

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
30. Juli 2020 (30.07.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/151850 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F28D 20/02 (2006.01) F28D 20/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/081469

(22) Internationales Anmeldedatum:
15. November 2019 (15.11.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 200 726.0
22. Januar 2019 (22.01.2019) DE

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
[DE/DE]; Werner-von-Siemens-Straße 1, 80333 München
(DE).

(72) Erfinder: **BREUER, Karl**; Römerstr. 74, 53721 Siegburg
(DE). **DÖHRING, Jörg**; Drosselstraße 5, 02827 Görlitz
(DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,
SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI,
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

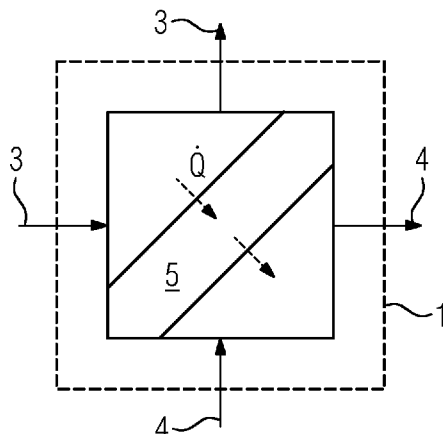
Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

(54) Title: HEAT EXCHANGER COMPRISING A PHASE RESERVOIR, AND STEAM TURBINE PLANT COMPRISING SUCH A HEAT EXCHANGER

(54) Bezeichnung: WÄRMEÜBERTRAGER MIT PHASENSPEICHER SOWIE DAMPFTURBINENANLAGE UMFASSEND EINEN SOLCHEN WÄRMEÜBERTRAGER

FIG 3



(57) Abstract: The invention relates to a heat exchanger (1) for transferring thermal energy from a heat source (2) or a first heat carrier (3) to a second heat carrier (4). The heat exchanger (1) comprises a phase reservoir (5), wherein the phase reservoir (5) can receive the thermal energy from the heat source (2) or the first heat carrier (3) and transfer said thermal energy to a second heat carrier (4). The invention also relates to a steam turbine plant comprising a heat exchanger (1) having a phase reservoir (5).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Wärmeübertrager (1) zum Übertragen thermischer Energie von einer Wärmequelle (2) oder einem ersten Wärmeträger (3) auf einen zweiten Wärmeträger (4). Der Wärmeübertrager (1) umfasst einen Phasenspeicher (5) wobei der Phasenspeicher (5) die thermische Energie von der Wärmequelle (2) oder dem ersten Wärmeträger (3) aufnehmen und an einen zweiten Wärmeträger (4) abgeben kann. Darüber hinaus umfasst die Erfindung eine Dampfturbinenanlage mit einem Wärmeübertrager (1) mit Phasenspeicher (5).

WO 2020/151850 A1

Beschreibung

Wärmeübertrager mit Phasenspeicher sowie Dampfturbinenanlage umfassend einen solchen Wärmeübertrager

5

Die Erfindung betrifft einen Wärmeübertrager nach dem Oberbegriff des unabhängigen Patentanspruch 1, sowie eine Dampfturbinenanlage entsprechend des unabhängigen Patentanspruchs 7.

- 10 Durch den Rückgang von fossilen Brennstoffen und die gleichzeitige Zunahme bei erneuerbaren Energien, wie Wind- und Solarkraft, werden die Speicherung und die von äußeren Witterungseinflüssen unabhängige Bereitstellung von gespeicherter Energie immer wichtiger. Eine Möglichkeit der Energiespeicherung stellen die sogenannten Flüssigsalzspeicher dar. Dabei
15 wird die in Form von Strom oder Wärme vorliegende Energie in Form von Wärme im flüssigen Salz gespeichert. Salz als Speichermaterial bietet viele Vorteile, Salz ist ein sehr kostengünstiges Material und weltweit nahezu unbegrenzt verfügbar. In flüssiger Form kann es bei Temperaturen zwischen 170 und
20 560 °C eingesetzt werden. Im Gegensatz zu Wasser steht es auch bei hohen Temperaturen nicht unter Druck und kann problemlos gepumpt werden. Es ist ungiftig und nicht brennbar so dass es sich auch für Anwendungen bei denen besondere Sicherheitsvorkehrung im Hinblick auf Explosionsschutz oder Brandlast zu treffen sind, einsetzen lässt. Die Anschaffungskosten für Flüssigsalzspeicher bleiben darüber hinaus gut kalkulierbar, da sich die Eigenschaften über viele Zyklen nicht verschlechtern, d. h. eine hohe Anzahl von Lade- und Entladezyklen
25 30 (auch teillastig) möglich sind.

