

(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
24. Oktober 2013 (24.10.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/156284 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
F01K 23/02 (2006.01) *F01K 3/12* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/056549
- (22) Internationales Anmeldedatum:
27. März 2013 (27.03.2013)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
12164473.6 17. April 2012 (17.04.2012) EP
- (71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
[DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (72) Erfinder: REZNIK, Daniel; Borgfelder Steig 8, 13503 Berlin (DE). STIESDAL, Henrik; Nørrevoldgade 45, DK-5000 Odense C (DK).
- (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, DK,

DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

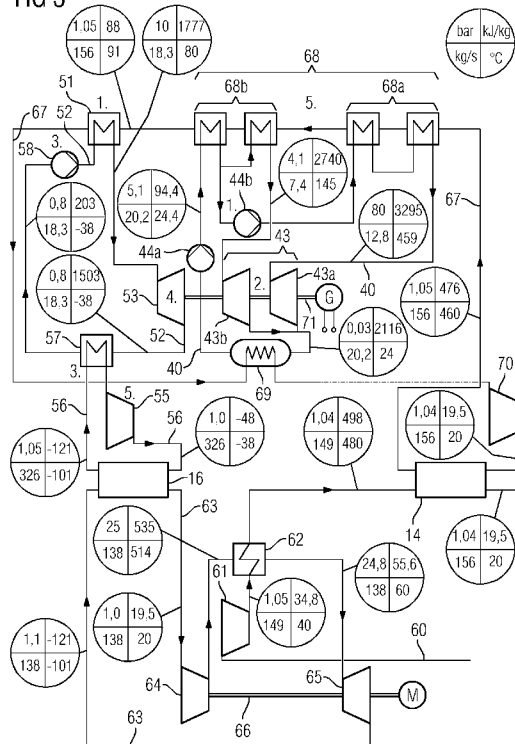
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: SYSTEM FOR STORING AND OUTPUTTING THERMAL ENERGY HAVING A HEAT ACCUMULATOR AND A COLD ACCUMULATOR AND METHOD FOR THE OPERATION THEREOF

(54) Bezeichnung : ANLAGE ZUR SPEICHERUNG UND ABGABE VON THERMISCHER ENERGIE MIT EINEM WÄRMESPEICHER UND EINEM KÄLTESPEICHER UND VERFAHREN ZU DEREN BETRIEB

FIG 3



(57) Abstract: The invention relates to a system for storing and outputting thermal energy and a method for operating said system. Said system has a heat accumulator (14) and a cold accumulator (16). According to the invention, the heat accumulator (14) and the cold accumulator (16) are discharged in two separate discharging circuits (40, 52), wherein the thermal energy is converted into electrical energy, for example by means of a generator (G). The residual heat from the process in the circuit (40) can be advantageously fed to the process in the circuit (52) by means of a first heat exchanger (51), whereby the total efficiency is advantageously improved. Furthermore, the heat from the heat accumulator (14) can be advantageously transferred into the first circuit (40) by means of a waste-heat steam generator (68). The heat accumulator (14) and the cold accumulator (16) can be charged, for example, with excess energy from the electric network by means of a motor (M). Excess energy reserves of alternative energy resources, for example, can thus be stored.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Gegenstand der Erfindung ist eine Anlage zur Speicherung und Abgabe von thermischer Energie sowie ein Verfahren zu deren Betrieb. Diese Anlage weist einen Wärmespeicher (14) und einen Kältespeicher (16) auf. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass der Wärmespeicher (14) und der Kältespeicher (16) in zwei getrennten Endladekreisläufen (40, 52) entladen werden, wobei die thermische Energie beispielsweise über einen Generator (G) in elektrische Energie umgesetzt wird. Hierbei kann vorteilhaft die Restwärme aus dem Prozess im Kreislauf (40) über einen ersten Wärmetauscher (51) dem Prozess im Kreislauf (52) zugeführt werden, wodurch der Gesamtwirkungsgrad vorteilhaft verbessert wird. Vorteilhaft kann weiterhin die Wärme aus dem Wärmespeicher (14) über einen Abhitze-Dampferzeuger (68) in den ersten Kreislauf (40) übertragen werden. Der Wärmespeicher (14) und der Kältespeicher (16) können beispielsweise mit überschüssiger Energie aus dem elektrischen Netz über einen Motor (M) aufgeladen werden. Hierdurch können beispielsweise überschüssige Energiereserven alternativer Energieressourcen gespeichert werden.

Beschreibung

Anlage zur Speicherung und Abgabe von thermischer Energie mit einem Wärmespeicher und einem Kältespeicher und Verfahren zu deren Betrieb

Die Erfindung betrifft eine Anlage zur Speicherung und Abgabe von thermischer Energie mit einem Wärmespeicher und einem Kältespeicher, wobei der Wärmespeicher die gespeicherte Energie an eine erste Leitung in einem Endladekreislauf für ein Arbeitsmedium abgeben kann an einer geeigneten Abgabestelle. In dem Endladekreislauf sind folgende Einheiten in der angegebenen Reihenfolge durch diese erste Leitung miteinander verbunden: eine als Arbeitsmaschine geschaltete erste thermische Fluidenergie-Maschine (insbesondere eine Pumpe), eine Abgabestelle (beispielsweise ein Wärmetauscher) für Wärme aus dem Wärmespeicher und eine als Kraftmaschine geschaltete zweite thermische Fluidenergie-Maschine (beispielsweise eine Dampfturbine). Die beschriebene Anordnung der Einheiten im Endladekreislauf ermöglicht es, dass die in dem Wärmespeicher gespeicherte Energie an das Arbeitsmedium abgegeben wird und die als Kraftmaschine geschaltete zweite thermische Fluidenergie-Maschine beispielsweise zum Antrieb eines elektrischen Generators genutzt wird. Zur Speicherung der thermischen Energie im Wärmespeicher und im Kältespeicher ist umgekehrt ein Ladekreislauf erforderlich, der wahlweise durch die erste Leitung oder durch eine andere Leitung verwirklicht sein kann. Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren, das mit der beschriebenen Anlage durchgeführt wird.

Die Begriffe Kraftmaschine und Arbeitsmaschine werden im Rahmen dieser Anmeldung so verwendet, dass eine Arbeitsmaschine mechanische Arbeit aufnimmt, um ihren Zweck zu erfüllen. Eine thermische Fluidenergie-Maschine, die als Arbeitsmaschine verwendet wird, wird somit als Verdichter oder als Kompressor betrieben. Demgegenüber verrichtet eine Kraftmaschine Arbeit, wobei eine thermische Fluidenergie-Maschine zur Verrichtung der Arbeit die im Arbeitsgas zur Verfügung stehende thermi-

sche Energie umwandelt. In diesem Fall wird die thermische Fluidenergie-Maschine also als Motor betrieben.

