



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
03.04.2013 Patentblatt 2013/14

(51) Int Cl.:
F01K 3/12 (2006.01) F01K 21/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11183267.1**

(22) Anmeldetag: **29.09.2011**

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

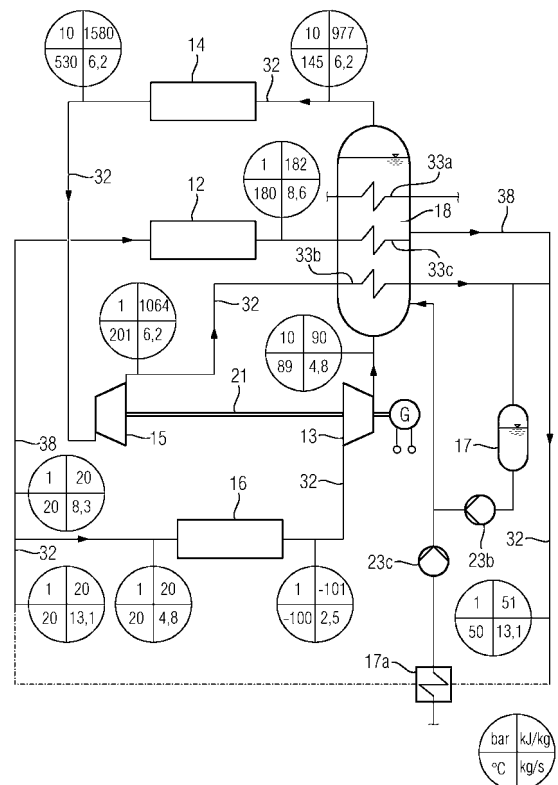
(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(72) Erfinder:
• **Reznik, Daniel**
13503 Berlin (DE)
• **Stiesdal, Henrik**
5000 Odense C (DK)

(54) **Anlage zur Speicherung thermischer Energie**

(57) Gegenstand der Erfindung ist eine Anlage zur Speicherung von thermischer Energie, die beispielsweise zu Zeiten von Überkapazitäten aus regenerativer Energie gewonnen und gespeichert werden kann. Die in einem Wärmespeicher (14), einem Kältespeicher (16) und in einem weiteren Wärmespeicher (12) gespeicherte Energie kann im Bedarfsfall durch Kreisläufe (32, 38) unter Anwendung eines Verdichters (13) und einer Turbine (15) über einen Generator (G) wieder in elektrische Energie umgewandelt werden. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, das Arbeitsgas durch einen Befeuchtungsturm (18) im Idealfall bis zur Sättigung an Feuchtigkeit zu befeuchten, wodurch vorteilhaft bei geringerem Volumenstrom ein größerer Massestrom verwirklicht werden kann. Deswegen können wirtschaftlichere Komponenten zum Einsatz kommen und hierbei gleichzeitig ein hoher Wirkungsgrad der Anlage verwirklicht werden.

FIG 3



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Anlage zur Speicherung thermischer Energie, die einen Kreislauf für ein Arbeitsgas aufweist. Dieser Kreislauf kann offen ausgeführt sein, so dass er als Arbeitsgas Luft aus der Umgebung ansaugt und diese wieder in die Umgebung ausbläst; das heißt, dass die Umgebung mit zu dem Kreislauf gehört. Möglich ist auch ein geschlossener Kreislauf, in dem ein beliebiges Arbeitsgas (auch Luft) verwendet werden kann. In dem Kreislauf sind folgende Einheiten in der angegebenen Reihenfolge durch eine Leitung für das Arbeitsgas miteinander verbunden: ein Kältespeicher, eine erste thermische Fluidenergie-Maschine, ein Wärmespeicher und eine zweite thermische Fluidenergie-Maschine. In Durchflussrichtung des Arbeitsgases vom Kältespeicher zum Wärmespeicher gesehen ist dabei die erste thermische Fluidenergie-Maschine als Arbeitsmaschine und die zweite thermische Fluidenergie-Maschine als Kraftmaschine geschaltet.

[0002] 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 thermische Energie umwandelt. In diesem Fall wird die thermische Fluidenergie-Maschine also als Motor betrieben.

[0003] Der Begriff "thermische Fluidenergie-Maschine" bildet einen Oberbegriff für Maschinen, die einem Arbeitsfluid, im Zusammenhang mit dieser Anmeldung ein Arbeitsgas, thermische Energie entziehen oder diesem thermische Energie zuführen können. Unter thermischer Energie ist 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.

[0004] Das eingangs angegebene Prinzip ist beispielsweise gemäß der US 2010/0257862 A1 beschrieben. Hier kommen Kolbenmaschinen 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.

[0005] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Anlage zur Speicherung von thermischer Energie der eingangs angegebenen Art (beispielsweise Wandlung von mechanischer in thermischer Energie mit anschließender Speicherung oder Wandlung der gespeicherten thermischen Energie in mechanische Energie) anzugeben, mit der bzw. mit dem ein hoher Wirkungsgrad bei gleichzeitig vertretbarem Aufwand der verwendeten Baueinheiten möglich ist.