- Zum Laden des Flüssigsalzspeichers wird Wärme von einem ersten Wärmeträger, beispielsweise einem Thermoöl aus einem Solarkraftwerk, über einen Wärmetauscher an das Salz des Flüssigsalzspeichers übertragen. Beim entladen wird die im Flüssigsalzspeicher gespeicherte Wärme wieder zurück an den ersten Wärmeübertrager übertragen. Der Wärmeübertrager ist hierzu als indirekter Wärmetauscher mit einer wärmedurchlässigen
35

Wand ausgebildet. Der Flüssigkeitsspeicher weist zwei getrennte Tanks auf. Das flüssige Salz strömt gepumpt von speziellen Salzpumpen von einem Tank über den Wärmetauscher in den anderen Tank. Zum Aufladen des Flüssigsalzspeichers strömt das Salz vom „kalten“ Tank über den Wärmeaustauscher zum „heißen“ Tank und nimmt dabei Wärmeenergie auf. Beim Entladen des Speichers ist die Strömungsrichtung umgekehrt und das Salz strömt vom „heißen“ Tank über den Wärmetauscher zum „kalten“ Tank und gibt dabei Wärmeenergie an den ersten Wärmeträger ab.

Bei Flüssigsalzspeichern ist allerdings stets darauf zu achten, dass das Salz flüssig bleibt, da es bei der Kristallisation des Salzes (Einfrieren) zu irreversiblen Schäden an den Pumpen und an dem Wärmetauscher kommen kann. Aus diesem Grund weisen die Behälter immer Begleitheizungen auf.

Dadurch, dass eine Kristallisation des Salzes unter allen Umständen vermieden werden muss, verbleibt immer eine größere Wärmemenge ungenutzt im Flüssigsalzspeicher.

Ausgehend vom Stand der Technik ist es Aufgabe der vorliegenden Anmeldung einen Wärmeübertrager bereitzustellen, welcher die Nachteile aus dem Stand der Technik überwindet. Des Weiteren ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Dampfturbinenanlage mit einem erfindungsgemäßen Wärmeübertrager bereitzustellen.

Die Aufgabe wird hinsichtlich des Wärmeübertragers durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs 1 gelöst. Hinsichtlich der Dampfturbinenanlage wird die Aufgabe durch den unabhängigen Patentanspruch 7 gelöst.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung, die einzeln oder in Kombination miteinander einsetzbar sind, sind Gegenstand der Unteransprüche.

Der erfindungsgemäße Wärmeübertrager zum Übertragen thermischer Energie von einer Wärmequelle oder einem ersten Wärmeträger auf einen zweiten Wärmeträger zeichnet sich dadurch aus, dass der Wärmeübertrager einen Phasenspeicher umfasst und der Phasenspeicher, die thermische Energie von der Wärmequelle oder dem ersten Wärmeträger aufnehmen und an den zweiten Wärmeträger abgeben kann. Der Phasenspeicher nutzt gegenüber herkömmlichen Flüssigkeitsspeichern den Phasenübergang aus und ermöglicht dadurch eine deutlich höhere Speicherkapazität als herkömmliche Speicher. Das Erstarren des Speichermediums gehört dabei zum Funktionsprinzip des Phasenspeichers und ist im Gegensatz zu herkömmlichen Speichern kein technisches Risiko. Durch die Integration des Phasenspeichers in den Wärmeübertrager werden keine verschleißintensiven bewegten Komponenten, wie beispielsweise Salzpumpen benötigt. Hierdurch kann der Wärmeübertrager nahezu verschleißfrei arbeiten. Der Phasenspeicher kann dabei, ähnlich wie Flüssigsalzspeicher, sehr hohe Grenznutzungsdauern erreichen. Auch ein Teillastbetrieb ist jederzeit möglich und die an den Wärmeübertrager angeschlossene Anlage kann ohne technische Vorsichtsmaßnahme ab- und angefahren werden. Auf die bei Flüssigsalzspeichern notwendigen Begleitheizungen der Behälter kann ebenso verzichtet werden, wie auf die bislang notwendigen zwei Behälter. Durch den Verzicht der beweglichen Teile, insbesondere von Pumpen und den Verzicht von Begleitheizungen sowie die Reduzierung auf einen einzigen Speicherbehälter wird der konstruktive Aufwand des Speichers und des Wärmeübertragers deutlich reduziert und die Anlagenkosten können erheblich reduziert werden.

Eine Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Wärmequelle ein elektrischer Heizwiderstand ist. Als elektrischer Heizwiderstand kommt beispielsweise eine Heizspirale in Betracht. Der elektrische Heizwiderstand kann mit Strom versorgt werden, der auf unterschiedliche Weise, beispielsweise durch eine Windkraftanlage erzeugt wird. Hierdurch kann der Strom, der bei hohen Windaufkommen gewonnen wird, gespeichert werden und im Falle von Windstille wieder in Form von Wärme

abgegeben werden. Die abgegebene Wärme kann dann beispielsweise in einer herkömmlichen Dampfturbine verstromt werden kann.