Der Begriff „thermische Fluidenergie-Maschine“ bildet einen
5 Oberbegriff für Maschinen, die einem Arbeitsfluid, im Zusammenhang mit dieser Anmeldung ein Arbeitgas wie Luft oder Wasserdampf, thermische Energie entziehen oder diesem thermische Energie zuführen können. Unter thermischer Energie ist
10 sowohl Wärmeenergie als auch Kälteenergie zu verstehen. Thermische Fluidenergie-Maschinen (im folgenden auch kürzer als Fluidenergie-Maschinen bezeichnet) können beispielsweise als Kolbenmaschinen ausgeführt sein. Bevorzugt können auch hydrodynamische thermische Fluidenergie-Maschinen verwendet werden, deren Laufräder einen kontinuierlichen Fluss des Arbeitsgases erlauben. Vorzugsweise kommen axial wirkende Turbinen bzw. Verdichter zum Einsatz.
15

Das eingangs angegebene Prinzip ist beispielsweise gemäß der WO 2009/044139 A2 beschrieben. Hier kommen Kolbenmaschinen
20 zum Einsatz, um das oben beschriebene Verfahren durchzuführen. Gemäß der US 5,436,508 ist es überdies bekannt, dass mittels der eingangs angegebenen Anlagen zur Speicherung thermischer Energie auch Überkapazitäten bei der Nutzung von Windenergie zur Herstellung elektrischen Stroms zwischengespeichert werden können, um diese im Bedarfsfall wieder abzurufen.
25

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Anlage zur Speicherung und Abgabe von thermischer Energie der eingangs angegebenen Art (beispielsweise Wandlung von mechanischer in
30 thermische Energie mit anschließender Speicherung oder Wandlung der gespeicherten thermischen Energie in mechanische Energie) und ein Verfahren zu deren Betrieb anzugeben, mit der ein vergleichsweise hoher Wirkungsgrad bei gleichzeitig vertretbarem Aufwand der verwendeten Baueinheiten möglich ist.
35

Diese Aufgabe wird mit der eingangs angegebenen Anlage erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Kältespeicher die gespeicherte Kälte an eine zweite Leitung an einer geeigneten Abgabestelle abgeben kann, wobei die zweite Leitung einen geschlossenen Kreislauf bildet. In diesem Kreislauf sind folgende Einheiten in der angegebenen Reihenfolge durch die zweite Leitung miteinander verbunden: hinter der genannten Abgabestelle für die in dem Kältespeicher gespeicherte Kälte (also der Stelle, an der der Kältespeicher die gespeicherte Kälte an die zweite Leitung abgeben kann) ist eine als Arbeitsmaschine geschaltete dritte thermische Fluidenergie-Maschine (beispielsweise eine Pumpe) vorgesehen, dann ist eine Wärmequelle vorgesehen und dann ist eine als Kraftmaschine geschaltete thermische Fluidenergie-Maschine (beispielsweise eine Dampfturbine) vorgesehen. Als Wärmequelle eignen sich Medien, welche im Vergleich zum Temperaturniveau des Kältespeichers ein höheres Temperaturniveau aufweisen. Wenn der Kältespeicher im aufgeladenen Zustand ein Temperaturniveau aufweist, welches unter den Umgebungsbedingungen liegt, kann als Wärmequelle die Umgebung der Anlage genutzt werden (beispielsweise Flusswasser). Besonders vorteilhaft ist es jedoch, wenn die Abwärme oder Restwärme eines anderen Prozesses genutzt wird, wobei das Temperaturniveau dieses Prozesses über der Umgebungstemperatur liegt. Dieser Prozess kann beispielsweise ein Gasturbinenkreislauf sein. Wird das Gas für diesen in flüssiger Form angeliefert und muss erst verdampft werden, kann dieser Prozess beispielsweise zur Aufladung des Kältespeichers verwendet werden. Andere Konfigurationen werden im Folgenden noch näher erläutert. Hierunter ist insbesondere die thermische Energiespeicherung zu nennen, wie diese eingangs bereits erläutert wurde.

In der ersten Leitung und in der zweiten Leitung ist jeweils ein Arbeitsmedium vorgesehen, welches im Kreislauf einen thermodynamischen Prozess zur Energiespeicherung oder Energiegewinnung durchläuft. Hierbei kann dieses gasförmig oder flüssig vorliegen. Die Fluidenergie-Maschinen müssen jeweils auf das Medium optimiert sein. Wird dieses in flüssiger Form

gefördert, so ist die Wahl einer Pumpe besonders vorteilhaft. Im Falle der Förderung im gasförmigen Zustand kommen bevorzugt hydrodynamische Fluidenergie-Maschinen (Turbo-Verdichter) zum Einsatz.

5

Grundlegender Gedanke der Erfindung ist es, dass der in der Anlage zur Verfügung stehende Wärmespeicher und der zur Verfügung stehende Kältespeicher unabhängig voneinander in zwei Endladekreisläufen genutzt werden können. Hierdurch wird es insbesondere möglich, die Abwärme des mit dem Wärmespeicher betriebenen Endladekreislaufer in den mit dem Kältespeicher betriebenen Endladekreislauf nutzen zu können. Hierdurch wird die Ausbeute der im Wärmespeicher und im Kältespeicher gespeicherten Energie vorteilhaft erhöht, wodurch der Gesamtwirkungsgrad der Anlage gesteigert werden kann.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Wärmequelle aus einem ersten Wärmetauscher besteht, der der ersten Leitung Wärme entziehen kann und zwischen der dritten Fluidenergie-Maschine und der vierten Fluidenergie-Maschine angeordnet ist. Diese Anordnung und Funktionsweise des ersten Wärmetauschers ermöglicht es wie bereits angedeutet, dass die Abwärme des im durch die erste Leitung gebildeten Endladekreislaufer in dem durch die zweite Leitung gebildeten Endladekreislauf genutzt werden kann. Dieses Temperaturniveau liegt höher als das der Umgebung, wodurch vorteilhaft die Ausbeute der Abgabe bzw. Entladung des Kältespeichers vergrößert werden kann.

Eine andere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Abgabestelle für den Wärmespeicher durch einen fünften Wärmetauscher gebildet ist, der der ersten Leitung Wärme zuführen kann und der in einen durch eine vierte Leitung gebildeten Kreislauf geschaltet ist. In diesen Kreislauf sind folgende Einheiten miteinander verbunden: der fünfte Wärmetauscher, eine als Arbeitsmaschine geschaltete zehnte thermische Fluidenergie-Maschine und der Wärmespeicher. Hiermit wird eine Konfiguration zur Verfügung gestellt, bei der der Wärmespei-

cher nicht direkt in den Endladekreislauf der ersten Leitung eingebunden ist, sondern mit diesem über einen Wärmetauscher verbunden ist (fünfter Wärmetauscher). Dieser Wärmetauscher wird durch die vierte Leitung in einem Kreislauf mit dem Wärmespeicher 14 verbunden. Die Fluidenergie-Maschine wälzt hierbei das Arbeitsmedium in der vierten Leitung um, so dass die im Wärmespeicher 14 gespeicherte Energie an den Wärmetauscher herangeführt werden kann. Der Vorteil dieser Bauform ist, dass in der ersten und in der vierten Leitung unterschiedliche Arbeitsmedien zum Einsatz kommen können. Besonders vorteilhaft ist beispielsweise der fünfte Wärmetauscher als Abhitze-Dampferzeuger ausgebildet. Derartige Wärmetauscher werden häufig auch als Abhitzekessel oder als HRSG (Heat Recovery Steam Generator) bezeichnet. Der Abhitze-Dampferzeuger wird vorteilhaft mit Wasser betrieben, so dass marktübliche Dampfturbinen zur Erzeugung mechanischer Energie im durch die erste Leitung gebildeten Kreislauf zum Einsatz kommen können. Der Wärmespeicher 14 kann jedoch über die vierte Leitung beispielsweise mit Luft als Arbeitsmedium betrieben werden. Dies hat den Vorteil, dass auch Wärmespeicher größeren Volumens kostengünstig hergestellt werden können, da eventuelle Undichtigkeiten in dem Kreislauf keine Gefahr für die Umwelt darstellen.

Vorteilhaft kann der Abhitze-Dampferzeuger (also der fünfte Wärmetauscher) und die zweite thermische Fluidenergie-Maschine auch mehrere Druckstufen aufweisen. Diese Druckstufen werden dadurch ausgebildet, dass sowohl im Wärmetauscher als auch in der Fluidenergie-Maschine korrespondierende Druckstufen zur Verfügung stehen, die jeweils mit Leitungen untereinander verbunden werden. Hierdurch lässt sich die Ausbeute und damit der Wirkungsgrad des Endladeprozesses vorteilhaft weiter erhöhen.

