kann, der über eine Freilaufeinrichtung 71 mit dem Gleichstrommotor 67 verbunden ist. Zudem ist der Motor 70 mit

einem Verdichter 72 und einer damit verbundenen Turbine 73 verbunden, die ihrerseits mit der Vorrichtung 1 verbunden sind. Der Synchron- oder Asynchron-Generator 68 kann mit Energie aus dem Batteriesystem 64 oder von der Photovoltaikanlage 63d versorgt werden und kann Energie in das Wechselspannungsnetz 74 einspeisen. Mit Hilfe des Motors 70 bzw. des Gleichstrommotors 67 kann ein Leistungsabfall am Batteriesystem 64 oder an der Photovoltaikanlage 63d ausgeglichen werden. Zudem kann die Vorrichtung 1 über die Turbine 73 und den Verdichter 72 den Motor 70 antreiben. Die Vorrichtung 1 kann mit überschüssigem Strom aus dem Wechselspannungsnetz 74 und/oder Gleichspannungsnetz 75 beheizt werden. Die von den Energiequellen 63 bis 63d erzeugte Energie wird günstiger Weise Verbrauchern zugeführt und überschüssige erzeugte Energie kann im Batteriesystem 64 gespeichert werden.

[0091] Fig. 12 zeigt eine weitere Vorrichtung 1, die mit einem Energieversorgungssystem 62a verbunden ist. Im Unterschied zum in Fig. 11 dargestellten Beispiel, ist die Photovoltaikanlage 63d über einen Wechselrichter 76 mit dem Wechselspannungsnetz 74 verbunden und dieses ist über einen Gleichrichter 77 mit dem Batteriesystem 64 verbunden.

[0092] Fig. 13 zeigt eine weitere Vorrichtung 1, die mit einem Energieversorgungssystem 62b verbunden ist. Im Unterschied zum in Fig. 12 dargestellten Beispiel, sind die Photovoltaikanlage 63d und das Batteriesystem 64 über einen Umrichter 78 mit einem zwischen den Synchron- oder Asynchron-Generator 68 und den Motor 70 geschalteten Wechselstrommotor 67a, der den Gleichstrommotor 67 ersetzt, verbunden.

[0093] Die in den Fig. 11 bis 13 dargestellten Pfeile stellen mögliche Richtungen des Stromflusses dar.

Patentansprüche

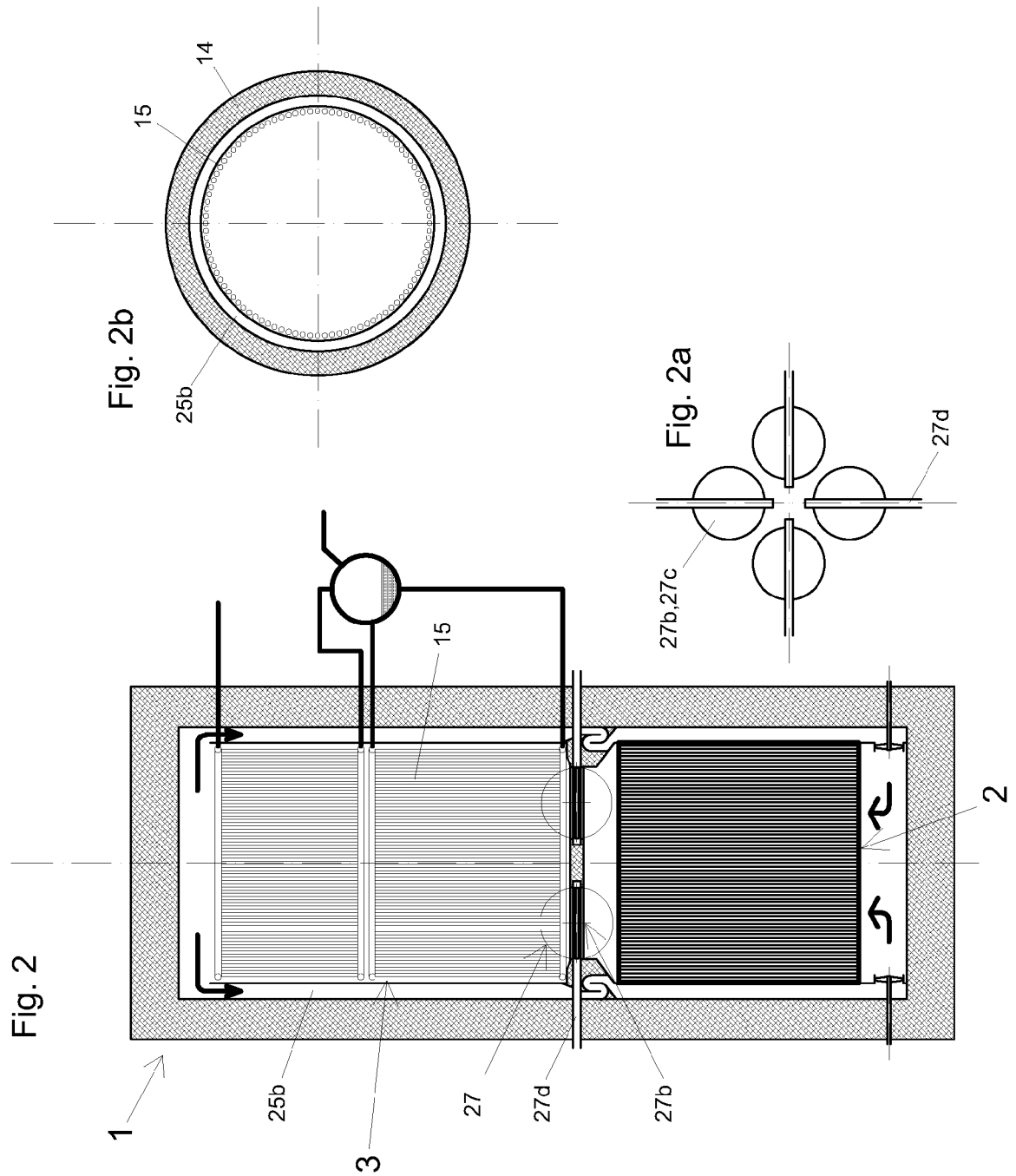
1. Vorrichtung (1) zum Erzeugen von Dampf (D) aus einer Flüssigkeit (F), insbesondere Wasserdampf, zum Antrieb einer Turbine (6), mit einem Wärmespeicher (2), einer dem Wärmespeicher (2) zugeordneten Wärmeversorgungs-einrichtung (16), zum Erwärmen des Wärmespeichers (2), einem Verdampfer (3), der dem Wärmespeicher (2) zugeordnet ist und der durch den zugeordneten Wärmespeicher (2) eine Erwärmung erfährt, und einem mit dem Verdampfer (3) verbundenen Dampfdruckkessel (4), welcher zur Aufnahme der zu verdampfenden Flüssigkeit (F) und von Dampf (D) vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verdampfer (3) eine erste Verdampferstufe (3a) und eine damit über den Dampfdruckkessel (4) verbundene Überhitzerstufe (3b) aufweist, wobei ein Einlass (7) der ersten Verdampferstufe (3a) mit einem Flüssigkeitsauslass (8) des Dampfdruckkessels (4) und ein Auslass (9) der ersten Verdampferstufe (3a) mit einem Flüssigkeitseinlass (10) des Dampfdruckkessels (4) verbunden ist und wobei ein Einlass (11) der Überhitzerstufe (3b) mit einem Dampfauslass (12) des Dampfdruckkessels (4) und ein Auslass (13) der Überhitzerstufe (3b) mit einer Anschlussvorrichtung (5) zur Verbindung mit einer Dampf-betriebenen Turbine (6) verbunden ist und dass der Verdampfer (3), in einem mit dem Wärmespeicher (2) gemeinsamen Wärme dämmenden Gehäuse (14), seitlich des Wärmespeichers (2), um den Wärmespeicher (2) herum, oder oberhalb des Wärmespeichers (2), angeordnet ist, oder dass der Wärmespeicher (2) und der Verdampfer (3) in jeweils einem eigenen Wärme dämmenden Gehäuse (14b, 14c) aufgenommen und über Rohrleitungen (45) miteinander verbunden sind.
2. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wärmespeicher (2) Schamottesteine (S1), Magnesitsteine (S2), Natursteine (S3), Keramikkörper (S4) oder Sand (S5) zur Wärmespeicherung aufweist.
3. Vorrichtung (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich in oder zwischen den Schamottesteinen (S1), Magnesitsteinen (S2), Natursteinen (S3) oder Keramikkörpern (S4) Kanäle (18) zum Durchtritt von Heißluft erstrecken.
4. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wärmeversorgungs-einrichtung (16) elektrische Heizelemente (17) und/oder einen Einlass (35) und einen Auslass (36) zur Verbindung des Wärmespeichers (2) mit einer externen Heißluftquelle (37) und/oder eine externe Heißluftquelle (37) aufweist.
5. Vorrichtung (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrischen Heizelemente (17) im Wärmespeicher (2), außerhalb des Wärmespeichers (2) im Wärme dämmenden Gehäuse (14) des Wärmespeichers (2), oder als Teil der externen Heißluftquelle (37) vorgesehen sind.
6. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Verdampferstufe (3a) und die Überhitzerstufe (3b) zur Aufnahme der zu verdampfenden Flüssigkeit (F) und des Dampfes (D) mit dem Dampfdruckkessel (4) verbundene Steig-rohre (15) aufweisen, die bevorzugt im Wesentlichen in vertikaler Richtung (R) verlaufen.
7. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Verdampferstufe (3a) und die Überhitzerstufe (3b) übereinander angeordnet sind.
8. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verdampfer (3), in einem mit dem Wärmespeicher (2) gemeinsamen Wärme dämmenden Gehäuse (14), seitlich des Wärmespeichers (2), um den Wärmespeicher (2) herum ange-ordnet ist und die erste Verdampferstufe (3a) oberhalb der Überhitzerstufe (3b) angeordnet ist.
9. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verdampfer (3), in einem mit dem Wärmespeicher (2) gemeinsamen Wärme dämmenden Gehäuse (14), oberhalb des Wärmespeichers (2) angeordnet ist und die Überhitzerstufe (3b) oberhalb der ersten Verdampferstufe (3a) angeordnet ist.

10. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wärmespeicher (2) und der Verdampfer (3) in einem gemeinsamen Wärme dämmenden Gehäuse (14) angeordnet sind und jeweils eine umfangsseitig geschlossene, am Boden (19, 24) und an der Oberseite (20, 24a) zumindest teilweise offene Seitenwand (23a, 23b) aufweisen, welche zur Ausbildung eines Strömungskanals (25) von einer Innenwand (14a) des Wärme dämmenden Gehäuses (14) beabstandet ist.
11. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Umwälzung von Heißluft durch den Wärmespeicher (2) und den Verdampfer (3) zumindest ein Gebläse (26) vorgesehen ist.
12. Vorrichtung (1) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gebläse (26) zum Umkehren der Strömungsrichtung der Heißluft umschaltbar ausgebildet ist.
13. Vorrichtung (1) nach Anspruch 10 und Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gebläse (26) im seitlich des Wärmespeichers (2) vorgesehenen Strömungskanal (25a) angeordnet ist.
14. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verdampfer (3) in einem mit dem Wärmespeicher (2) gemeinsamen Wärme dämmenden Gehäuse (14) angeordnet ist und zwischen dem Wärmespeicher (2) und dem Verdampfer (3) eine Schließeinrichtung (27) vorgesehen ist, welche zwischen einer Schließ-Position, in welcher eine Luftzirkulation vom Wärmespeicher (2) zum Verdampfer (3) unterbrochen ist, und einer offenen Position, in welcher die Luftzirkulation vom Wärmespeicher (2) zum Verdampfer (3) freigegeben ist, verstellbar ist.
15. Vorrichtung (1) nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schließeinrichtung (27) einen öffnenbaren Deckel (27a) oder zumindest eine Abdeckklappe (27b) aufweist, welche zwischen der Schließ-Position und der offenen Position verstellbar sind.
16. Vorrichtung (1) nach Anspruch 9 und 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen einem Abschnitt (25a) des Strömungskanals (25) seitlich des Wärmespeichers (2) und einem Abschnitt (25b) des Strömungskanals (25) seitlich des oberhalb des Wärmespeichers (2) angeordneten Verdampfers (3) eine Luftzirkulationssperre (28) vorgesehen ist.
17. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 13 und Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Luftzirkulationssperre (28) mäanderförmige Luftleitbleche (29) aufweist, welche eine wärmebedingte Luftzirkulation vom Abschnitt (25a) des Strömungskanals (25) seitlich des Wärmespeichers (2) zum Abschnitt (25b) des Strömungskanals (25) seitlich des Verdampfers (3) unterbrechen und eine durch das Gebläse (26) erzeugte Luftzirkulation vom Abschnitt (25b) des Strömungskanals (25) seitlich des Verdampfers (3) zum Abschnitt (25a) des Strömungskanals (25) seitlich des Wärmespeichers (2) durch die Luftzirkulationssperre (28) zulassen.
18. Vorrichtung (1) nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Luftzirkulationssperre (28) Klappen (34) aufweist, welche zwischen einer Schließ-Position, in welcher eine Luftzirkulation zwischen den Abschnitten (25a, 25b) des Strömungskanals (25) unterbrochen ist, und einer offenen Position, in welcher die Luftzirkulation zwischen den Abschnitten (25a, 25b) des Strömungskanals (25) freigegeben ist, verstellbar sind.
19. Vorrichtung (1) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass oberhalb der Überhitzerstufe (3b) des oberhalb des Wärmespeichers (2) angeordneten Verdampfers (3) ein vertikal verstellbarer Deckel (30), zur Einstellung eines Abstands des Deckels (30) von der Überhitzerstufe (3b), vorgesehen ist.
20. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Gehäuse (14, 14b, 14c) im Vergleich zur Umgebungsluft mit Kohlendioxid angereicherte Luft aufgenommen ist.
21. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Wärmespeicher (2) zumindest eine Wärme dämmende Schicht (43) vorgesehen ist.