5 Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass der erste Wärmeträger ein erstes Fluid ist. Das erste Fluid kann beispielsweise ein Thermoöl sein, welches in einem Solar-
kraftwerk mit Hilfe von Sonnenenergie erwärmt wird. Die mit Sonnenenergie bereitgestellte Wärme kann im Phasenspeicher
10 gespeichert werden und beispielsweise nachts wieder abgegeben werden und ebenfalls über eine herkömmliche Dampfturbine verstromt werden.

Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass der Phasenspeicher ein Salzspeicher ist. Salz hat den großen Vor-
15 teil, dass es über einen hohen Temperaturbereich genutzt werden kann. Salz ist in hohem Maße verfügbar und ungiftig. Der weitere Vorteil bei flüssigem Salz besteht darin, dass es auch bei hohen Temperaturen druckfrei ist. Übliche Temperaturbereiche für eine Salzanlage liegen bei bis zu 380 °C wo-
20 bei das Salz üblicherweise bei 250 °C erstarrt. Dies stellt beim Phasenspeicher jedoch keine Grenze hinsichtlich der unteren Temperatur dar, da der Phasenspeicher auch Wärme abgeben kann, wenn das Speichermedium, in diesem Fall das Salz bereits vollständig erstarrt ist.

25 Eine Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die thermische Energie mittel oder unmittelbar von einem Solarkraftwerk oder einer Windkraftanlage bereitgestellt wird. Mittels des erfindungsgemäßen Wärmeübertragers mit integriertem Phasen-
30 speicher kann die Energie vom Solarkraftwerk oder der Windkraftanlage in Form von Wärme gespeichert werden. In Zeiten, in denen kein Strom über die regenerativen Energien bereitgestellt werden kann, lässt sich die Wärme beispielsweise mit-
tels einer Dampfturbine verstromen. Somit kann die Energie,
35 unabhängig von den Witterungsbedingungen, jederzeit bereitgestellt werden.

Die erfindungsgemäße Dampfturbinenanlage umfasst wenigstens einen Wärmeübertrager, welcher nach einem der Ansprüche 1 bis 6 ausgebildet ist, sowie eine Dampfturbine, wobei der zweite Wärmeträger das Arbeitsmedium der Dampfturbine ist. Hierdurch
5 kann, wie bereits ausgeführt, auf einfache Weise die Wärmeenergie in elektrischen Strom umgewandelt werden. Dadurch, dass der zweite Wärmeträger direkt das Arbeitsmedium der Dampfturbine ist, ergibt sich ein besonders hoher Wirkungsgrad der Dampfturbinenanlage. Das Arbeitsmedium muss dabei
10 nicht zwangsläufig Wasser-/Wasserdampf sein. Es können für die Dampfturbine auch andere Flüssigkeiten, wie organische Flüssigkeiten oder Ammoniak verwendet werden. Auch eine Erwärmung von Luft und die Entspannung in einer Luftturbine sind denkbar, ohne dass hierdurch der Bereich der Erfindung
15 verlassen wird.

Zusammenfassend lässt sich somit festhalten, dass durch den erfindungsgemäßen Wärmeübertrager mit integriertem Phasenspeicher eine Speicherung von Wärme mit hoher Energiedichte
20 bei gleichzeitig geringem Platzbedarf ermöglicht wird, wobei das Aufladen des Phasenspeichers und das Entladen des Phasenspeichers auf einfache Weise über den Wärmeübertrager möglich ist. Durch die Integration von Wärmeübertrager und Phasenspeicher ergibt sich ein sehr kompakter und konstruktiv einfacher Aufbau. Dieser ist nahezu wartungs- und verschleißfrei. Durch den erfindungsgemäßen Wärmeübertrager kann insbesondere Energie aus regenerativen Quellen auf einfache Weise
25 gespeichert werden und im Bedarfsfall abgerufen werden. Die Umwandlung der gespeicherten Wärme in elektrischen Strom kann mittels der erfindungsgemäßen Dampfturbinenanlage problemlos
30 erfolgen. Zur Verstromung können dabei übliche Dampfturbinenanlagen verwendet werden, ohne dass diese eine größere Anpassung erforderlich machen.

35 Ausgestaltungen der Erfindung werden nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigt,

FIG 1 einen herkömmlichen Wärmeübertrager,

FIG 2 eine herkömmliche Dampfturbinenanlage mit Flüssigsalzspeicher,

FIG 3 eine erste Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Wärmeübertrager,

FIG 4 eine erfindungsgemäße Dampfturbinenanlage und

FIG 5 eine zweite Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Wärmeübertragers.