[0006] Diese Aufgabe wird mit der eingangs angegebenen Anlage erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass zwischen der ersten thermischen Fluidenergie-Maschine und dem Wärmespeicher eine Befeuchtungseinheit für das Arbeitsgas in der Leitung vorgesehen ist. Als Befeuchtungseinheit soll im Zusammenhang mit dieser Erfindung eine von dem Arbeitsgas durchströmbare Einrichtung verstanden werden, in der dem Arbeitsgas Wasserdampf zugeführt wird. Hierbei soll die Luft bis höchstens zur Sättigungsgrenze an Wasserdampf befeuchtet werden. Die Anwendung einer Befeuchtung des Arbeitsgases (z. B. Luft) hat den Vorteil, dass die Leistungsabgabe an der als Kraftmaschine arbeitenden Fluidenergie-Maschine bei gleicher Baugröße gesteigert werden kann. Bei geforderter Leistungsabgabe können daher kleinere und damit kostengünstigere Komponenten für die Anlage verwendet werden. Außerdem ist es möglich, die heiße befeuchtete Luft, die aus der zweiten Fluidenergie-Maschine austritt, für eine Wärmezufuhr in das in der Befeuchtungseinheit verwendete Wasser zu nutzen, so dass diese Energie dem Prozess als ganzem nicht verloren geht. Hierdurch kann der Wirkungsgrad der erfindungsgemäßen Anlage vorteilhaft gesteigert werden.

[0007] Der Kreislauf der erfindungsgemäßen Anlage zur Speicherung thermischer Energie dient mit seiner Befeuchtungseinheit dazu, die im Wärmespeicher und Kältespeicher gespeicherte Energie über die zweite thermische Fluidenergie-Maschine in mechanische Energie zu wandeln. Diese kann beispielsweise zum Antreiben eines elektrischen Generators Verwendung finden. Die gespeicherte thermische Energie dient dann dazu, in Zeiten großer Nachfrage an elektrischer Energie diese mittels der Anlage zur Verfügung zu stellen.

[0008] Durch vermehrten Einsatz regenerativer Energie kann es aber auch passieren, dass der insgesamt produzierte Strom im Augenblick der Produktion nicht nachgefragt wird. In diesem Fall kann die Anlage zur Speicherung thermischer Energie dazu verwendet werden, die elektrische Energie beispielsweise über einen Elektromotor in mechanische und über die Fluidenergie-Maschinen in thermische Energie zu wandeln. Allerdings ist zu bemerken, dass bei der Umkehrung des Prozesses der Befeuchtungsturm nicht zum Einsatz kommt. Dieser muss also beispielsweise durch geeignete Bypassleitungen umgangen werden. Eine andere Möglichkeit besteht darin, für den Aufladungsvorgang des Kältespeichers und des Wärmespeichers in der Anlage einen gesonderten Kreislauf vorzusehen. Dieser kann auch mit zusätzlichen Fluidenergie-Maschinen ausgestattet sein.

[0009] Wird die Anlage mit Bypassleitungen versehen, so müssen diese dazu geeignet sein, die erste thermische

Fluidenergie-Maschine und die zweite thermische Fluidenergie-Maschine so zu schalten, dass der Wärmespeicher in Durchflussrichtung des Arbeitsgases vor dem Kältespeicher liegt. Dies kann durch eine Umkehr der Flussrichtung in dem Leitungssystem erreicht werden. Eine andere Möglichkeit besteht darin, dass die Bypassleitungen derart jeweils direkt vor bzw. hinter dem Wärmespeicher bzw. Kältespeicher in den Kreislauf münden, so dass nur innerhalb der thermischen Speicher die Flussrichtung des Arbeitsgases umgekehrt wird. Wichtig ist die Umkehr der Fließrichtung in den thermischen Speicher (Kältespeicher bzw. Wärmespeicher), damit die Kalt-Warm-Front im Speichermedium des thermischen Speichers beim Aufladen bzw. Entladen des thermischen Speichers jeweils in die entgegengesetzte Richtung bewegt wird.

[0010] Wird für das Laden der thermischen Speicher ein zusätzlicher Kreislauf verwendet, so durchläuft dieser ebenfalls denselben Wärmespeicher und Kältespeicher. Durch geeignete Ventilmechanismen wird sichergestellt, dass jeweils nur der Kreislauf zum Laden oder der Kreislauf zum Entladen an den thermischen Speicher angeschlossen wird. Eine andere Möglichkeit besteht darin, dass in den thermischen Speichern je zwei Leitungssysteme für zwei Kreisläufe enthalten sind. In diesem Fall ist eine Umschaltung nicht erforderlich und es kann prinzipbedingt sogar ein gleichzeitiges Laden und Entladen der thermischen Speicher erfolgen.

[0011] In einem Fall wird die Aufladung des Wärmespeichers und des Kältespeichers in der Anlage aber dadurch erzielt, dass der Wärmespeicher über eine zweite Leitung zwischen eine dritte thermische Fluidenergie-Maschine und eine vierte thermische Fluidenergie-Maschine geschaltet werden kann, wobei in Durchflussrichtung des Arbeitsgases von der dritten thermischen Fluidenergie-Maschine zur vierten thermischen Fluidenergie-Maschine gesehen die dritte thermische Fluidenergie-Maschine als Arbeitsmaschine und die vierte thermische Fluidenergie-Maschine als Kraftmaschine geschaltet ist. Dies ermöglicht in der bereits beschriebenen Weise die Aufladung des Wärmespeichers, wenn das Arbeitsgas in der besagten Durchflussrichtung die zweite Leitung durchströmt. Außerdem kann hinter der vierten thermischen Fluidenergie-Maschine der Kältespeicher in der zweiten Leitung vorgesehen werden, der dann durch das aus der vierten Fluidenergie-Maschine austretende Arbeitsgas gespeist wird und die in dem Arbeitsgas gespeicherte Kälteenergie aufnehmen kann.