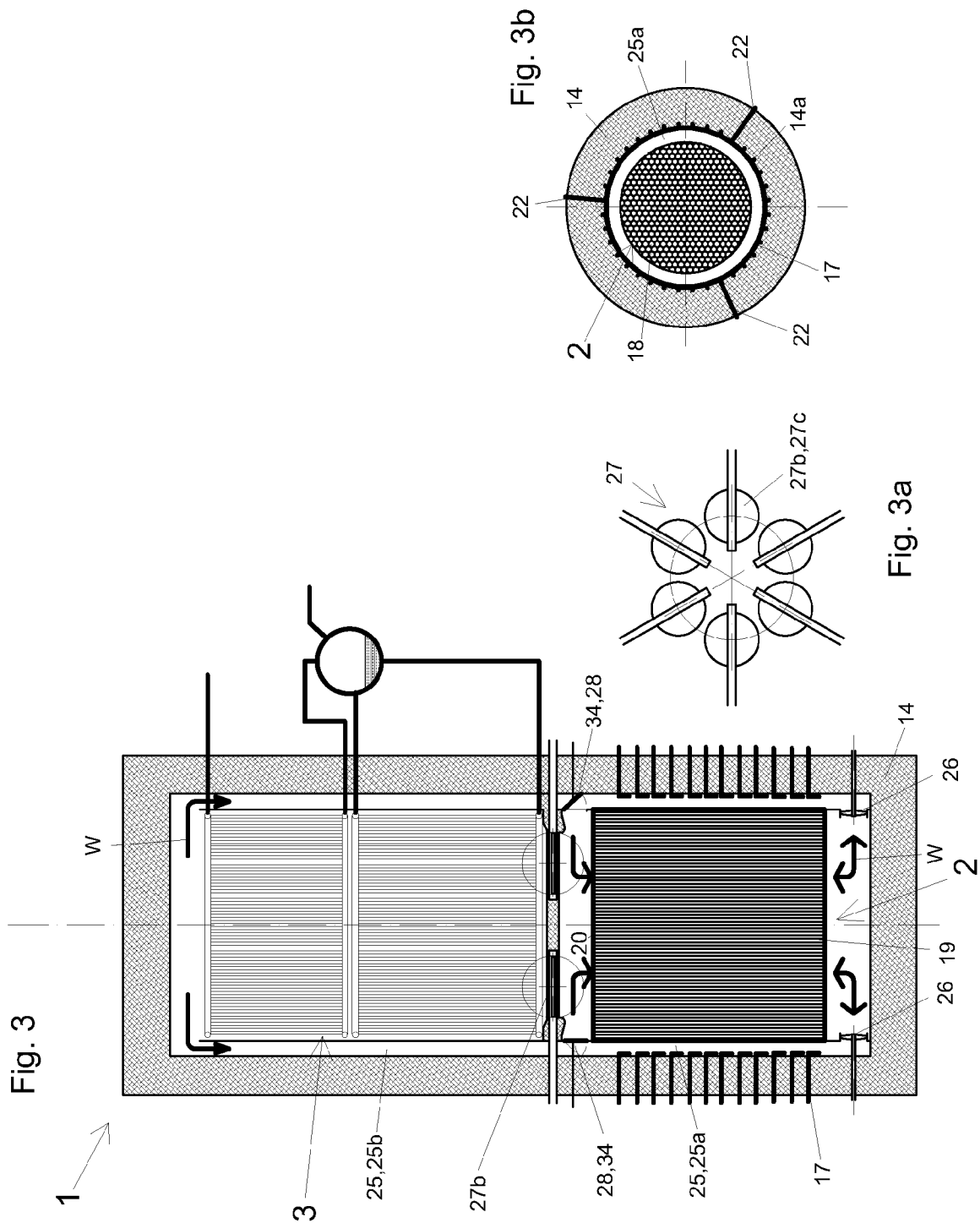
22. Kombination einer Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei welcher der Wärmespeicher (2) und der Verdampfer (3) in jeweils einem eigenen Wärme dämmenden Gehäuse (14b, 14c) aufgenommen sind, mit einer Stromerzeugungseinrichtung (51), die eine Gasturbine (52) und einen Wärmetauscher (56) aufweist, wobei ein Luftauslass (49) aus dem Verdampfer (3) mit einem Lufteinlass (46) in den Wärmespeicher (2) verbunden ist, ein Luftauslass (47) aus dem Wärmespeicher (2) mit dem Wärmetauscher (56) verbunden ist, welcher einem Lufteingang (60) der Gasturbine (52) vorgeschaltet ist, und ein Luftausgang (61) der Gasturbine (52) mit einem Lufteinlass (48) in den Verdampfer (3) verbunden ist.