Die Darstellungen zeigen teilweise stark vereinfachte und schematische Darstellungen der Erfindung. Gleiche bzw. funktionsgleiche Bauteile sind figurübergreifend mit denselben Bezugszeichen versehen.

FIG 1 zeigt einen Wärmeübertrager 1 zum Übertragen von thermischer Energie von einem ersten Wärmeträger 3 auf einen zweiten Wärmeträger 4. Der Wärmeübertrager ist als einfacher indirekter Wärmetauscher ausgebildet und umfasst eine, die Stoffströme räumlich trennende und wärmedurchlässige Wand 9. Ein solcher handelsüblicher Wärmetauscher 1 wird beispielsweise für ein Solarkraftwerk (Concentrated-Solar-Powerplant CSP) verwendet, wie es in FIG 2 dargestellt ist. Bei der dargestellten Anlage wird zunächst die Sonnenenergie gebündelt und mit der Sonnenenergie der erste Wärmeträger 3, beispielsweise ein Thermoöl erhitzt. Das erhitzte Thermoöl strömt durch einen zu einer Dampfturbinenanlage 6 gehörenden zweiten Wärmeübertrager 15 und gibt dabei Wärmeenergie an das Arbeitsmedium der Dampfturbinenanlage 6 ab. Das Arbeitsmedium 4 wird dabei verdampft und anschließend in der Turbine 7 entspannt. Die Turbine treibt ihrerseits einen Generator an, der elektrischen Strom erzeugt.

Um auch in Zeiten, in denen die Sonne nicht scheint, Strom zu erzeugen, weist die Anlage einen Flüssigsalzspeicher auf. Der Flüssigsalzspeicher umfasst zwei getrennte Tanks 10, 11. Die mit flüssigem Salz befüllten Speicher 10, 11 kommunizieren

mit dem Thermoöl des Solarkraftwerks über den ersten Wärmeübertrager 1. Zur Speicherung der Wärmeenergie vom Solarkraftwerk wird die Wärmeenergie vom Thermoöl (erster Wärmeträger 3) über den Wärmetauscher 1 an das Salz des Flüssigkeitsspeichers (zweiter Wärmeträger 4) übertragen. Hierzu strömt das flüssige Salz vom „kalten“ Tank 11 über den Wärmetauscher 1 zum „heißen“ Tank 10 und nimmt dabei Wärmeenergie $\dot{Q}$ auf. Beim Entladen des Speichers ist die Strömungsrichtung umgekehrt und das flüssige Salz strömt vom „heißen“ Tank 10 über den Wärmetauscher 1 zum „kalten“ Tank und gibt dabei die gespeicherte Wärmeenergie an das Thermoöl (den ersten Wärmeträger 3) ab. Das Salz wird dabei mittels Salzpumpen von einem Tank zum anderen gepumpt. Zum Betrieb der Anlage ist es unbedingt notwendig, dass das Salz stets in flüssiger Form vorliegt und es nicht zu einer Kristallisation des Salzes kommt, da dies zu irreversiblen Schäden an den Salzpumpen und am Wärmetauscher 1 führen würde. Aus diesem Grund weisen die Behälter eine Begleitheizung auf, die dafür sorgt, dass die Temperatur des flüssigen Salzes immer oberhalb der Kristallisationstemperatur liegt.

FIG 3 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Wärmeübertragers 1. Der Wärmeübertrager 1 dient zum Übertragen thermischer Energie $\dot{Q}$ von einer Wärmequelle 2 oder einem ersten Wärmeträger 3 auf einen zweiten Wärmeträger 4. Als erster Wärmeträger kommt beispielsweise jegliche Art von Fluiden und insbesondere Flüssigkeiten in Betracht. Flüssigkeiten bieten sich besonders deshalb an, da sie eine höhere, spezifische Wärmekapazität als Gase aufweisen. Grundsätzlich kann als erster Wärmeträger aber auch Gas verwendet werden. Als Wärmequellen 2 kommen ebenfalls sämtliche Wärmequellen infrage. Insbesondere eignen sich hier Wärmequellen, welche elektrisch betrieben werden, beispielsweise elektrische Heizwiderstände und Heizdrähte. Hierdurch ist es möglich, elektrische Energie in Form von Wärme zu speichern. Der Wärmeübertrager 1 umfasst einen Phasenspeicher 5, welcher integraler Bestandteil des Wärmeübertrager 1 ist. Bei dem Phasenspeicher 5 kann es sich beispielsweise um einen Salzspeicher