Gemäß einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Abgabestelle für die in dem Kältespeicher gespeicherte Kälte aus einem dritten Wärmetauscher besteht, der an die zweite Leitung Wärme abgeben kann und in einen durch

eine dritte Leitung gebildeten Kühlkreislauf eingebunden ist. In diesem Kühlkreislauf sind folgende Einheiten miteinander verbunden: der dritte Wärmetauscher, eine als Arbeitsmaschine geschaltete fünfte thermische Fluidenergie-Maschine und der
5 Kältespeicher. Die Fluidenergie-Maschine wälzt das Arbeitsmedium in der dritten Leitung um. Auf diesem Wege wird die in dem Kältespeicher gespeicherte Kälteenergie über den dritten Wärmetauscher an die zweite Leitung abgegeben, wo über die vierte Fluidenergie-Maschine Arbeit verrichtet werden kann.
10 Auch diese Trennung der Kreisläufe über die zweite und die dritte Leitung hat den Vorteil, dass der über die zweite Leitung gebildeten Kreislauf möglichst klein gehalten werden kann. In diesem System kann beispielsweise Ammoniak als Arbeitsmedium zum Einsatz kommen und unter den damit verbundenen hohen technischen Sicherheitsanforderungen betrieben werden.
15 In der dritten Leitung kann beispielsweise Luft als Arbeitsmedium zum Einsatz kommen. Dies ist insbesondere von Vorteil, wenn der Kältespeicher aufgrund der Kapazitätsanforderungen ein großes Volumen aufweist.

20 Eine wieder andere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass in der zweiten Leitung zwischen der dritten thermischen Fluidenergie-Maschine und dem ersten Wärmetauscher ein vierter Wärmetauscher vorgesehen ist, der einen Wärmeeintrag aus der Umgebung der Anlage in die zweite Leitung ermöglicht.
25 Hierbei muss berücksichtigt werden, dass der Kältespeicher ein Temperaturniveau aufweist, welches unterhalb der atmosphärischen Umgebungsbedingungen liegt. Daher kann dem Arbeitsmedium in einem ersten Schritt Wärme aus der Umgebung
30 zugeführt werden, bevor in einem zweiten Schritt die Wärme genutzt wird, welche in dem Wärmespeicher oder in der Restwärme des Endladekreislaufes am Wärmespeicher zur Verfügung gestellt wird. Die Umgebungswärme steht damit dem Prozess zusätzlich zur Verfügung, wodurch der Wirkungsgrad der Anlage
35 verbessert werden kann.

Die eingangs angegebene Aufgabe wird außerdem durch ein Verfahren zur Speicherung und Abgabe von thermischer Energie

über einen Wärmespeicher und einen Kältespeicher gelöst, bei dem während des Endladezyklusses der Wärmespeicher die gespeicherte Energie an eine erste Leitung in einen Endladekreislauf für ein Arbeitsmedium abgibt. In dem Endladekreislauf sind die folgenden Einheiten in der angegebenen Reihenfolge über eine erste Leitung angeordnet und werden in dieser Reihenfolge durch das Arbeitsmedium durchflossen: eine als Arbeitsmaschine geschaltete erste thermische Fluidenergie-Maschine (insbesondere eine Pumpe), eine Abgabestelle für Wärme aus dem Wärmespeicher und eine als Kraftmaschine geschaltete zweite thermische Fluidenergie-Maschine (insbesondere eine Dampfturbine).

Konkret besteht die Lösung der Aufgabe darin, dass der Kältespeicher die gespeicherte Kälte an eine zweite Leitung abgibt, wobei die zweite Leitung einen geschlossenen Kreislauf bildet, in der folgende Einheiten in der angegebenen Reihenfolge über die zweite Leitung durchlaufen werden: hinter der genannten Abgabestelle für die in dem Kältespeicher gespeicherte Kälte eine als Arbeitsmaschine geschaltete dritte thermische Fluidenergie-Maschine (insbesondere eine Pumpe), eine Wärmequelle und eine als Kraftmaschine geschaltete vierte thermische Fluidenergie-Maschine, insbesondere eine Dampfturbine. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren, mit welchem eine Anlage der vorbeschriebenen Art betrieben werden kann, werden die bereits erläuterten Vorteile einer Effizienzsteigerung und damit einer Steigerung des Wirkungsgrades der ablaufenden Prozesse erreicht.

Weitere Einzelheiten der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung beschrieben. Gleiche oder sich entsprechende Zeichnungselemente sind jeweils mit den gleichen Bezugszeichen versehen und werden nur insoweit mehrfach erläutert, wie sich Unterschiede zwischen den einzelnen Figuren ergeben.

35

Es zeigen

Figur 1 und 2 ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Anlage in den Betriebszuständen eines Aufladens (Figur 1) und Entladens (Figur 2) jeweils als Blockschaltbilder und

5

Figur 3 ein anderes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Anlage in den Betriebszuständen eines Aufladens und Entladens als Blockschaltbild.

10

Anhand einer Anlage gemäß den Figuren 1 und 2 sollen der thermische Auflade- und Entladeprozess von thermischen Speichern 12, 14, 16 näher erläutert werden. In Figur 1 ist zunächst ein zweistufiger Ladeprozess dargestellt, der nach dem Prinzip einer Wärmepumpe funktioniert. Dargestellt ist ein offener Ladekreislauf, der jedoch, wie strichpunktiert angedeutet, unter Einsatz eines optional vorgesehenen Wärmetauschers 17b geschlossen werden könnte. Die Zustände im Arbeitsgas, welches bei dem Ausführungsbeispiel Figur 1 aus Luft besteht, sind jeweils an den Leitungen 30, 31 in Kreisen dargestellt. Links oben ist der Druck in bar angegeben. Rechts oben wird die Enthalpie in KJ/Kg angegeben. Links unten steht die Temperatur in °C und rechts unten wird der Massefluss in Kg/s angegeben. Die Flussrichtung des Gases ist durch Pfeile in der betreffenden Leitung angedeutet (Diese Pfeile und Kreise werden auch in den weiteren Figuren verwendet).

In der Modellrechnung für den Ladekreislauf der dritten Leitung 31 gemäß Figur 1 gelangt das Arbeitsgas mit 1 bar und 20°C in einen (vorher aufgeladenen) Zusatz-Wärmespeicher 12 und verlässt diesen mit einer Temperatur von 80°C. Durch Komprimierung mittels der als Verdichter arbeitenden sechsten Fluidenergie-Maschine 34 kommt es zu einer Druckerhöhung auf 15 bar und infolgedessen auch zu einer Temperaturerhöhung auf 540°C. Dieser Berechnung liegt folgende Formel zugrunde

35

$$T_2 = T_1 + (T_{2s} - T_1) / \eta_c; \quad T_{2s} = T_1 \Pi^{(K-1)/K}, \quad \text{wobei}$$

T_2 die Temperatur am Verdichterausgang,
 T_1 die Temperatur am Verdichtereingang,
 η_c der isentropische Wirkungsgrad des Kompressors,
5 π das Druckverhältnis (hier 15:1) und
 K die Kompressibilität ist, die bei Luft 1,4 beträgt.

Der isentropische Wirkungsgrad η_c kann einem Kompressor mit
0,85 vorausgesetzt werden.

10

Das erhitzte Arbeitsgas durchläuft nun den Wärmespeicher 14,
wo der Hauptteil der verfügbaren thermischen Energie gespeichert
wird. Während der Speicherung kühlt sich das Arbeitsgas
auf 20°C ab, während der Druck mit 15 bar erhalten bleibt.

15 Anschließend wird das Arbeitsgas in zwei in Serie geschalteten
Stufen 35a, 35b einer siebten Fluidenergie-Maschine 35
entspannt, so dass es auf einem Druckniveau von 1 bar an-
langt. Dabei kühlt sich das Arbeitsgas nach der ersten Stufe
auf 5°C und nach der zweiten Stufe auf -100°C ab. Grundlage
20 für diese Berechnung ist ebenfalls die oben angegebene For-
mel.