Hierzu 14 Blatt Zeichnungen

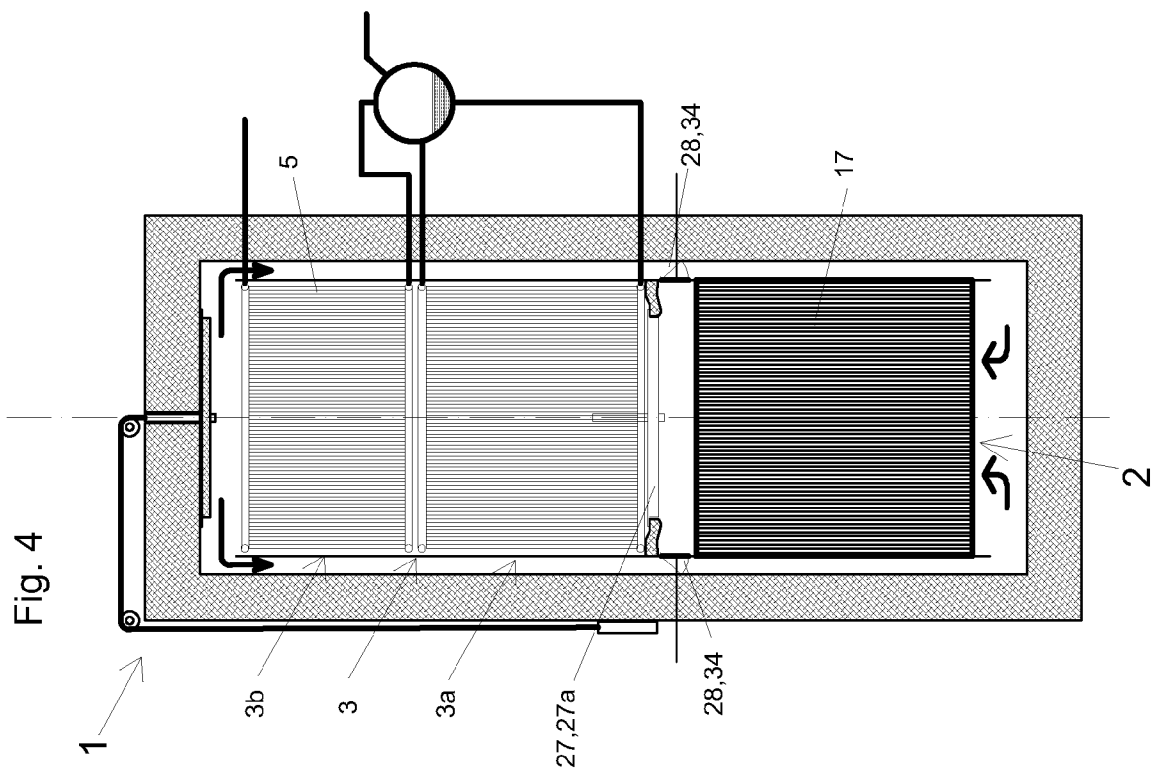
2/14



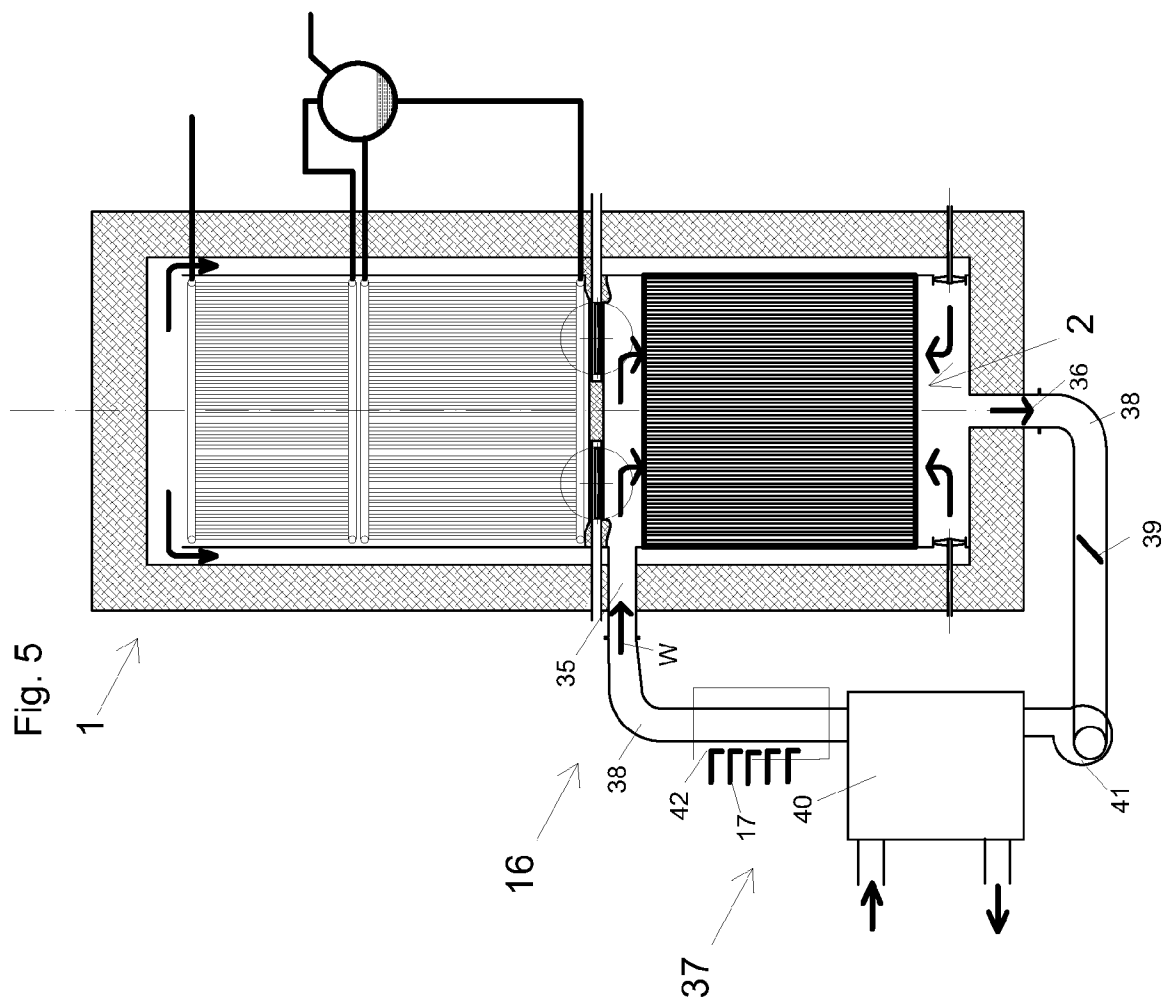
3/14



4/14



5/14