handeln. Bei dem Phasenspeicher 5 wird der Phasenwechsel genutzt, um die Speicherkapazität zu erhöhen. Der Phasenspeicher 5, welcher thermische Energie aufnimmt, kann diese im Bedarfsfalle an einen zweiten Wärmeträger 4 abgeben. Durch die Kombination von Wärmeübertrager 1 und integriertem Phasenspeicher 5 sind keine zusätzlichen bewegten Teile, wie beispielsweise Salzpumpen erforderlich. Hierdurch ergeben sich ein besonders einfacher konstruktiver Aufbau und ein verschleißarmer und extrem langlebiger Wärmeübertrager. Aufgrund des Phasenspeichers 5, welcher den Phasenwechsel zulässt und ausnutzt kann auf zusätzliche Begleitheizungen verzichtet werden. Sobald der Phasenspeicher 5 aufgeladen ist und eine stationäre Temperatur aufweist, arbeitet der Wärmeübertrager 1 prinzipiell wie ein üblicher Wärmeübertrager. Sinkt die Temperatur des ersten Wärmeträgers 3 unterhalb der Temperatur des Speichermaterials des Phasenspeichers 5, wird Wärme vom Phasenspeicher 5 an den zweiten Wärmeträger 4 abgegeben.

FIG 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Dampfturbinenanlage 6. Die Dampfturbinenanlage 6 umfasst einen erfindungsgemäßen Wärmeübertrager 1, sowie eine Dampfturbine 7, wobei der zweite Wärmeübertrager 4 das Arbeitsmedium der Dampfturbine 7 ist. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird über eine Windkraftanlage 15 elektrische Energie erzeugt. Die elektrische Energie wird im Wärmeübertrager 1 bzw. im Phasenspeicher 5 des Wärmeübertragers 1 gespeichert. Hierzu sind im Wärmeübertrager 1 bzw. im Phasenspeicher 5 elektrische Heizwiderstände in Form einer Heizwendel eingebracht. Der elektrische Strom des Windrads sorgt für die notwendige elektrische Heizleistung und der elektrische Heizwiderstand sorgt durch seine Erwärmung dafür, dass Wärmeenergie an den Phasenspeicher 5 übertragen wird. Der Phasenspeicher 5 nimmt die Wärmeenergie auf und gibt sie an das Arbeitsmedium 4 der Dampfturbine 7 ab. Bei dem Arbeitsmedium kann es sich um Dampf/Wasser aber auch um andere geeignete Flüssigkeiten, beispielsweise Ammoniak oder eine organische Flüssigkeit für eine ORC-Turbine (Organic-Rankine-Cycle) handeln. Auch die

Erwärmung von Luft und die Entspannung von Luft in einer Luftturbine sind denkbar. Der erfindungsgemäße Wärmeübertrager 1 ermöglicht es somit die elektrische Energie des Windkrafttrads in Form von Wärme zu speichern und diese im Bedarfsfall über eine Dampfturbinenanlage 6 wieder in elektrischen Strom umzuwandeln.

FIG 5 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Wärmeübertragers 1. Der Wärmeübertrager 1 umfasst einen Tank 12, der mit einem Salz, beispielsweise Natriumsalz (NaNO_3) gefüllt ist. Innerhalb des Tanks sind spiralförmige Rohre 13 verlegt. Durch die Rohre 13 strömt ein erster Wärmeträger 3, beispielsweise ein Thermoöl, welches über ein Solarkraftwerk erwärmt wird. Das heiße Thermoöl erwärmt das Salz im Tank 12 und bringt es zum Schmelzen. Anschließend verlässt das abgekühlte Thermoöl den Tank 12 über einen Auslass am unteren Ende des Tanks 12. Im Tank 12 sind weitere Rohre eingebracht, welche über einen Zulauf 4 mit dem Arbeitsmedium einer Dampfturbine, beispielsweise Wasser versorgt werden können. Das Wasser steigt in den senkrechten angeordneten Rohren 14 auf und verdampft dabei aufgrund der zugeführten thermischen Energie vom Salz. Der Wasserdampf wird am oberen Auslass des Behälters entnommen und einer Dampfturbine zugeführt und in dieser entspannt. Die Dampfturbine treibt ihrerseits einen Generator an, welcher elektrischen Strom erzeugt.

Die spiralförmigen Rohre 13, die von einem ersten Wärmeträger 3 durchströmt werden, können auch durch elektrische Heizwendeln ersetzt werden. Das Verflüssigen des Salzes erfolgt dann elektrisch. Ein solcher Wärmeübertrager 1 eignet sich insbesondere dann, wenn elektrische Energie direkt gespeichert werden soll. Das wäre beispielsweise der Fall bei einer Windkraftanlage, bei der der Wind zu Spitzenzeiten hohe Mengen elektrischen Strom erzeugt und diese für Zeiten in denen Windknappheit herrscht gespeichert werden soll.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass durch den erfindungsgemäßen Wärmeübertrager mit integrierter Phasenspeicher auf einfache Weise Wärme und/oder Strom in Form von Wärme gespeichert werden kann. Dabei treten nur geringe Verluste auf und der Phasenspeicher ermöglicht gegenüber anderen Speicherformen eine hohe Speicherdichte. Dabei ist der Speicher und der mit ihm verbundene Wärmeübertrager besonders einfach im Aufbau und kostengünstig. Kombiniert mit einer erfindungsgemäßen Dampfturbinenanlage kann die gespeicherte Wärme jederzeit zur Erzeugung elektrischen Strom genutzt werden.