In den Teil der dritten Leitung 31, der die beiden Stufen der
siebten Fluidenergie-Maschine 35a, 35b in Form einer Hoch-
25 druckturbine und einer Niederdruckturbine verbindet, ist zu-
sätzlich ein Wasserabscheider 29 vorgesehen. Dieser ermög-
licht nach einer ersten Entspannung eine Trocknung der Luft,
so dass die in dieser enthaltenen Luftfeuchtigkeit in der
zweiten Stufe 35b der siebten Fluidenergie-Maschine 35 nicht
30 zu einer Vereisung der Turbinenblätter führt.

Im weiteren Verlauf entzieht das entspannte und daher abge-
kühlte Arbeitsgas dem Kältespeicher 16 Wärme und wird dadurch
auf 0°C erwärmt. Auf diesem Weg wird Kälteenergie im Kälte-
35 speicher 16 gespeichert, die bei einer anschließenden Ener-
giegewinnung genutzt werden kann. Vergleicht man die Tempera-
tur des Arbeitsgases am Ausgang des Kältespeichers 16 und am
Eingang des Zusatz-Wärmespeichers 12, so wird deutlich, warum

- für den Fall eines geschlossenen Ladekreislaufs der Wärmetauscher 17b zur Verfügung gestellt werden muss. Hier kann das Arbeitsgas wieder auf Umgebungstemperatur von 20°C aufgewärmt werden, wodurch der Umgebung Wärme entzogen wird, die dem
- 5 Prozess zur Verfügung gestellt wird. Eine solche Maßnahme kann selbstverständlich entfallen, wenn das Arbeitsgas direkt aus der Umgebung angesaugt wird, da dies bereits Umgebungstemperatur aufweist.
- 10 Damit bei dem Durchlaufen des Ladekreislaufes der dritten Leitung 31 eine Vorerwärmung durch den Zusatz-Wärmespeicher 12 erfolgen kann, ist ein Zusatzkreislauf durch eine Zusatzleitung 30 verwirklicht, mit dem der Zusatz-Wärmespeicher 12 aufgeladen werden kann. Der Zusatz-Wärmespeicher 12 muss da-
- 15 her sowohl an den Ladekreislauf der dritten Leitung 31 als auch an den Zusatzkreislauf der Zusatzleitung 30 angeschlossen werden können. Ein Anschluss an die dritte Leitung 31 erfolgt durch die Ventile A, während ein Anschluss an die Zusatzleitung 30 durch Öffnen der Ventile B gewährleistet wird.
- 20 Beim Durchlaufen der Zusatzleitung 30 wird die Luft zunächst durch eine achte Fluidenergie-Maschine 36 geleitet, die als Verdichter arbeitet. Die verdichtete Luft wird durch den Zusatz-Wärmespeicher 12 geleitet, wobei die Durchflussrichtung entsprechend der angedeuteten Pfeile genau entgegengesetzt
- 25 zum durch die dritte Leitung 31 gebildeten Ladekreislauf verläuft. Nachdem die Luft von Umgebungsdruck (1 bar) und Umgebungstemperatur (20°C) durch den Verdichter auf 4 bar und einer Temperatur von 188°C gebracht wurde, wird die Luft durch den Zusatz-Wärmespeicher 12 wieder auf 20°C abgekühlt. Anschließend wird die Luft durch die Stufen 37a, 37b einer
- 30 neunten Fluidenergie-Maschine 37, die als Turbine arbeitet, in zwei Stufen entspannt. Auch hier ist in der die beiden Stufen 37a, 37b verbindenden Zusatzleitung 30 ein Wasserabscheider 29 vorgesehen, der genauso funktioniert, wie der in der dritten Leitung 31 befindliche. Nach Entspannen der Luft
- 35 über die neunte Fluidenergie-Maschine 37 besitzt diese eine Temperatur von -56°C bei Umgebungsdruck (1 bar). Für den Fall, dass der Zusatzkreislauf der Zusatzleitung 30, wie

strichpunktiiert dargestellt, geschlossen ausgefiihrt sein soll, muss daher ein Wärmetauscher 17c vorgesehen werden, damit die Luft von -56°C durch Wärmeaufnahme aus der Umgebung auf 20°C aufgewärmt werden kann.

5

Die Kreisläufe der dritten Leitung 31 und der Zusatzleitung 30 werden unabhängig voneinander in Gang gesetzt. Daher sind die sechste und siebte Fluidenergie-Maschine über die Welle 21 mit einem Motor M1 und die achte und neunte Fluidenergie-Maschine über die andere Welle 21 mit einem Motor M2 mechanisch gekoppelt. Bei Überkapazitäten der Windkraftanlage 22 kann die elektrische Energie zunächst den Motor M2 antreiben, um den Zusatz-Wärmespeicher 12 aufzuladen. Anschließend können durch Betrieb des Motors M1 und gleichzeitiger Entladung des Zusatzwärmespeichers 12 der Wärmespeicher 14 und der Kältespeicher 16 aufgeladen werden. Anschließend kann durch den Betrieb des Motors M2 auch der Zusatz-Wärmespeicher 12 wieder aufgeladen werden. Wenn alle Speicher voll aufgeladen sind, kann ein effektiver Entladezyklus zur Gewinnung elektrischer Energie eingeleitet werden (vgl. Figur 2). Sollte die Überkapazität des Windkraftwerks 22 jedoch enden, ohne dass der Zusatz-Wärmespeicher 12 aufgeladen werden konnte, so kann die in diesem zur Verfügung gestellte Energie auch durch eine andere Wärmequelle 41 ersetzt werden, oder es wird nur der Wärmespeicher 14 eingesetzt (vgl. Figur 2).

Gemäß Figur 2 wird die Anlage nun mit einem Entladekreislauf betrieben, der durch eine erste Leitung 40 realisiert ist. Die Leitung 40 stellt einen geschlossenen Kreislauf dar. Wasser wird durch den Zusatzwärmespeicher 12, den Wärmespeicher 14 und optional durch eine weitere Wärmequelle 41, z. B. Fernwärme, über einen Wärmetauscher 42 verdampft und überhitzt und gelangt so über die Leitung 40 (Ventile C und D sind geschlossen) zu einer dritten thermischen Fluidenergie-Maschine 43. Diese ist zweistufig aufgebaut, bestehend aus einer Hochdruckturbine 43a und einer Niederdruckturbine 43b, die nacheinander durchlaufen werden. Die Hochdruckturbine wird mit Dampf eines Druckes p_h versorgt. Für die Versorgung

der Niederdruckturbine 43b genügt Dampf mit einem geringeren Druck von p_1 . Dieser Druck besteht in der Verbindungsleitung 40 zwischen der Hochdruckturbine 43a und der Niederdruckturbine 43b oder bei bestimmten Betriebszuständen nach Öffnen
5 des Ventils D auch in der Bypassleitung 46. Die dritte Fluidenergie-Maschine 43 treibt über eine weitere Welle 21 einen Generator G an. Dieser erzeugt im Bedarfsfall also Strom, während die thermischen Speicher 12, 14, 16 entladen werden (Rankine-Kreislauf).