[0012] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass hinter der zweiten thermischen Fluidenergie-Maschine ein Wasserabscheider in der Leitung angeordnet ist. Durch Entspannung und Abkühlung des Arbeitsgases sinkt auch die Aufnahmekapazität desselben für Wasserdampf, so dass dieser kondensiert. Dieser kann dann in dem besagten Wasserabscheider aufgefangen werden, wobei das abgeschiedene Wasser immer noch eine Temperatur von ca. 50°C aufweist. Dieses Temperaturniveau liegt also immer noch über der Umgebungstemperatur, so dass die in dem aufgefangenen Wasser gespeicherte thermische Energie dem Prozess wieder zugeführt werden kann. Würde der Wasserdampf in die Umgebung ausgeblasen und stattdessen Speisewasser für den Befeuchtungsturm aus der Umgebung verwendet, würde diese thermische Energie dem Prozess verloren gehen. Der Wasserabscheider dient damit einer Erhöhung des Wirkungsgrades des durch die erfindungsgemäße Anlage verwirklichten Prozesses. Um das Wasser aus dem Wasserabscheider dem Prozess wieder zur Verfügung zu stellen, ist vorteilhaft vorgesehen, dass der Wasserabscheider über eine Speiseleitung mit der Befeuchtungseinheit verbunden ist.

[0013] Gemäß einer anderen Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Anlage kann vorgesehen werden, dass die von der zweiten Fluidenergie-Maschine wegführende Leitung durch einen im Verdampfer befindlichen ersten Wärmetauscher führt. Das Arbeitsgas, welches von der zweiten Fluidenergie-Maschine weggeführt, weist Temperaturen von ungefähr 200°C auf. Diese Wärme kann genutzt werden, um dem Befeuchtungsturm Wärmeenergie zur Verfügung zu stellen, die für die Verdampfung des im Befeuchtungsturm befindlichen Wassers notwendig ist. Diese Wärmeenergie wird dem Prozess daher vorteilhaft wieder zur Verfügung gestellt und entweicht damit nicht ungenutzt in die Umgebung. Dies erhöht vorteilhaft den Wirkungsgrad des durch die Anlage verwirklichten Prozesses weiter. Außerdem kann durch die erfolgte Abkühlung des Arbeitsgases im Befeuchtungsturm ein dahinter geschalteter Wasserabscheider effektiver arbeiten, da sich das Wasser aus dem abgekühlten Arbeitsgas einfacher abscheiden lässt.

[0014] Wieder eine andere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass ein Zusatz-Wärmespeicher in einer Zweigleitung vorgesehen ist, wobei die von dem Zusatz-Wärmespeicher wegführende Zweigleitung durch einen im Verdampfer befindlichen zweiten Wärmetauscher führt. Die in dem Zusatz-Wärmespeicher gespeicherte Energie kann damit den Prozess der Verdampfung von Wasser in der Befeuchtungseinheit zusätzlich unterstützen. Der thermische Energieeintrag, der indirekt über den Zusatz-Wärmespeicher erfolgt, führt damit vorteilhaft zu einer weiteren Erhöhung der Luftfeuchtigkeit in der Befeuchtungseinheit. Dies führt zu der bereits beschriebenen Erhöhung des Wirkungsgrades des durch die erfindungsgemäße Anlage verwirklichten Prozesses.

[0015] Der Zusatz-Wärmespeicher wie auch der Wärmespeicher und der Kältespeicher können von externen Wärme- und Kältequellen gespeist werden. Hierbei bietet sich beispielsweise Fernwärme aus einem Kraftwerk an. Besonders vorteilhaft ist es jedoch, wenn der Zusatzwärmespeicher sowie der Wärmespeicher und der Kältespeicher durch verschiedene Wärmepumpen-Prozesse aufgeladen werden. Hierfür kann vorteilhaft der Zusatz-Wärmespeicher über eine Zusatzleitung zwischen eine fünfte thermische Fluidenergie-Maschine und eine sechste thermische Fluidenergie-Maschine geschaltet werden, wobei in Durchflussrichtung des Arbeitsgases von der fünften thermischen Fluidenergie-Maschine zu sechsten thermischen Fluidenergie-Maschine gesehen die fünfte thermische Fluidenergie-Maschine als

Arbeitsmaschine und die sechste thermische Fluidenergie-Maschine als Kraftmaschine geschaltet ist. Es steht somit vorteilhaft für die Aufladung des Zusatz-Wärmespeichers ein gesonderter Wärmepumpenkreislauf zur Verfügung, wobei die fünfte und sechste Fluidenergie-Maschine für die in dem Zusatz-Wärmespeicher zu erzeugenden Temperaturen optimiert werden können. Natürlich kann der Zusatz-Wärmespeicher auch durch die erste oder durch die dritte Fluidenergie-Maschine aufgeladen werden, wenn eine geeignete Verschaltung über Leitungen bzw. Bypassleitungen ermöglicht wird. Abzuwägen ist hierbei immer der Aufwand an Komponenten gegenüber der Steigerung des Wirkungsgrades für die Einzelprozesse. Bei dieser Abwägung stehen wirtschaftliche Überlegungen im Vordergrund.