Patentansprüche

1. Wärmeübertrager (1) zum Übertragen thermischer Energie von einer Wärmequelle (2) oder einem ersten Wärmeträger (3) auf einen zweiten Wärmeträger (4),
5 dadurch gekennzeichnet, dass
der Wärmeübertrager (1) einen Phasenspeicher (5) umfasst und der Phasenspeicher (5) die thermische Energie von der Wärmequelle (2) oder dem ersten Wärmeträger (3) auf-
10 nehmen und an den zweiten Wärmeträger (4) abgeben kann.
2. Wärmeübertrager (1) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
15 die Wärmequelle (2) ein elektrischer Heizwiderstand ist.
3. Wärmeübertrager (1) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
der erste Wärmeträger (3) ein erstes Fluid, ist.
- 20 4. Wärmeübertrager (1) nach einem der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der zweite Wärmeträger (4) ein zweites Fluid, ist.
- 25 5. Wärmeübertrager (1) nach einem der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Phasenspeicher (5) ein Salzspeicher ist.
- 30 6. Wärmeübertrager (1) nach einem der vorherigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die thermische Energie mittel- oder unmittelbar von einem Solarkraftwerk oder einer Windkraftanlage bereitgestellt wird.
- 35 7. Dampfturbinenanlage (6) umfassend wenigstens einen Wärmeübertrager (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6 sowie eine Dampfturbine (7), wobei der zweite Wärmeträger (4) das Arbeitsmedium der Dampfturbine ist.