10

Die im Kältespeicher 16 gespeicherte Kälteenergie wird dem durch die erste Leitung 40 gebildeten Kreislauf nicht direkt sondern über einen ersten Wärmetauscher 51 zur Verfügung gestellt. Der erste Wärmetauscher 51 ist Teil eines Kreislaufes, der durch eine zweite Leitung 52 gebildet wird. Dieser
15 Kreislauf dient selbst zur Energiegewinnung, die über eine vierte Fluidenergie-Maschine 53 im Kreislauf der zweiten Leitung 52 gewonnen werden kann. Die vierte Fluidenergie-Maschine 53 ist über eine Welle 54 mit einem Generator G verbunden. Außerdem treibt die vierte Fluidenergie-Maschine 53
20 noch eine fünfte Fluidenergie-Maschine 55 an, die als Verdichter zum Einsatz kommt (hierzu im Folgenden noch mehr). Die Kälteenergie aus dem Kältespeicher 16 wird daher in erster Linie zur Energiegewinnung in dem durch die zweite Leitung 52 gebildeten Kreislauf verwendet (beispielsweise durch
25 einen Rankine-Kreislauf mit Ammoniak). Dabei profitiert der durch die erste Leitung 40 gebildete Kreislauf nur indirekt von dieser Kälteenergie. Gleichzeitig profitiert aber der durch die zweite Leitung 52 gebildete Kreislauf von der Wärmeenergie, die über den ersten Wärmetauscher in diesen Prozess eingeleitet wird. Hierdurch ist die Verbesserung des Gesamtwirkungsgrades der Anlage zu erklären.

Hinter der vierten Fluidenergie-Maschine kann die Kälteenergie aus dem Kältespeicher 16 über einen durch eine dritte
35 Leitung 56 gebildeten Kreislauf wieder indirekt über einen dritten Wärmetauscher 57 der zweiten Leitung 52 zugeführt werden. Zu diesem Zweck ist der dritte Wärmetauscher 57 in

der zweiten Leitung vorgesehen. In der zweiten Leitung folgt in Flussrichtung gesehen danach eine dritte Fluidenergie-Maschine in Form einer Pumpe 58. Außerdem kann Umgebungswärme beispielsweise aus einem Fluss über einen vierten Wärmetauscher 59 in das Arbeitsfluid der zweiten Leitung 52 einge-
5 speist werden, bevor dieses den ersten Wärmetauscher 51 durchläuft.

Wie schon angedeutet, wird die Kälteenergie aus dem Kältespeicher 16 über die dritte Leitung dem dritten Wärmetauscher 57 zugeführt. In diesem durch die dritte Leitung 56 gebildeten Kreislauf ist auch die fünfte Fluidenergie-Maschine vorgesehen, die ein Umwälzen des Arbeitsfluides in der dritten Leitung bewirkt. Der Antrieb erfolgt direkt über die Welle 54
15 durch die vierte Fluidenergie-Maschine 53. Alternativ könnte dieser durch die dritte Leitung 56 gebildete Kreislauf auch weggelassen werden und statt des dritten Wärmetauschers 57 der Kältespeicher 16 direkt in der zweiten Leitung 52 vorgesehen werden. Dies ist Strichpunktiert angedeutet. In diesem
20 würde die zweite Leitung 52 im Kältespeicher 16 direkt an ein Kanalsystem angeschlossen werden, welches eine Oberflächenvergrößerung im Kältespeicher 16 bewirkt (hierzu im Folgenden mehr).

25 Durch Betätigen der Ventile C und D kann in bestimmten Betriebszuständen der Wirkungsgrad der Anlage verbessert werden. Das Ventil D liegt in einer ersten Bypassleitung 46, mit der bei Öffnen des Ventils D die Hochdruckturbine 43a umgangen werden kann. Dieser Betriebszustand ist sinnvoll, wenn
30 die Temperatur im Wärmespeicher 14 nicht mehr ausreicht, um den Wasserdampf unter Hochdruckbedingungen zu überhitzen. Letzteres kann durch eine Teilentladung bzw. eine noch nicht vollständige Aufladung des Wärmespeichers 14 begründet sein.

35 Im äußersten Fall ist der Wärmespeicher 14 vollständig entleert, während der Zusatzwärmespeicher 12 bereits aufgeladen wurde. Dieser Zustand kann beispielsweise entstehen, wenn zusätzliche Energie durch das Windkraftwerk 22 erst seit kurzer

Zeit zur Verfügung gestellt werden konnte, nun aber ein Überbedarf an elektrischer Energie gedeckt werden soll. In diesem Fall kann zusätzlich zum Ventil D auch das Ventil C einer zweiten Bypassleitung 47 geschaltet werden. In diesem Fall
5 wird der Wärmespeicher 14 durch die Bypassleitung 47 umgangen, so dass der Zusatzwärmespeicher 12 über die Niederdruckturbine 43b entleert werden kann. Daher steht bereits thermische Energie in der Anlage zur Verfügung, die bei befriedigendem Wirkungsgrad durch den Generator G in elektrische
10 Energie gewandelt werden kann. In diesem Fall ist auch der Kältespeicher 16 noch nicht aufgeladen, da dieser gemeinsam mit dem Wärmespeicher 14 aufgeladen wird. Für diesen Betriebszustand wird über das Ventil F somit ein Kondensator 45 geschaltet.

15

In Figur 3 ist eine andere Ausführungsform der Anlage in ihrer Gesamtansicht als Blockschaltbild dargestellt. Anders als in den Figuren 1 und 2 ist hierbei eine einheitliche Darstellung gewählt worden. Die durch die zweite Leitung 52 und
20 durch die dritte Leitung 56 gebildete Kreisläufe sind im Wesentlichen analog zur Figur 2 ausgeführt.

Allerdings ist in Figur 3 ein einfacheres System zur Aufladung des Kältespeichers 16 und des Wärmespeichers 14 als in
25 Figur 1 dargestellt. Der Wärmespeicher 14 wird durch einen offenen Kreislauf aufgeladen, der durch die Leitung 60 realisiert ist. In dieser Leitung wird über eine Leitung 60 einem Verdichter 61 Umgebungsluft zugeführt, durchläuft einen Wärmetauscher 32, wo die Luft auf 480°C erwärmt wird und gibt
30 diese Wärme während des Durchlaufens des Wärmespeichers 14 an diesen ab. Der Wärmetauscher 32 wird außerdem durch eine Leitung 63 durchlaufen, die den Kreislauf bildet, mit der der Kältespeicher 16 abgekühlt wird. Nachdem das Arbeitsmedium in der Leitung 63 den Kältespeicher 16 durchlaufen hat, wird
35 diese über einen Verdichter 64 von Umgebungsbedingungen auf 25 bar komprimiert und auf 514°C erhitzt, durchläuft den Wärmetauscher 32 und wird anschließend über eine Turbine 65 wieder auf 1,1 bar entspannt. Dabei sinkt die Temperatur auf

-121°C. Anschließend nimmt das Arbeitsmedium im Kältespeicher 16 wieder Wärme auf und kühlt diesen dadurch ab. Der Verdichter 64 und die Turbine 65 sitzen auf einer Welle 66 und können zusätzlich durch einen an dieser Welle 66 angeschlossenen
5 Motor M angetrieben werden.

Im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 3 ist der Wärmespeicher 14 nicht direkt in den durch die erste Leitung 40 gebildeten Kreislauf eingebunden. Vielmehr wird ein weiterer Kreislauf
10 durch eine vierte Leitung 67 gebildet, in dem folgende Einheiten bei einem konstanten Druck von ungefähr 1 bar durchlaufen werden. Nach Durchlaufen des Wärmespeichers 14 wird das auf 476°C erhitzte Arbeitsmedium (beispielsweise Luft) einem fünften Wärmetauscher 68 zugeführt. Der Wärmetauscher
15 68 gibt die Wärme an die erste Leitung 40 ab und kühlt sich auf 91°C ab (hierzu im Folgenden mehr). Anschließend durchläuft die vierte Leitung 67 den ersten Wärmetauscher 51, so dass die Restwärme, die nicht über den fünften Wärmetauscher 68 an die erste Leitung abgegeben wurde, an die zweite Lei-
20 tung 52 abgegeben werden kann. Das Arbeitsmedium kann im weiteren Verlauf über einen Kondensator 69 weiter abgekühlt werden, wobei der Kondensator 69 ebenfalls ein Wärmetauscher ist, der in der ersten Leitung 40 vorgesehen ist (hierzu im Folgenden mehr). Über eine zehnte Fluidenergie-Maschine 70 in
25 Form einer Art Umwälzpumpe gelangt das Arbeitsmedium dann wieder in den Wärmespeicher 14, wo dieses erneut aufgeheizt wird. Anstelle des in Figur 3 dargestellten geschlossenen Kreislaufes kann die vierte Leitung 67 auch als offener Kreislauf ausgebildet sein, in dem der strichpunktiert einge-
30 teilte Teil der Leitung zwischen dem Kondensator 69 und der zehnten Fluidenergie-Maschine 70 weggelassen wird.