6/14

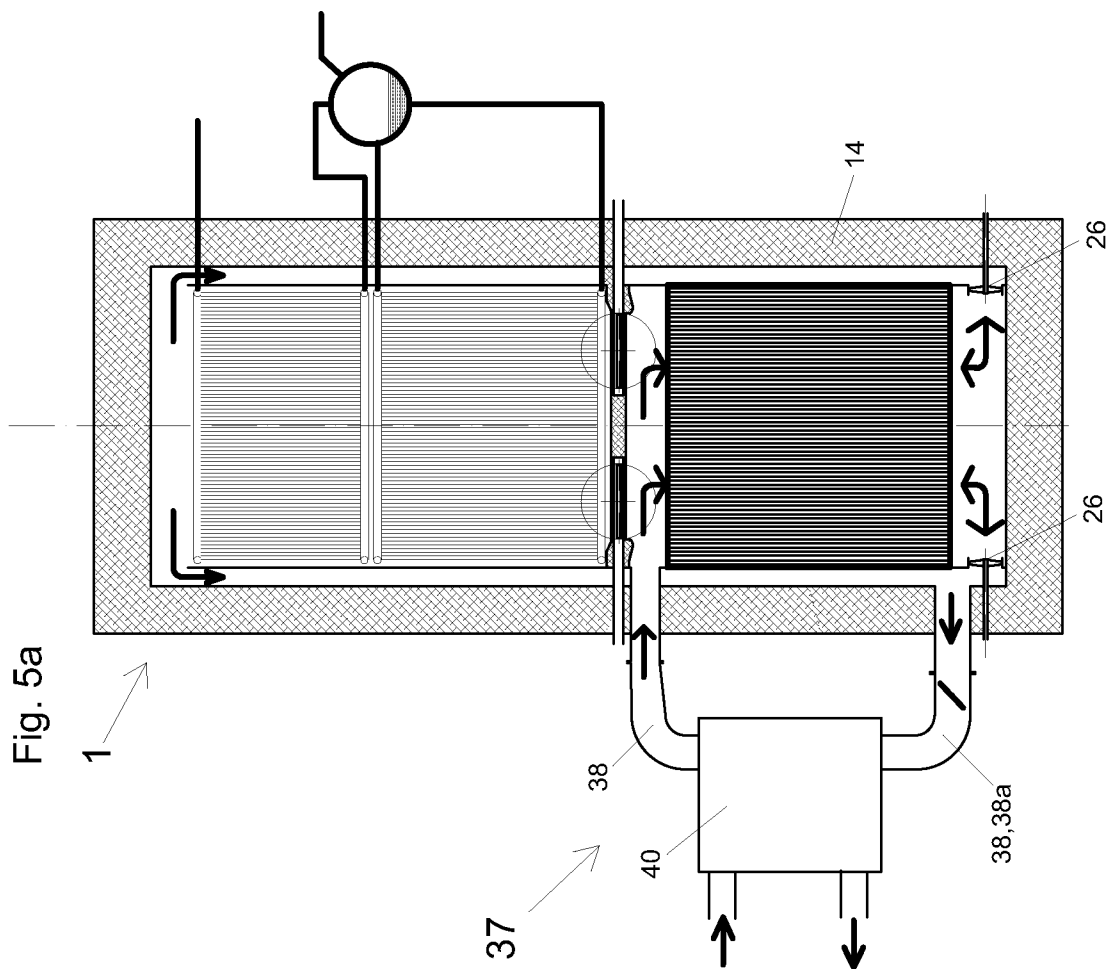


Fig. 6a

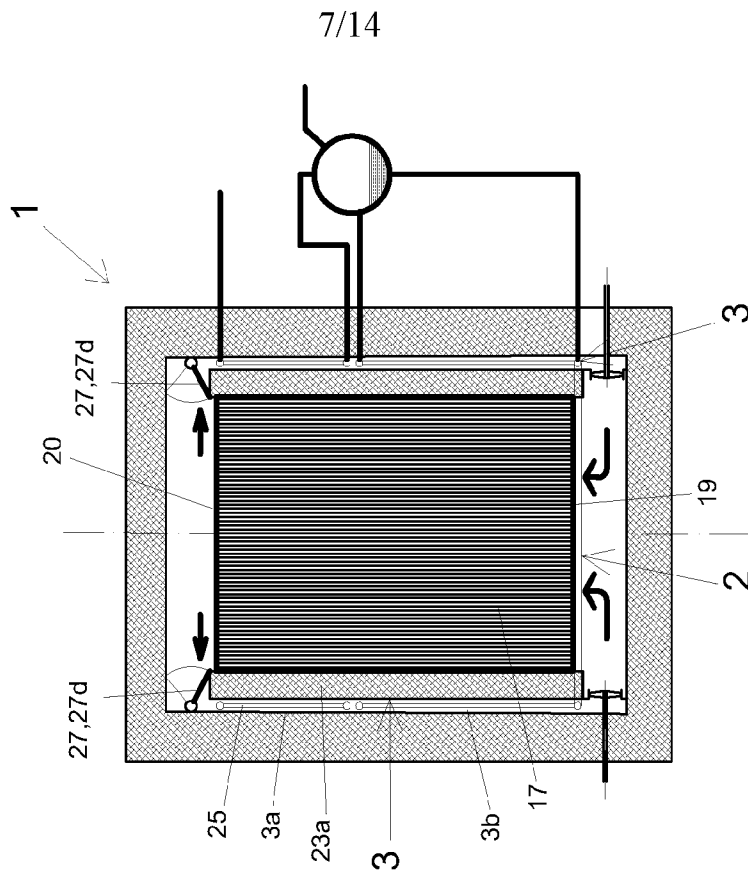
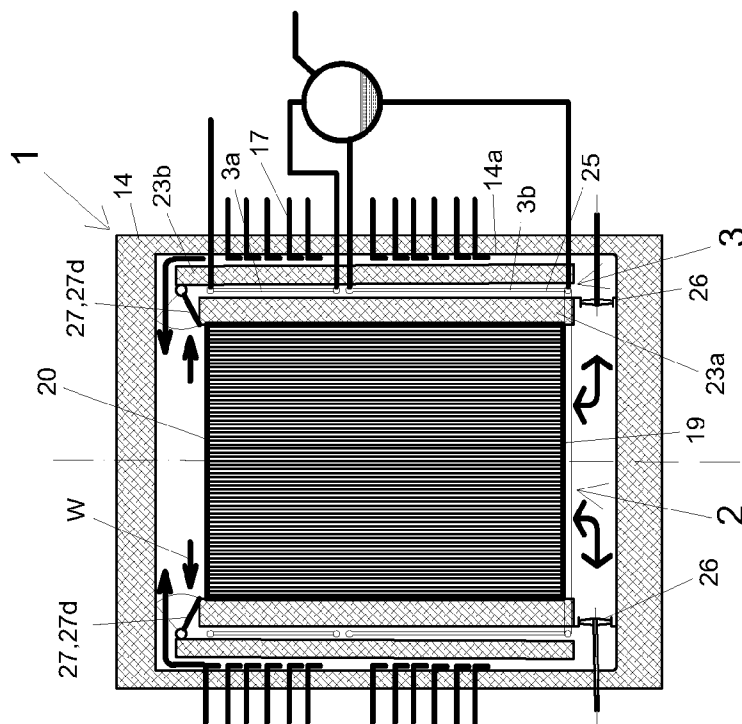