FIG 1

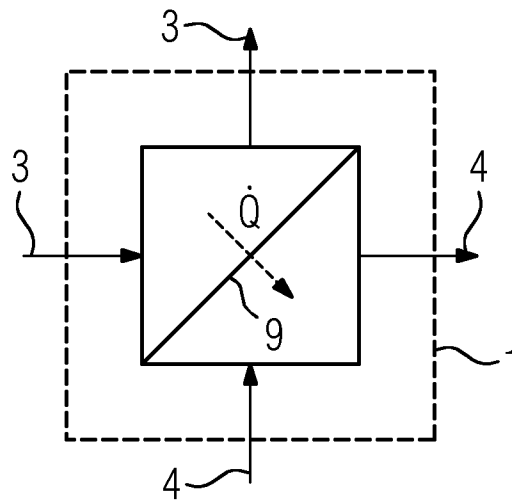


FIG 2

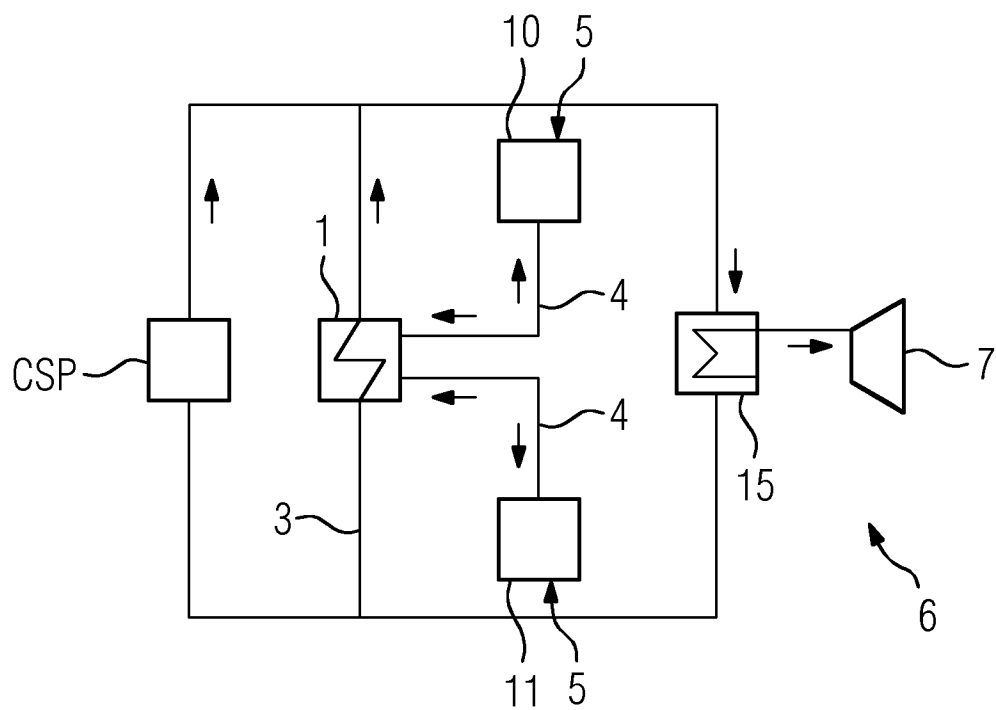


FIG 3

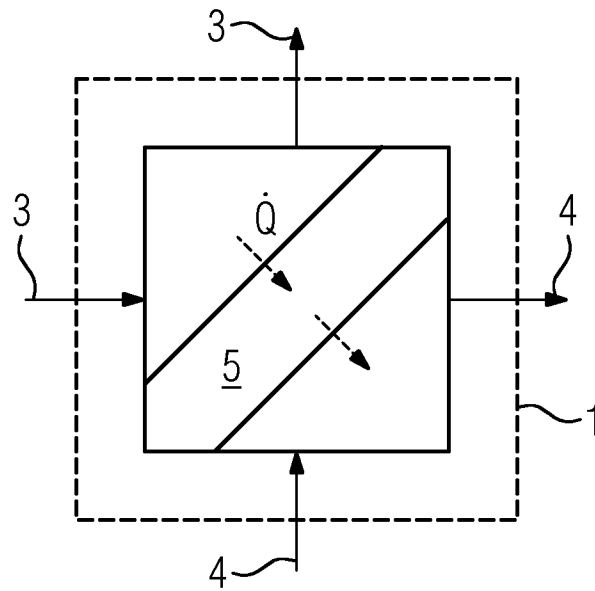


FIG 4

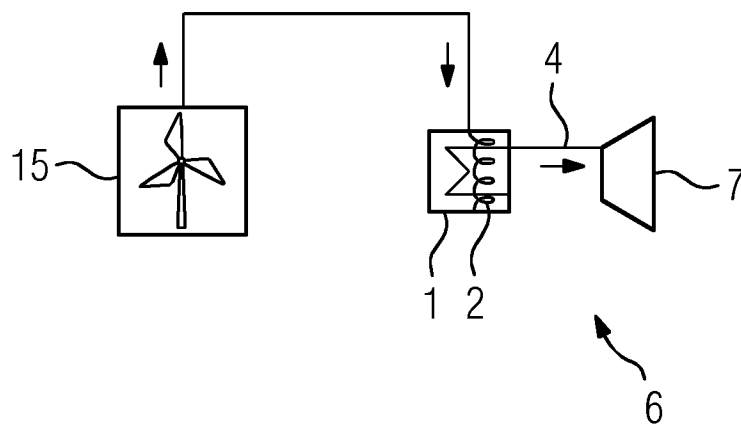
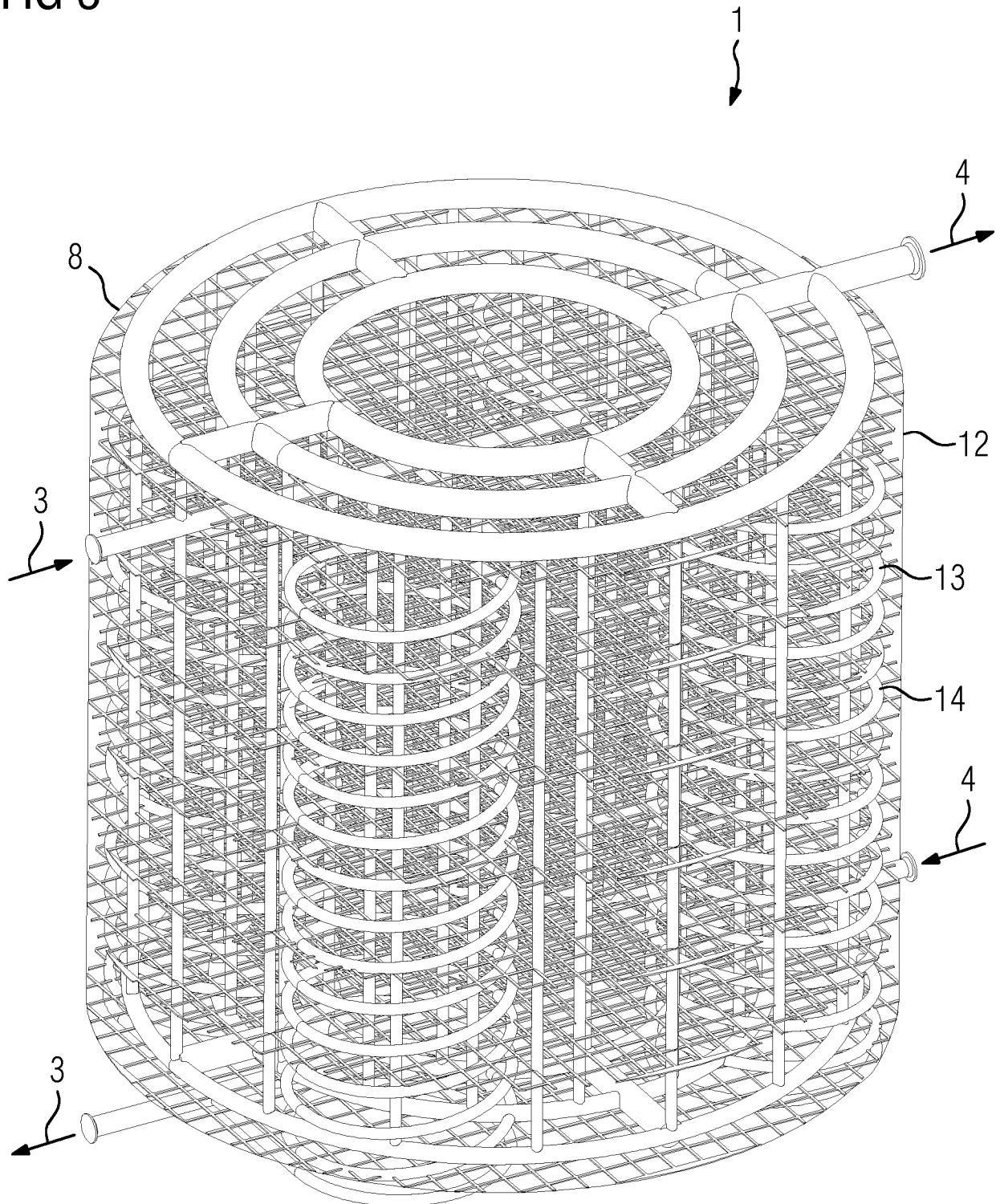