[0016] Das Arbeitsgas kann wahlweise in einem geschlossenen oder einem offenen Kreislauf geführt werden. Ein offener Kreislauf verwendet als Arbeitsgas immer die Umgebungsluft. Diese wird aus der Umgebung angesaugt und am Ende des Prozesses auch wieder in diese entlassen, so dass die Umgebung den offenen Kreislauf schließt. Ein geschlossener Kreislauf erlaubt auch die Verwendung eines anderen Arbeitsgases als Umgebungsluft. Dieses Arbeitsgas wird in dem geschlossenen Kreislauf geführt. Da eine Entspannung in die Umgebung bei gleichzeitiger Einstellung des Umgebungsdruckes und der Umgebungstemperatur entfällt, muss das Arbeitsgas im Falle eines geschlossenen Kreislaufes durch einen Wärmetauscher geführt werden, der eine Abgabe von Wärme des Arbeitsgases an die Umgebung erlaubt.

[0017] Es kann zum Beispiel vorgesehen werden, dass der Kreislauf für die Speicherung der thermischen Energie in dem Kältespeicher und dem Wärmespeicher als offener Kreislauf ausgebildet ist und die dort als Kraftmaschine arbeitende thermische Fluidenergie-Maschine aus zwei Stufen aufgebaut ist, wobei zwischen den Stufen ein Wasserabscheider für das Arbeitsgas vorgesehen ist. Hierbei wird dem Umstand Rechnung getragen, dass in der Umgebungsluft Luftfeuchtigkeit enthalten ist. Durch eine Entspannung des Arbeitsgases in einer einzigen Stufe kann es dazu kommen, dass die Luftfeuchtigkeit aufgrund der starken Abkühlung des Arbeitsgases auf beispielsweise - 100°C gefriert und hierbei die thermische Fluidenergie-Maschine beschädigt. Insbesondere können Turbinenschaufeln durch Vereisung nachhaltig beschädigt werden. Eine Entspannung des Arbeitsgases in zwei Schritten ermöglicht es jedoch, kondensiertes Wasser in einem Wasserabscheider hinter der ersten Stufe beispielsweise bei 5°C abzuscheiden, so dass dieses bei einer weiteren Abkühlung des Arbeitsgases in der zweiten Turbinenstufe bereits entfeuchtet ist und eine Eisbildung verhindert oder zumindest verringert werden kann. Vorteilhaft wird das Risiko einer Beschädigung der zweiten Fluidenergie-Maschine hiermit verringert.

[0018] Wird ein geschlossener Kreislauf verwendet und, wie bereits beschrieben, ein Wärmetauscher in den Kreislauf eingebaut, kann die Verwendung eines Wasserabscheiders sowie einer zweistufigen Fluidenergie-Maschine als Kraftmaschine entfallen. Als Arbeitsgas kann in diesem Fall beispielsweise auch entfeuchtete Umgebungsluft verwendet werden, deren Befeuchtung durch die Geschlossenheit des Kreislaufes ausgeschlossen ist. Aber auch andere Arbeitsgase können Verwendung finden.

[0019] Vorteilhaft ist es bei der thermischen Aufladung des Wärmespeichers und des Kältespeichers, wenn vor der ersten oder dritten (je nach Konfiguration) Fluidenergie-Maschine der Zusatz-Wärmespeicher vom Arbeitsgas durchflossen wird. Das heißt, dass das Arbeitsgas durch den Zusatz-Wärmespeicher aufgewärmt in die erste Fluidenergie-Maschine eingespeist wird. Hierdurch kann der Zusatz-Wärmespeicher neben der Erwärmung der Befeuchtungseinheit einer weiteren Aufgabe dienen. Die Verwendung des Zusatz-Wärmespeichers hat folgende Vorteile. Wird die Anlage zur Speicherung der thermischen Energie verwendet, so wird der Zusatz-Wärmespeicher vor Passieren der in diesem Fall als Arbeitsmaschine (Verdichter) arbeitenden ersten/dritten Fluidenergie-Maschine durchlaufen. Hierdurch wird das Arbeitsgas bereits über Umgebungstemperatur aufgewärmt. Dies hat den Vorteil, dass die Arbeitsmaschine eine geringere Leistung aufnehmen muss, um die geforderte Temperatur des Arbeitsgases zu erreichen. Konkret soll der Wärmespeicher auf über 500°C aufgewärmt werden, was vorteilhaft anschließend an das Vorwärmen des Arbeitsgases auch mit handelsüblichen thermodynamischen Verdichtern erfolgen kann, die eine Verdichtung des Arbeitsgases auf 15 bar erlauben. Vorteilhaft kann daher auf Komponenten für die Baueinheiten der Anlage zurückgegriffen werden, die am Markt ohne kostspielige Modifikationen erhältlich sind. Vorteilhaft kann das Arbeitsgas in dem Zusatz-Wärmespeicher auf eine Temperatur zwischen 60°C und 100°C, besonders vorteilhaft auf eine Temperatur von 80°C erwärmt werden. Im Unterschied hierzu ist für die Wärmezufuhr in den Befeuchtungsturm eine Erwärmung des Arbeitsgases auf ca. 190°C besonders vorteilhaft.

[0020] Wie bereits erwähnt, kann das Arbeitsgas im Kreislauf des Wärmespeichers und Kältespeichers auf 15 bar verdichtet werden, wodurch sich Temperaturen des Arbeitsgrades von bis zu 550°C erreichen lassen.