Fig. 6



8/14

Fig. 7a

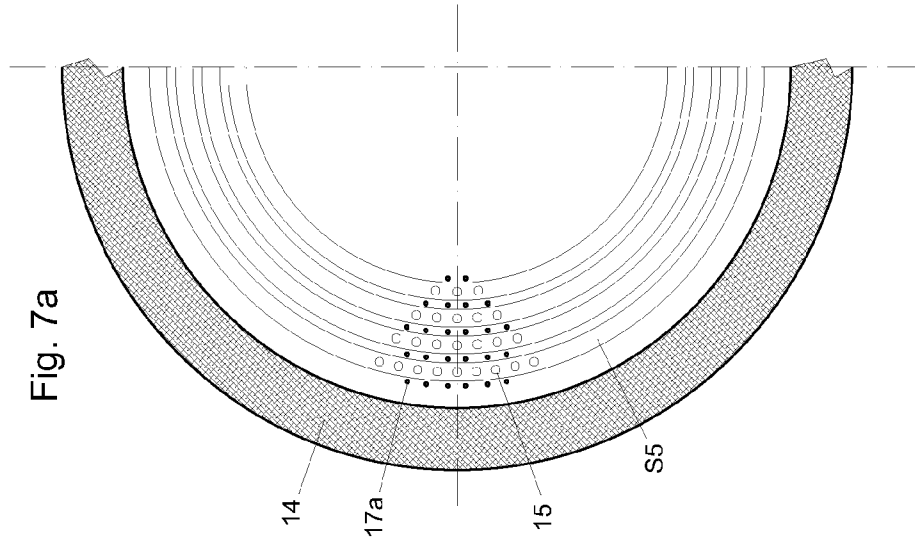
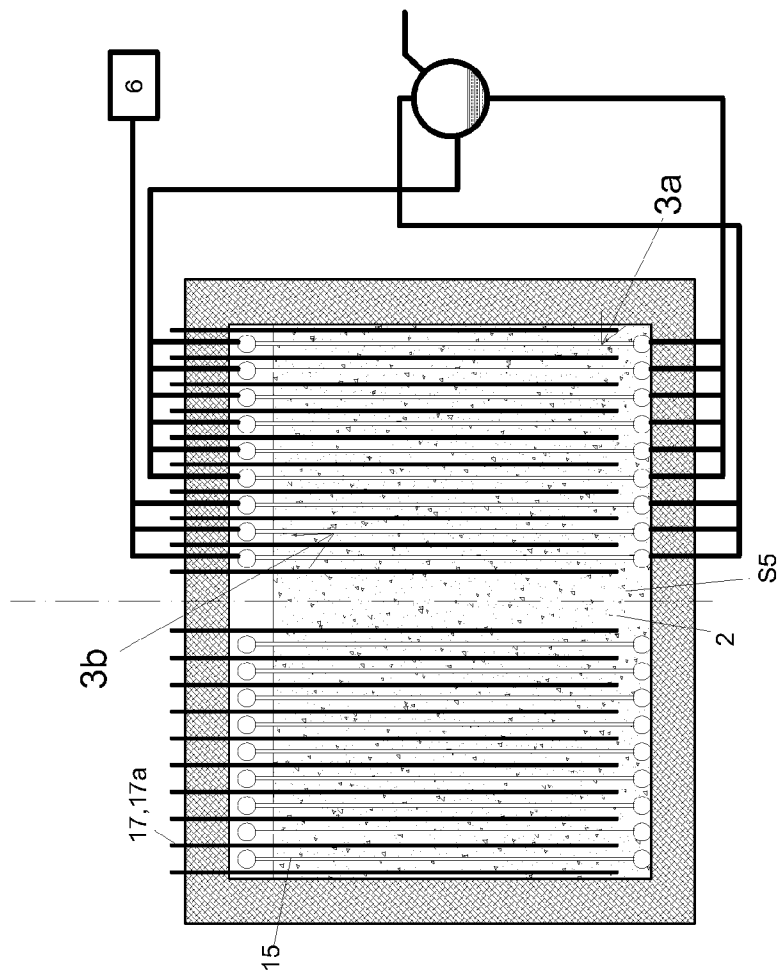


Fig. 7



9/14

Fig. 8a

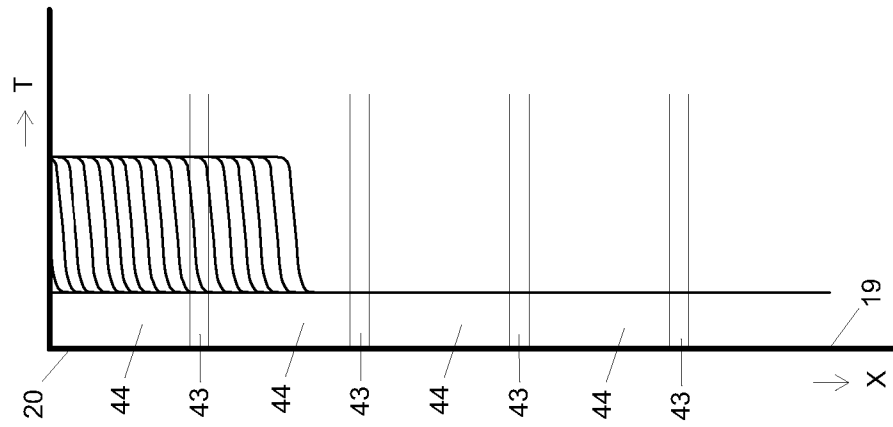
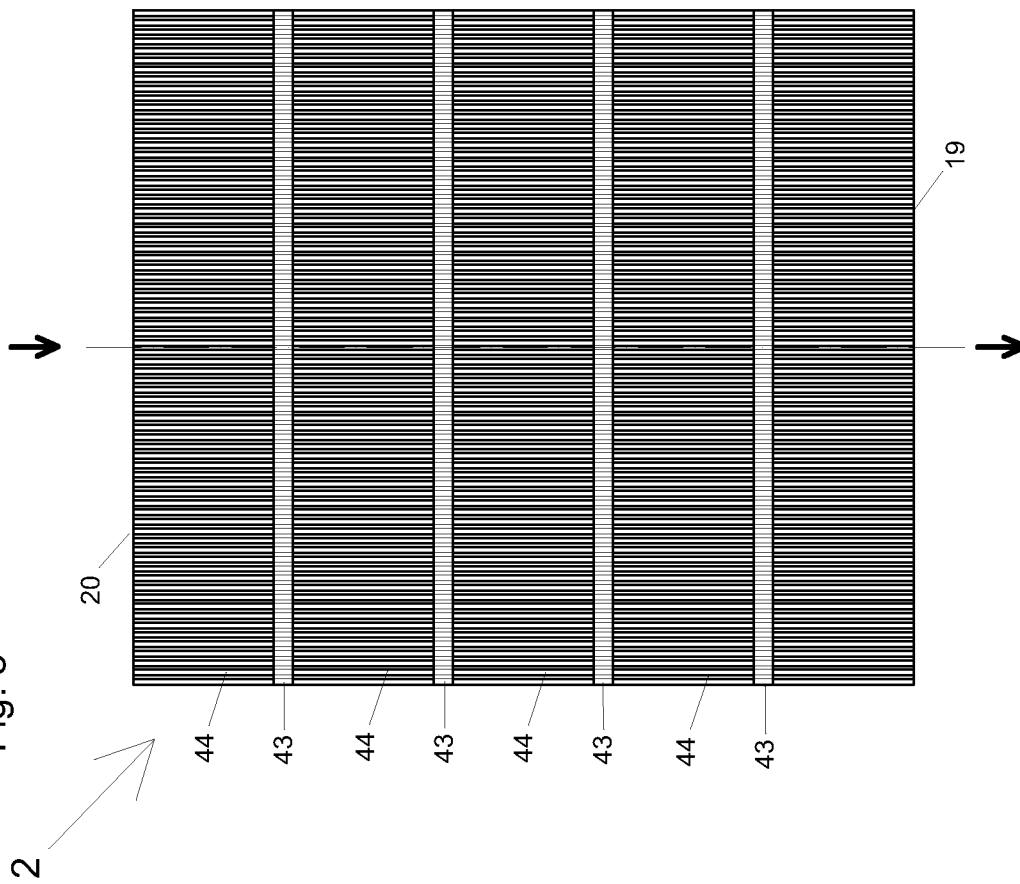
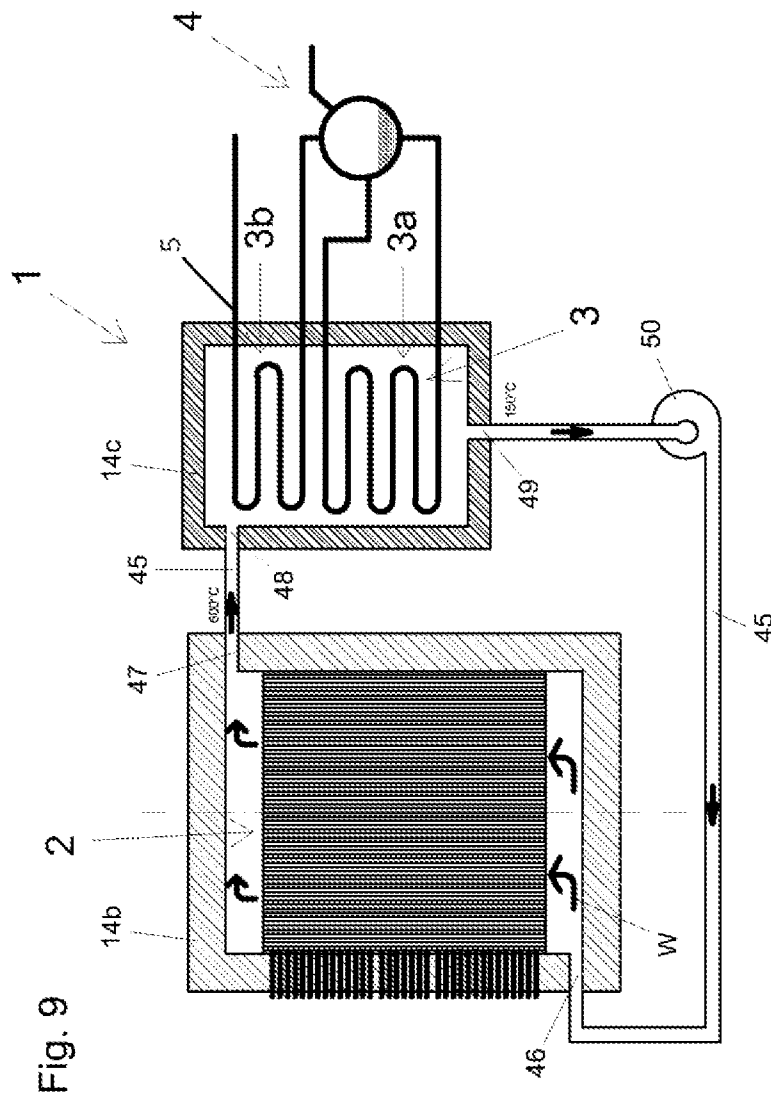