FIG 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/081469

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER*F28D 20/02*(2006.01)i; *F28D 20/00*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F28D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2012319410 A1 (AMBROSEK JAMES W [US] ET AL) 20 December 2012 (2012-12-20) paragraphs [0015] - [0038]; claim 9; figures 1-4	1-7
X	US 2015033739 A1 (LEE JONG EUN [KR]) 05 February 2015 (2015-02-05) paragraphs [0046] - [0095]; figures 1-8	1-7
X	CA 2736418 A1 (MENG NIN G [CA]) 07 October 2012 (2012-10-07) paragraphs [0039] - [0050]; figure 1	1-7
X	WO 2011153971 A1 (GIRITSCH JOHANN [DE]; MITTLER DORIAN MIRKO ALEXANDER [DE]) 15 December 2011 (2011-12-15) page 5, line 15 - page 6, line 24; figure 1	1-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 April 2020

Date of mailing of the international search report

09 June 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Axters, Michael

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/081469

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2012319410	A1	20 December 2012	US	2012319410	A1	20 December 2012
				WO	2012174540	A1	20 December 2012
US	2015033739	A1	05 February 2015	CN	104081049	A	01 October 2014
				KR	101120906	B1	29 February 2012
				US	2015033739	A1	05 February 2015
				WO	2013073823	A1	23 May 2013
CA	2736418	A1	07 October 2012	NONE			
WO	2011153971	A1	15 December 2011	NONE			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F28D20/02 F28D20/00
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 F28D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2012/319410 A1 (AMBROSEK JAMES W [US] ET AL) 20. Dezember 2012 (2012-12-20) Absätze [0015] - [0038]; Anspruch 9; Abbildungen 1-4 -----	1-7
X	US 2015/033739 A1 (LEE JONG EUN [KR]) 5. Februar 2015 (2015-02-05) Absätze [0046] - [0095]; Abbildungen 1-8 -----	1-7
X	CA 2 736 418 A1 (MENG NIN G [CA]) 7. Oktober 2012 (2012-10-07) Absätze [0039] - [0050]; Abbildung 1 -----	1-7
X	WO 2011/153971 A1 (GIRITSCH JOHANN [DE]; MITTLER DORIAN MIRKO ALEXANDER [DE]) 15. Dezember 2011 (2011-12-15) Seite 5, Zeile 15 - Seite 6, Zeile 24; Abbildung 1 -----	1-7



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

16. April 2020

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

09/06/2020

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Axters, Michael

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/081469

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument			Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung	
US 2012319410	A1	20-12-2012	US	2012319410	A1	20-12-2012		
			WO	2012174540	A1	20-12-2012		

US 2015033739	A1	05-02-2015	CN	104081049	A	01-10-2014		
			KR	101120906	B1	29-02-2012		
			US	2015033739	A1	05-02-2015		
			WO	2013073823	A1	23-05-2013		

CA 2736418	A1	07-10-2012	KEINE					

WO 2011153971	A1	15-12-2011	KEINE					