[0021] Zuletzt kann gemäß einer besonderen Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen werden, dass hinter der zweiten thermischen Fluidenergie-Maschine ein Wärmetauscher in der Leitung vorgesehen ist, der als Kühlmittel mit Wasser für die Befeuchtungseinheit gespeist wird. Hierdurch kann dem durch die Leitung strömenden Arbeitsgas noch weitere Wärmeenergie entzogen werden, mit der das Speisewasser für die Befeuchtungseinheit vorgewärmt wird. Damit wird auch diese Energie dem Prozess wieder zur Verfügung gestellt, wodurch dessen Wirkungsgrad vorteilhaft weiter steigt. Insbesondere bei Vorsehen eines offenen Kreislaufes benötigt die Befeuchtungseinheit vergleichsweise viel Speisewasser, da das Wasser nach Durchlaufen des Kreislaufes zumindest teilweise wieder in die Umgebung abgegeben wird. Aber auch bei einem geschlossenen Kreislauf können Undichtigkeiten im Kreislauf bzw. die Trocknung der Kanäle

in dem Wärmespeicher und dem Kältespeicher beim Umschalten von Entladebetrieb in den Ladebetrieb dazu führen, dass neues Speisewasser in die Befeuchtungseinheit eingetragen werden muss.

[0022] Weitere Einzelheiten der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung beschrieben. Gleiche oder sich entsprechende Zeichnungselemente sind hierbei jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen und werden nur insoweit mehrfach erläutert, wie sich Unterschiede zwischen den einzelnen Figuren ergeben. Es zeigen:

Figur 1 ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Anlage mit Bypassleitungen als Schaltbild und

Figur 2 und 3 ein anderes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Anlage mit getrennten Kreisläufen für das Laden und Entladen der thermischen Speicher anhand von weiteren Schaltbildern.

[0023] Eine Anlage zur Speicherung thermischer Energie gemäß Figur 1 weist eine Leitung 11 auf, mit der mehrere Einheiten derart miteinander verbunden sind, dass diese von einem Arbeitsgas in einem offenen Kreislauf durchflossen werden können. Das Arbeitsgas wird über ein Ventil A aus der Umgebung angesaugt und fließt durch eine erste thermische Fluidenergie-Maschine 13, die als hydrodynamischer Verdichter ausgebildet ist. Weiterhin führt die Leitung dann über ein Ventil B zu einem Wärmespeicher 14. Dieser ist durch die Leitung 11 über ein Ventil C mit einer zweiten thermischen Fluidenergie-Maschine 15 verbunden, welche als hydrodynamische Turbine ausgeführt ist. Von der Turbine führt die Leitung 11 über ein Ventil D zu einem Kältespeicher 16. Vom Kältespeicher 16 öffnet sich die Leitung in die Umgebung. In dem beschriebenen Betriebszustand sind die Ventile A bis D also geöffnet. Ventile E bis H sind verschlossen (hierzu im folgenden mehr)

[0024] Die erste und zweite Fluidenergie-Maschine 13 und 15 sind über eine Welle 21 mechanisch miteinander gekoppelt und werden durch einen elektrischen Motor M angetrieben, der von einem Windkraftwerk 22 gespeist wird, solange die erzeugte elektrische Energie im Stromnetz nicht nachgefragt wird. Während dieses Betriebszustandes werden der Wärmespeicher 14 und der Kältespeicher 16 aufgeladen, wie später noch genauer erläutert wird, und die Anlage wird durch die Leitung 11 durchströmt, wobei die Einheiten in der oben genannten Reihenfolge durchströmt werden.

[0025] Ist die Nachfrage an elektrischer Energie im Verhältnis zur aktuell erzeugten Menge an elektrischer Energie größer, so wird der durch das Windkraftwerk 22 erzeugte Strom direkt in das Netz eingespeist. Zusätzlich unterstützt die Anlage in einem anderen Betriebszustand die Stromerzeugung, indem der Wärmespeicher 14 und der Kältespeicher 16 entladen werden und mit der Welle 21 durch die Fluidenergie-Maschinen 18 und 19 ein Generator G angetrieben wird. Zu diesem Zweck werden die Ventile A bis D geschlossen und dafür die Ventile E bis H geöffnet. Hierdurch werden Bereiche der Leitung 11 nicht mehr durchströmt, sondern anstelle dessen Bypassleitungen 19 geöffnet, die den Fluss des Arbeitsgases ändern.

[0026] Das Arbeitsgas durchströmt den Kältespeicher 16 und läuft über eine Bypassleitung 19 über das Ventil E zur ersten Fluidenergie-Maschine (Verdichter). Nach Verlassen des Verdichters wird das Arbeitsgas über ein Ventil F durch eine Befeuchtungseinheit 18 geleitet, die in einer weiteren Bypassleitung 19 vorgesehen ist und zum Wärmespeicher 14 führt. Daher wird der Wärmespeicher 14 bereits mit befeuchteter Luft gespeist, welche über die Bypassleitung 19 durch ein Ventil G den Wärmespeicher 14 verlässt und der zweiten Fluidenergie-Maschine 15 (Turbine) zugeführt wird. Hier wird die mechanische Energie zum Antrieb der ersten Fluidenergie-Maschine 13 (Verdichter) und des Generators gewonnen. Über die Bypassleitung 19 durch ein Ventil H gelangt das Arbeitsgas wieder in die Umgebung, wobei vorher das Arbeitsgas über einen Wasserabscheider 17 entfeuchtet wird. Das abgeschiedene, ca. 50°C warme Wasser wird über eine Speisepumpe 23a der Befeuchtungseinheit 18 zugeführt. Zusätzlich kann Wärme in die Befeuchtungseinheit eingebracht werden, die beispielsweise als Fernwärme aus einem Kraftwerk abgeleitet wird. Dies ist in Figur 1 durch einen Wärmetauscher 33a angedeutet.