Fig. 8



10/14



11/14

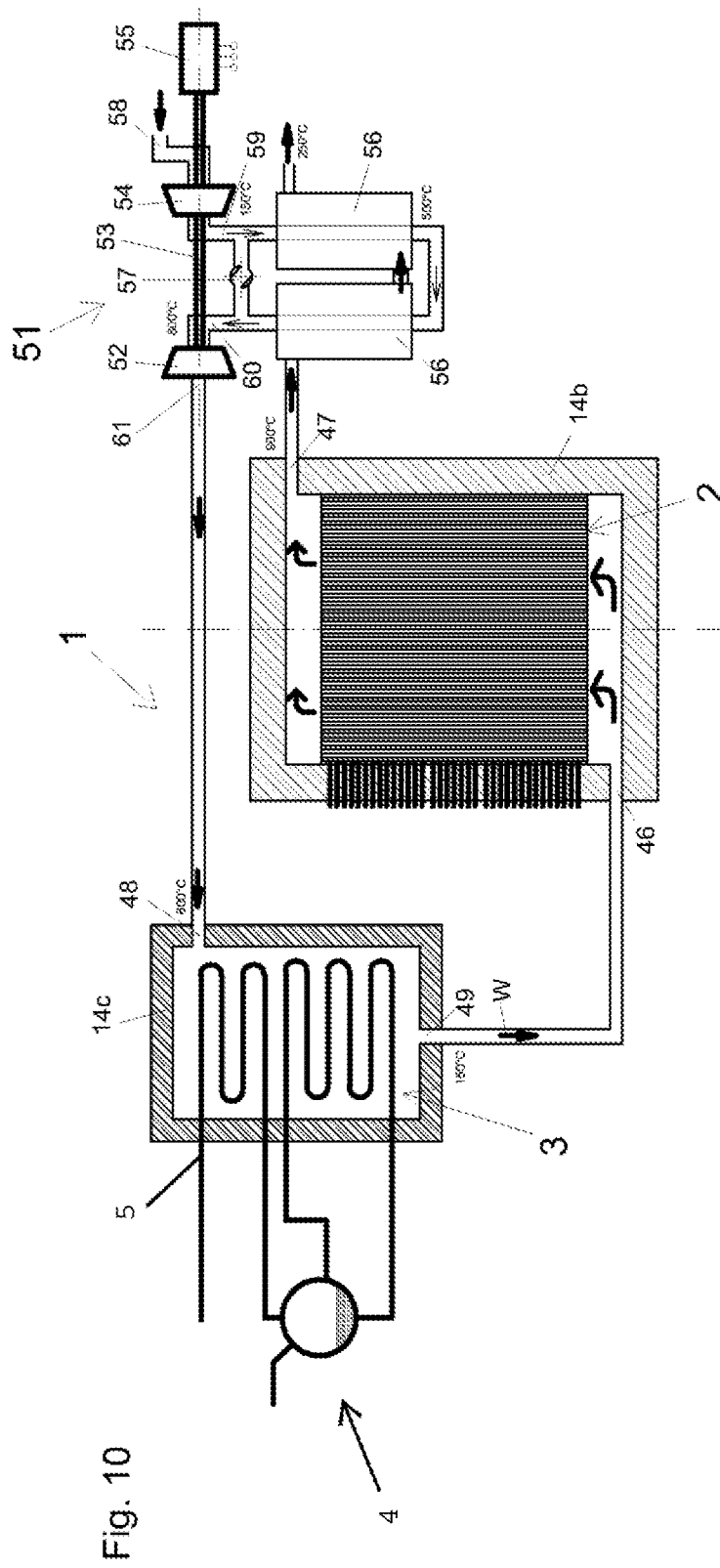
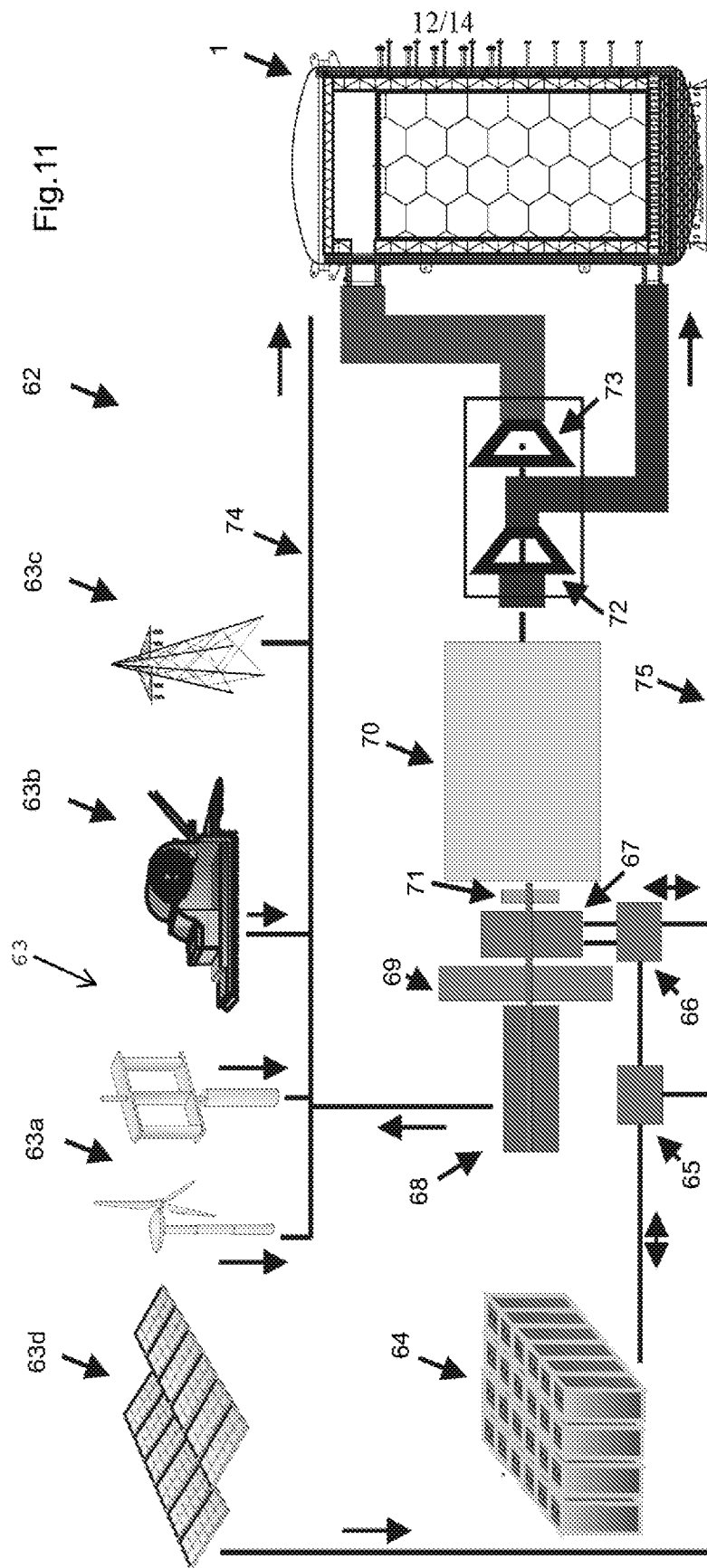