Die erste Leitung 40 bildet einen Kreislauf, mit dem über eine Welle 71 an einem Generator G Strom gewonnen werden kann.
35 Hierzu wird ein Kreislauf mit Wasser betrieben, wobei der fünfte Wärmetauscher 68 als mehrstufiger Abhitze-Dampferzeuger mit einer Hochdruckstufe 68a und einer Niederdruckstufe 68b betrieben wird (Rankine-Kreislauf). Das Wasser

wird mit Umgebungstemperatur durch eine Speisepumpe 44a mit 5,5 bar zunächst in die Niederdruckstufe 68b des fünften Wärmetauschers 68 eingespeist. Ein Teil verlässt diese Niederdruckstufe 68b mit 4,1 bar und 145°C, um der Niederdruckstufe 43b der zweiten thermischen Fluidenergie-Maschine zugeführt werden (als Dampf). Ein anderer Teil wird durch eine zweite Speisepumpe 44b im flüssigen Zustand die Hochdruckstufe 68a des fünften Wärmetauschers 68 eingespeist und verlässt diesen als Dampf mit 80 bar und 459°C, um der Hochdruckstufe 43a der zweiten thermischen Fluidenergie-Maschine 43 zugeführt zu werden. Sowohl die vierte als auch die zweite thermische Fluidenergie-Maschine treiben eine Welle 71 an, die mit einem Generator G verbunden ist. Nach Entspannung des Dampfes auf 0,03 bar bei 24°C wird dieser über den Kondensator 69 der Speisepumpe 44a wieder zugeführt.

Der Aufbau, des Wärmespeichers 14 und des Kältespeichers 16 und des Zusatz-Wärmespeichers bei der Anlage in den Figuren ist jeweils gleich und wird durch eine Ausschnittsvergrößerung anhand des Kältespeichers 16 in Figur 1 näher dargestellt. Vorgesehen ist ein Behälter, dessen Wand 24 mit einem Isolationsmaterial 25 versehen ist, welches große Poren 26 aufweist. Im Inneren des Behälters ist Beton 27 vorgesehen, der als Wärmespeicher oder Kältespeicher fungiert. Innerhalb des Betons 27 sind Rohre 28 parallel verlaufend verlegt, durch die das Arbeitsgas strömt und dabei Wärme abgibt oder Wärme aufnimmt (je nach Betriebsart und Speicherart).

Die Lade- und Entladekreisläufe der Figuren 1 bis 3 können untereinander auch kombiniert werden, so dass sich hieraus weitere Ausführungsbeispiele ergeben.

Patentansprüche

1. Anlage zur Speicherung und Abgabe von thermischer Energie mit einem Wärmespeicher (14) und einem Kältespeicher (16),
5 wobei der Wärmespeicher (14) die gespeicherte Wärme an eine erste Leitung (40) in einen Entladekreislauf für ein Arbeitsmedium abgeben kann und in dem Entladekreislauf folgende Einheiten in der angegebenen Reihenfolge durch die erste Leitung (40) miteinander verbunden sind:

- 10 • eine als Arbeitsmaschine geschaltete erste thermische Fluidenergie-Maschine, insbesondere eine Pumpe (44)
- die genannte Abgabestelle für Wärme aus dem Wärmespeicher (14) und
- eine als Kraftmaschine geschaltete zweite thermische
15 Fluidenergie-Maschine (43), insbesondere eine Dampfturbine

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass der Kältespeicher (16) die gespeicherte Kälte an eine zweite Leitung (52) abgeben kann, wobei die zweite Leitung
20 (52) einen geschlossenen Kreislauf bildet, in der folgende Einheiten in der angegebenen Reihenfolge durch die zweite Leitung (52) miteinander verbunden sind:

- hinter der genannten Abgabestelle für die in dem Kältespeicher (16) gespeicherte Kälte eine als Arbeitsmaschine
25 ne geschaltete dritte thermische Fluidenergie-Maschine, insbesondere eine Pumpe (58)
- eine Wärmequelle und
- eine als Kraftmaschine geschaltete vierte thermische Fluidenergie-Maschine (53), insbesondere eine Dampfturbine.
30

2. Anlage nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

- 35 dass die Wärmequelle aus einem ersten Wärmetauscher (51) besteht, der der ersten Leitung (40) Wärme entziehen kann und zwischen der dritten Fluidenergie-Maschine (58) und der vierten Fluidenergie-Maschine (53) angeordnet ist.

3. Anlage nach einem der vorangehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Abgabestelle für den Wärmespeicher (14) durch einen
fünften Wärmetauscher (68) gebildet ist, der der ersten Lei-
5 tung (40) Wärme zuführen kann und der in einen durch eine
vierte Leitung (67) gebildeten Kreislauf geschaltet ist, wo-
bei in diesem Kreislauf folgende Einheiten miteinander ver-
bunden sind:

- der fünfte Wärmetauscher (68),
- 10 • eine als Arbeitsmaschine geschaltete zehnte thermische
Fluidenergie-Maschine (70) und
- der Wärmespeicher (14).

4. Anlage nach Anspruch 3
15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Wärmequelle aus einem zweiten Wärmetauscher (51) be-
steht, der der vierten Leitung (67) Wärme entziehen kann und
bezogen auf die Flussrichtung in der vierten Leitung (67)
hinter dem fünften Wärmetauscher (68) liegt.

20 5. Anlage nach einem der Ansprüche 3 oder 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der fünfte Wärmetauscher durch einen Abhitze-
Dampferzeuger gebildet ist.

25 6. Anlage nach Anspruch 5,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der fünfte Wärmetauscher und die zweite thermische Flui-
denergie-Maschine (43) mehrere Druckstufen aufweisen.

30 7. Anlage nach einem der vorangehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Abgabestelle für die in dem Kältespeicher (16) ge-
speicherte Kälte aus einem dritten Wärmetauscher (57) be-
35 steht, der an die zweite Leitung (52) Wärme abgeben kann und
in einen durch eine dritte Leitung (56) gebildeten Kühlkreis-
lauf eingebunden ist, wobei im Kühlkreislauf folgende Einhei-
ten miteinander verbunden sind:

- der dritte Wärmetauscher (57)
- eine als Arbeitsmaschine geschaltete fünfte thermische Fluidenergie-Maschine (55) und
- der Kältespeicher (16).

5

8. Anlage nach einem der vorangehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die zweite Leitung (52) mit Ammoniak befüllt ist.

- 10 9. Anlage nach einem der vorangehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass in der zweiten Leitung (52) zwischen der dritten thermi-
schen Fluidenergie-Maschine und dem ersten Wärmetauscher (51)
ein vierter Wärmetauscher (59) vorgesehen ist, der einen Wär-
15 meeintrag aus der Umgebung der Anlage in die zweite Leitung
(52) ermöglicht.