[0027] Der Aufbau, des Wärmespeichers 14 und des Kältespeichers 16 (auch des Zusatz-Wärmespeichers gemäß Figur 3) bei der Anlage gemäß Figur 1 ist jeweils gleich und wird durch eine Ausschnittsvergrößerung anhand des Kältespeichers 16 näher erläutert. 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).

[0028] Anhand der Anlage gemäß den Figuren 2 und 3 sollen der thermische Auflade- und Entladeprozess näher erläutert werden. In Figur 2 ist zunächst ein zweistufiger Ladeprozess dargestellt, der nach dem Prinzip einer Wärmepumpe funktioniert. Dargestellt ist in den Figuren 2 und 3 ein offener Kreislauf, der jedoch, wie strichpunktiert angedeutet, unter Einsatz eines optional vorgesehenen Wärmetauschers 17a, 17b geschlossen werden könnte. Die Zustände im Arbeitsgas, welche bei dem Ausführungsbeispiel der Figuren 2 und 3 aus Luft besteht, sind jeweils an den Leitungen 30, 31, 32 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.

[0029] In der Modellrechnung für den Kreislauf der zweiten Leitung 31 gemäß Figur 2 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 dritten 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

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

wobei

T_2 die Temperatur am Verdichterausgang,

T_1 die Temperatur am Verdichtereingang,

η_c der isentropische Wirkungsgrad des Kompressors,

n das Druckverhältnis (hier 15:1) und

K die Kompressibilität ist, die bei Luft 1,4 beträgt.

[0030] Der isentropische Wirkungsgrad η_c kann einem Kompressor mit 0,85 vorausgesetzt werden.

[0031] 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 (abgesehen von strömungsbedingten Druckverlusten) mit 15 bar erhalten bleibt. Anschließend wird das Arbeitsgas in zwei in Serie geschalteten Stufen 35a, 35b einer vierten Fluidenergie-Maschine 35 entspannt, so dass es auf einem Druckniveau von 1 bar anlangt. Dabei kühlt sich das Arbeitsgas nach der ersten Stufe auf 5°C und nach der zweiten Stufe auf -100°C ab. Grundlage für diese Berechnung ist ebenfalls die oben angegebene Formel.

[0032] In den Teil der Leitung 31, der die beiden Stufen der vierten Fluidenergie-Maschine 35a, 35b in Form einer Hochdruckturbine und einer Niederdruckturbine verbindet, ist zusätzlich ein Wasserabscheider 29 vorgesehen. Dieser ermöglicht nach einer ersten Entspannung eine Trocknung der Luft, so dass die in dieser enthaltene Luftfeuchtigkeit in der zweiten Stufe 35b der vierten Fluidenergie-Maschine 35 nicht zu einer Vereisung der Turbinenblätter führt.

[0033] Im weiteren Verlauf entzieht das entspannte und daher abgekühlte Arbeitsgas dem Kältespeicher 16 Wärme und wird dadurch auf 0°C erwärmt. Auf diesem Weg wird Kälteenergie im Kältespeicher 16 gespeichert, die bei einer anschließenden Energiegewinnung genutzt werden kann. Vergleicht man die Temperatur des Arbeitsgases am Ausgang des Kältespeichers 16 und am Eingang des Zusatz-Wärmespeichers 12, so wird deutlich, warum für den Fall eines geschlossenen Kreislaufs 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 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.

[0034] Damit bei dem Durchlaufen des Kreislaufes der zweiten 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 daher sowohl an den Kreislauf der zweiten Leitung 31 als auch an den Kreislauf der Zusatzleitung 30 angeschlossen werden können. Ein Anschluss an die zweite Leitung 31 erfolgt durch die Ventile I, während ein Anschluss an die Zusatzleitung 30 durch Öffnen der Ventile K gewährleistet wird. Beim Durchlaufen der Zusatzleitung 30 wird die Luft zunächst durch eine fünfte 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 zum durch die zweite Leitung 31 gebildeten Kreislauf 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 sechsten 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 zweiten Leitung 31 befindliche. Nach Entspannen der Luft über die sechste Fluidenergie-Maschine 37 besitzt diese eine Temperatur von -56°C bei Umgebungsdruck (1 bar). Für den Fall, dass der Kreislauf der Zusatzleitung 30, wie strichpunktiert dargestellt, geschlossen ausgeführt sein soll, muss daher ein Wärmetauscher 17c vorgesehen werden, damit die Luft von -56°C durch Wärmeabgabe an die Umgebung auf 20°C aufgewärmt werden kann.

[0035] Die Kreisläufe der zweiten Leitung 31 und der Zusatzleitung 30 werden unabhängig voneinander in Gang gesetzt. Daher sind die dritte und vierte Fluidenergie-Maschine über die Welle 21 mit einem Motor M1 und die fünfte und sechste 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 3). 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 andere Wärmequellen ersetzt werden (vgl. Figur 3).