Fig.11



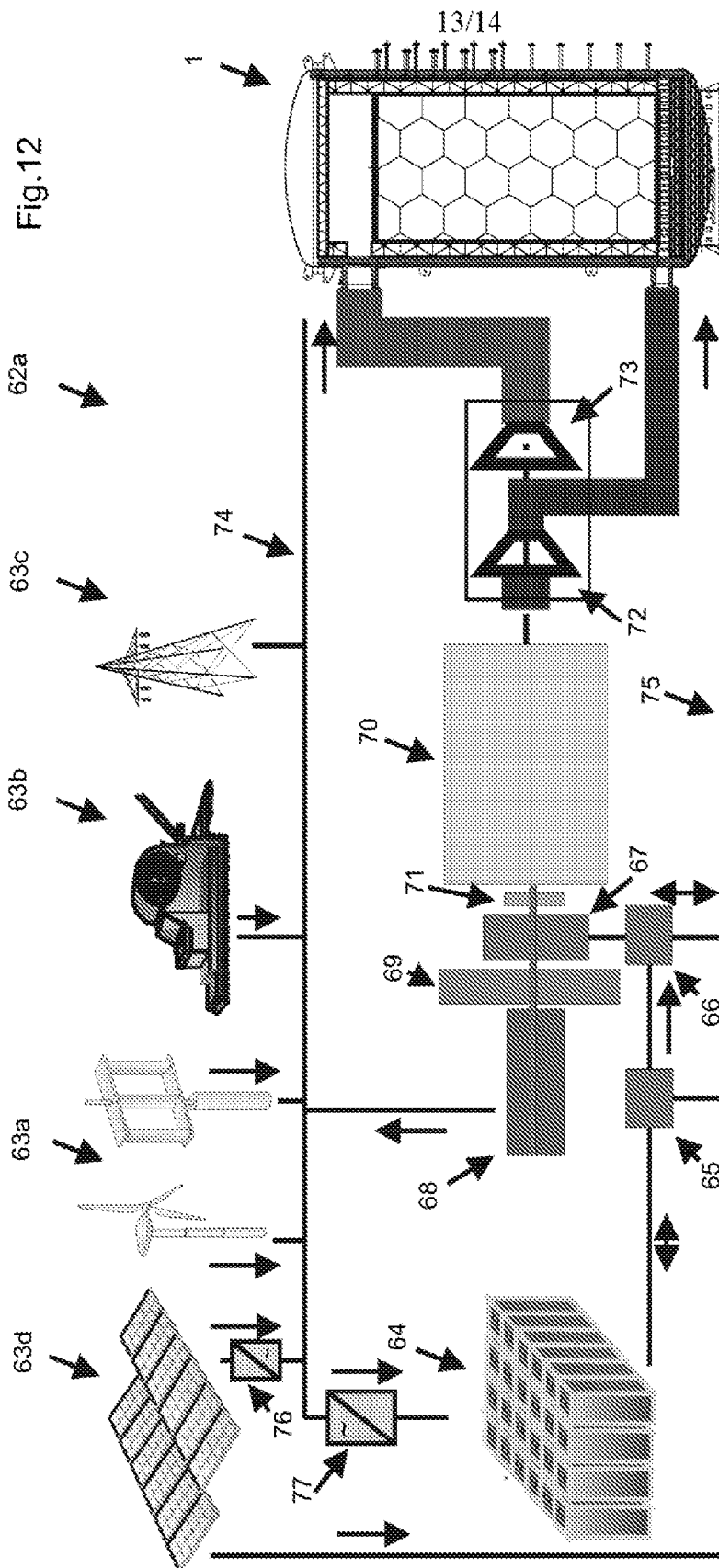


Fig.13