10. Verfahren zur Speicherung und Abgabe von thermischer
Energie über einen Wärmespeicher (14) und einen Kältespeicher
20 (16), wobei während des Entladezyklusses der Wärmespeicher
(14) die gespeicherte Wärme an eine erste Leitung (40)
in einen Entladekreislauf für ein Arbeitsmedium abgibt und in
dem Entladekreislauf folgende Einheiten in der angegebenen
Reihenfolge über eine erste Leitung (40) durchlaufen werden:
- 25 • eine als Arbeitsmaschine geschaltete erste thermische
Fluidenergie-Maschine, insbesondere eine Pumpe (44)
• die Abgabestelle für Wärme aus dem Wärmespeicher (14)
und
• eine als Kraftmaschine geschaltete zweite thermische
30 Fluidenergie-Maschine (43), insbesondere eine Dampftur-
bine,

- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der Kältespeicher (16) die gespeicherte Kälte an eine
zweite Leitung (52) abgibt, wobei die zweite Leitung (52) ei-
35 nen geschlossenen Kreislauf bildet, in der folgende Einheiten
in der angegebenen Reihenfolge über die zweite Leitung (52)
durchlaufen werden:

- hinter der genannten Abgabestelle für die in dem Kältespeicher (16) gespeicherte Kälte eine als Arbeitsmaschine geschaltete dritte thermische Fluidenergie-Maschine, insbesondere eine Pumpe (58)
- 5
- eine Wärmequelle und
 - eine als Kraftmaschine geschaltete vierte thermische Fluidenergie-Maschine (53), insbesondere eine Dampfturbine.