[0036] Vorstellbar ist auch ein Zusatz-Wärmespeicher 12, der durch getrennte Leitungssysteme für die zweite Leitung 31 und die Zusatzleitung 30 versorgt werden kann. Hierdurch entstünden zwei unabhängige Kreisläufe, ohne dass Ventile I und K zum Einsatz kommen. Auf diese Weise könnte der Zusatz-Wärmespeicher 12 gleichzeitig geladen und entladen werden. Vorstellbar ist daher in diesem Fall auch ein gleichzeitiger Betrieb der Motoren M1, M2. Dieses Betriebsregime hat zwei Vorteile. Zum einen können auch größere Überkapazitäten des Windkraftwerks 22 durch gleichzeitigen Betrieb der Motoren M1, M2 bei Volllast aufgefangen werden, wodurch eine größere Flexibilität des Systems entsteht. Außerdem könnten durch gleichzeitiges Betreiben beider Motoren sichergestellt werden, dass die drei thermischen Speicher 12, 14, 16 immer gleichzeitig und nicht nacheinander aufgefüllt werden. Damit kann der Ladevorgang jederzeit bei voller Betriebsfähigkeit des Entladevorgangs gestoppt werden, wenn keine Überkapazitäten im elektrischen Netz mehr vorhanden sind und stattdessen ein Bedarf an zusätzlicher elektrischer Energie entsteht.

[0037] Mittels Figur 3 kann der Entladezyklus des Wärmespeichers 14 und des Kältespeichers 16 nachvollzogen werden, wobei am Generator G elektrische Energie erzeugt wird. Für den Entladezyklus stehen die erste Fluidenergiemaschine 13 und die zweite Fluidenergiemaschine 15 zur Verfügung, die in dem vorstehend beschriebenen Ladeprozessen (siehe Figur 2) nicht genutzt wurden. Dies erlaubt die Optimierung des Wirkungsgrades der Fluidenergiemaschinen, führt aber auch zu höheren Investitionskosten bei der Anschaffung der Anlage. Abzuwägen ist daher der höhere Investitionsaufwand bei Verwendung von zusätzlichen Fluidenergie-Maschinen gegenüber dem Gewinn an Wirkungsgrad, der dadurch erreicht wird, dass bei Verwendung von vier Fluidenergie-Maschinen jede auf den entsprechenden Betriebszustand optimiert werden kann. Der Wärmespeicher 14, der Kältespeicher 16 und die Zusatz-Wärmespeicher 12 sind dieselben wie in Figur 2 und werden nur in entgegengesetzter Richtung durchströmt. In den Figuren 2 und 3 ist also dieselbe Anlage dargestellt, wobei aus Gründen der Übersichtlichkeit jeweils nur die an dem ablaufenden Prozess beteiligten Systemkomponenten und Leitungen dargestellt sind. Weiterhin ist strichpunktiert die Alternative eines geschlossenen Kreislaufes dargestellt.

[0038] Das Arbeitsgas wird durch den Kältespeicher 16 geleitet. Dabei wird es von 20°C auf -100°C abgekühlt. Diese Maßnahme dient zur Reduzierung der Leistungsaufnahme, um die als Kompressor arbeitende erste Fluidenergiemaschine zu betreiben. Die Leistungsaufnahme wird um den Faktor entsprechend des Temperaturunterschiedes in Kelvin also $293\text{K}/173\text{K} = 1,69$ reduziert. In dem Beispiel komprimiert der Kompressor das Arbeitsgas auf 10 bar. Hierbei steigt die Temperatur auf 89°C. Technisch vertretbar wäre auch eine Kompression von bis zu 15 bar. Das komprimierte Arbeitsgas durchläuft zunächst die Befeuchtungseinheit 18 und dann den Wärmespeicher 14 und wird dadurch in der Befeuchtungseinheit auf 145°C und im Wärmespeicher 14 auf 530°C aufgeheizt. Anschließend wird das Arbeitsgas durch die zweite Fluidenergie-Maschine 15 entspannt, die somit in diesem Betriebszustand als Turbine arbeitet. Es erfolgt eine Entspannung auf 1 bar, wobei am Ausgang der ersten Fluidenergie-Maschine immer noch eine Temperatur von 201°C im Arbeitsgas vorliegt. Daher kann das Arbeitsgas noch durch einen Wärmetauscher 33b in der Verdampfungseinheit geführt werden um dort Wärme für die Verdampfung des Wassers abzugeben. Durch die weitere Abkühlung des Arbeitsgases ist es möglich, zumindest einen Teil der Luftfeuchtigkeit über den Wasserabscheider 17 abzuscheiden. Das abgeschiedene Wasser weist noch eine Temperatur von ca. 50°C auf und wird über eine Speisepumpe 23b wieder in die Befeuchtungseinheit gepumpt. Die entfeuchtete Luft verlässt den Kreislauf und wird in die Umgebung ausgeblasen. Alternativ kann vorgesehen sein, dass, wie strichpunktiert angedeutet, ein geschlossener Kreislauf durch die Leitung 32 realisiert ist. In diesem Fall sorgt ein Wärmetauscher 17a dafür, dass das Arbeitsgas, welches noch eine Temperatur von 50°C aufweist, auf Umgebungstemperatur (20°C) abgekühlt wird. Der Wärmetauscher kann auch dazu verwendet werden, um Frischwasser aufzuwärmen, welches über eine Speisepumpe 23c in die Befeuchtungseinheit gepumpt werden kann.