FIG 1

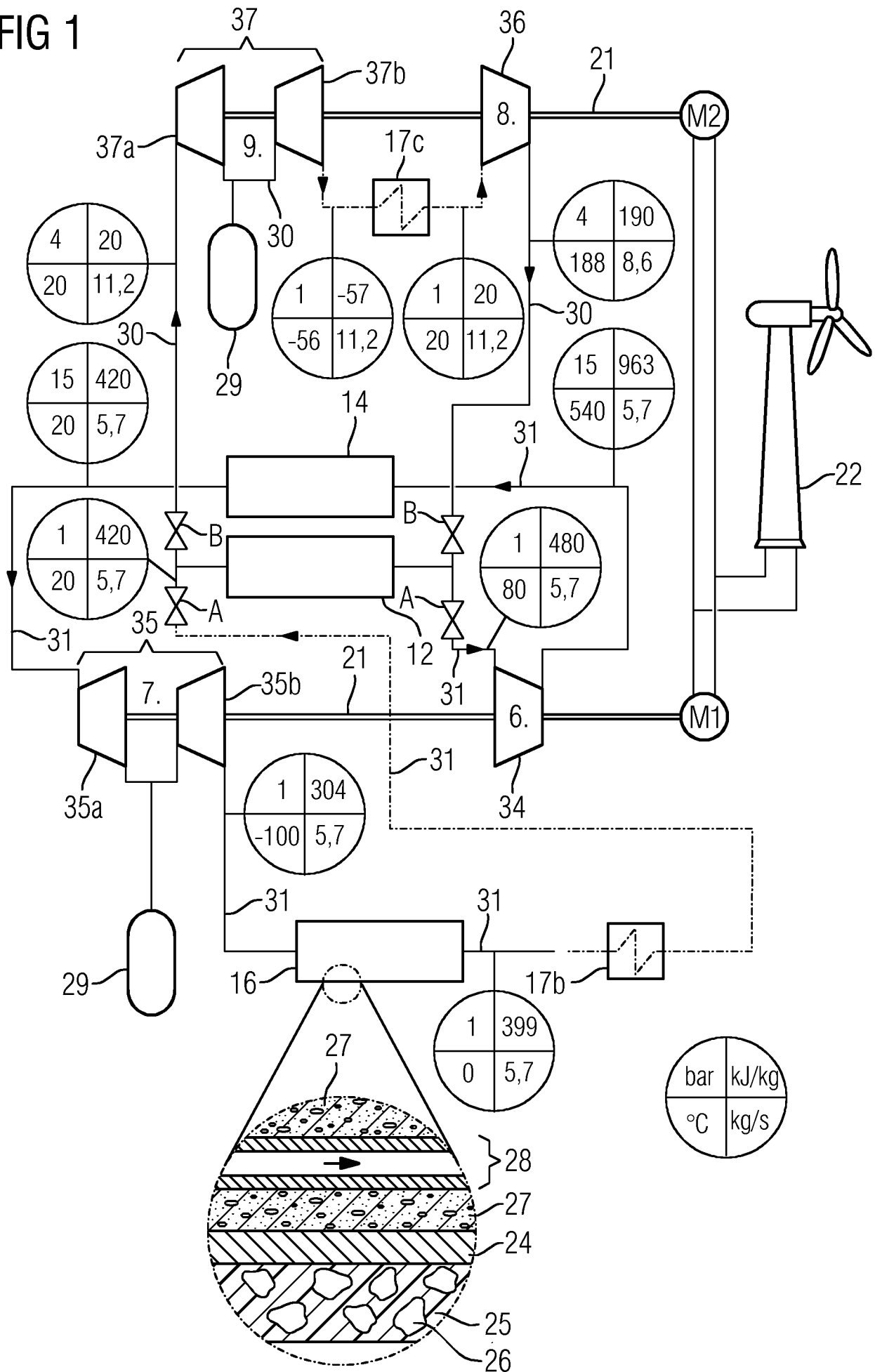


FIG 2

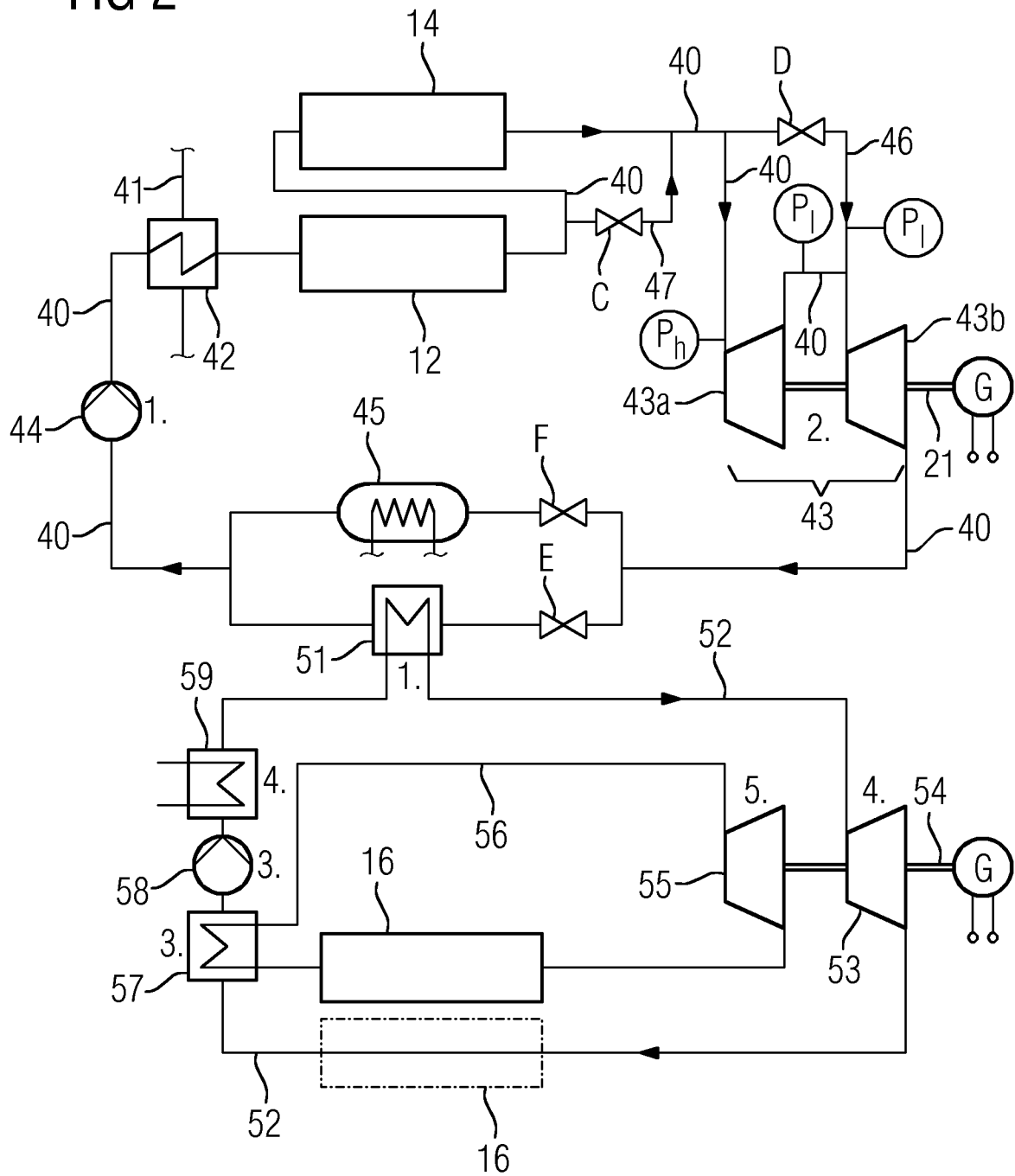
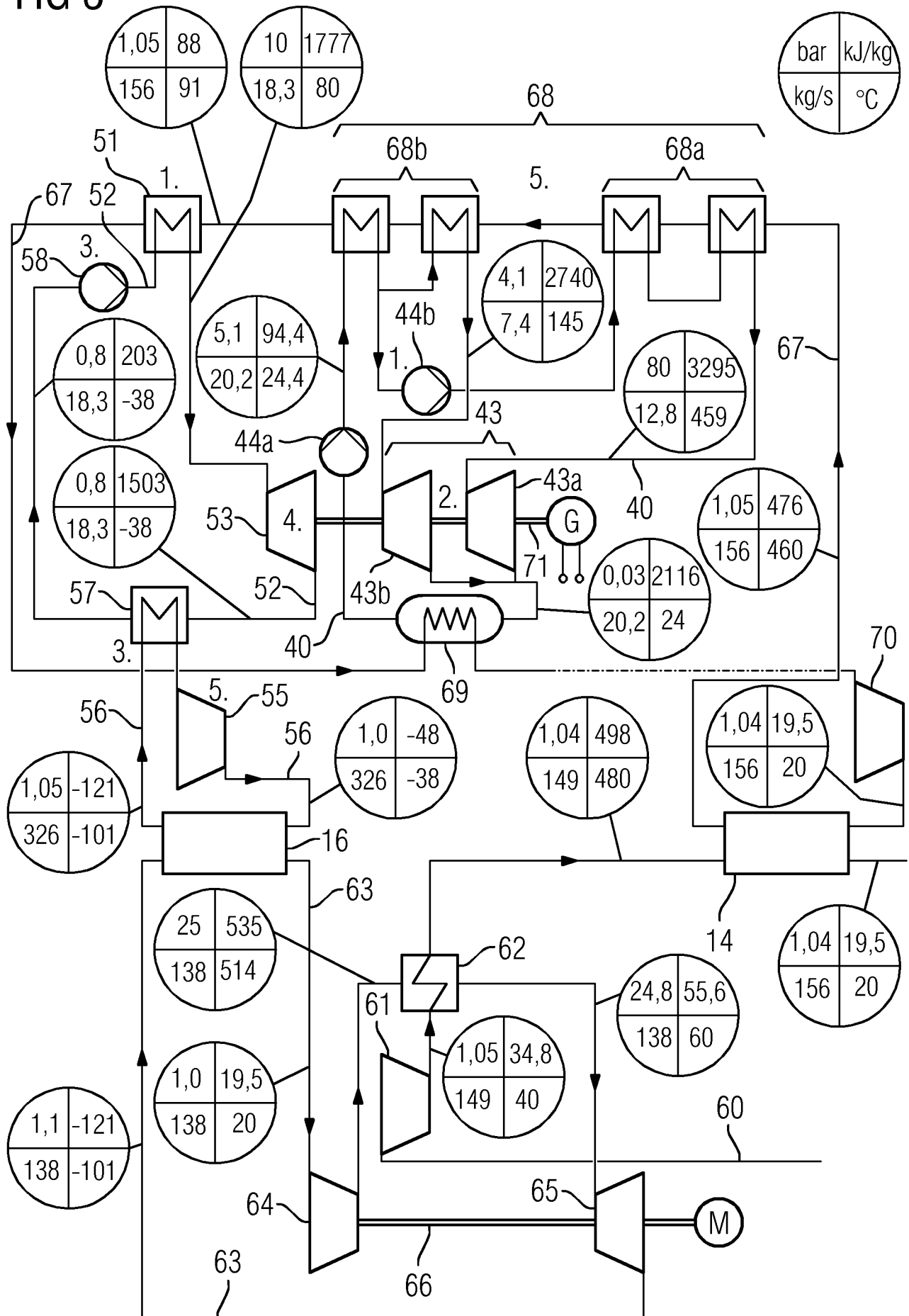


FIG 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2013/056549

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F01K23/02 F01K3/12
ADD.

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)

F01K

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, PAJ, 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	JP 61 149507 A (HISAKA WORKS LTD) 8 July 1986 (1986-07-08) abstract; figures -----	1-10
X	JP 61 171808 A (TOSHIBA CORP) 2 August 1986 (1986-08-02) abstract; figures -----	1-10
X	FR 2 215 835 A6 (BABCOCK ATLANTIQUE SA [FR]) 23 August 1974 (1974-08-23) page 2, line 11 - page 3, line 16; claims 1,2; figure -----	1-10
X	JP 58 214606 A (MITSUI SHIPBUILDING ENG) 13 December 1983 (1983-12-13) abstract; figure ----- -/--	1-10



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

2 May 2013

Date of mailing of the international search report

13/05/2013

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Zerf, Georges

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2013/056549

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 61 237804 A (KAWASAKI HEAVY IND LTD) 23 October 1986 (1986-10-23) abstract; figures -----	1-10
A	US 3 218 802 A (SAWLE DAVID R) 23 November 1965 (1965-11-23) column 2, line 52 - column 8, line 25; claims; figures; tables -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/056549

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 61149507	A	08-07-1986	-----	
JP 61171808	A	02-08-1986	-----	
FR 2215835	A6	23-08-1974	NONE	

JP 58214606	A	13-12-1983	-----	
JP 61237804	A	23-10-1986	-----	
US 3218802	A	23-11-1965	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F01K23/02 F01K3/12
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 F01K

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, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP 61 149507 A (HISAKA WORKS LTD) 8. Juli 1986 (1986-07-08) Zusammenfassung; Abbildungen -----	1-10
X	JP 61 171808 A (TOSHIBA CORP) 2. August 1986 (1986-08-02) Zusammenfassung; Abbildungen -----	1-10
X	FR 2 215 835 A6 (BABCOCK ATLANTIQUE SA [FR]) 23. August 1974 (1974-08-23) Seite 2, Zeile 11 - Seite 3, Zeile 16; Ansprüche 1,2; Abbildung -----	1-10
X	JP 58 214606 A (MITSUI SHIPBUILDING ENG) 13. Dezember 1983 (1983-12-13) Zusammenfassung; Abbildung ----- -/-	1-10

☒ 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

2. Mai 2013

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

13/05/2013

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

Zerf, Georges

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP 61 237804 A (KAWASAKI HEAVY IND LTD) 23. Oktober 1986 (1986-10-23) Zusammenfassung; Abbildungen -----	1-10
A	US 3 218 802 A (SAWLE DAVID R) 23. November 1965 (1965-11-23) Spalte 2, Zeile 52 - Spalte 8, Zeile 25; Ansprüche; Abbildungen; Tabellen -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/056549

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 61149507	A	08-07-1986	-----
JP 61171808	A	02-08-1986	-----
FR 2215835	A6	23-08-1974	KEINE

JP 58214606	A	13-12-1983	-----
JP 61237804	A	23-10-1986	-----
US 3218802	A	23-11-1965	KEINE