[0039] In der Befeuchtungseinheit wird Wärme benötigt, die die Verdampfung des Speisewassers bewirkt. Um hier eine zusätzliche Energiequelle zur Verfügung zu stellen, kann, wie bereits zu Figur 1 angegeben, der Wärmetauscher 33a an eine externe Wärmequelle angeschlossen werden. Hierbei kann es sich beispielsweise um Fernwärme handeln. Vorteilhaft ist es aber auch, den aufgeladenen Zusatz-Wärmespeicher 12 zu nutzen. Hierzu ist eine Zweigleitung 38 vorgesehen, die vor dem Kältespeicher 16 von der Leitung 32 abzweigt. Diese durchläuft den Zusatz-Wärmespeicher 12 und anschließend einen Wärmetauscher 33c in der Befeuchtungseinheit, so dass die im Zusatz-Wärmespeicher 12 gespeicherte Wärmeenergie ebenfalls der Befeuchtungseinheit zugeführt werden kann. Die Zweigleitung 38 mündet hinter dem Wärmetauscher 33c in die Leitung 32 hinter dem Wärmetauscher 33b. Der Massefluss an Arbeitsgas wird also an der Zweigleitung 38 aufgespalten, wobei 8,3 Kg/s durch die Zweigleitung 38 geleitet werden und 4,8 Kg/s durch die den Kältespeicher 16 Befeuchtungseinheit 18 und den Wärmespeicher 14 geleitet werden.

Patentansprüche

1. Anlage zur Speicherung thermischer Energie, die einen Kreislauf für ein Arbeitsgas aufweist, wobei in dem Kreislauf folgende Einheiten in der angegebenen Reihenfolge durch eine Leitung (11) für das Arbeitsgas miteinander verbunden sind:
 - ein Kältespeicher (16),
 - eine erste thermische Fluidenergie-Maschine (13),
 - ein Wärmespeicher (14) und
 - eine zweite thermische Fluidenergie-Maschine (15), wobei in Durchflussrichtung des Arbeitsgases vom Kältespeicher (16) zum Wärmespeicher (14) gesehen die erste thermische Fluidenergie-Maschine (13) als Arbeitsmaschine und die zweite thermische Fluidenergie-Maschine (15) als Kraftmaschine geschaltet ist, **dadurch gekennzeichnet,**
 - dass** zwischen der ersten thermischen Fluidenergie-Maschine (15) und dem Wärmespeicher (14) eine Befeuchtungseinheit (18) für das Arbeitsgas in der Leitung vorgesehen ist.
2. Anlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** hinter der zweiten thermischen Fluidenergie-Maschine ein Wasserabscheider (17) in der Leitung (11) angeordnet ist.
3. Anlage nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** der Wasserabscheider (17) über eine Speiseleitung mit der Befeuchtungseinheit (18) verbunden ist.
4. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die von der zweiten thermischen Fluidenergie-Maschine wegführende Leitung (11) durch einen in der Befeuchtungseinheit befindlichen Wärmetauscher (33b) führt.
5. Anlage nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** ein Zusatz-Wärmespeicher (12) in einer Zweigleitung (38) vorgesehen ist, wobei die von dem Zusatz-Wärmespeicher (12) wegführende Zweigleitung (38) durch einen in der Befeuchtungseinheit (18) befindlichen Wärmetauscher (33c) führt.
6. Anlage nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** hinter der zweiten thermischen Fluidenergie-Maschine (15) ein Wärmetauscher (17a) in der Leitung vorgesehen ist, der als Kühlmittel mit Wasser für die Befeuchtungseinheit (16) gespeist wird.
7. Anlage nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** der Wärmespeicher (14) über eine zweite Leitung (31) zwischen eine dritte thermische Fluidenergie-Maschine (34) und eine vierte thermische Fluidenergie-Maschine (35) geschaltet werden kann, wobei in Durchflussrichtung des Arbeitsgases von der dritten thermischen Fluidenergie-Maschine (34) zur vierten thermischen Fluidenergie-Maschine (35) gesehen die dritte thermische Fluidenergie-Maschine (34) als Arbeitsmaschine und die vierte thermische Fluidenergie-Maschine (35) als Kraftmaschine geschaltet ist.
8. Anlage nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** in Durchflussrichtung gemäß Anspruch 7 gesehen hinter der vierten Fluidenergie-Maschine (35) der Kältespeicher (16) über die zweite Leitung (31) geschaltet werden kann.
9. Anlage nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** der Zusatz-Wärmespeicher (12) über eine Zusatzleitung (30) zwischen eine fünfte thermische Fluidenergie-Maschine (36) und eine sechste thermische Fluidenergie-Maschine (37) geschaltet werden kann, wobei in Durch-

EP 2 574 738 A1

flussrichtung des Arbeitsgases von der fünften thermischen Fluidenergie-Maschine (36) zur sechsten thermischen Fluidenergie-Maschine (37) gesehen die fünfte thermische Fluidenergie-Maschine (36) als Arbeitsmaschine und die sechste thermische Fluidenergie-Maschine (37) als Kraftmaschine geschaltet ist.

- 5 **10.** Anlage nach eine der Ansprüche 1 bis 6,
 dadurch gekennzeichnet,
 dass die erste thermische Fluidenergie-Maschine (13) und die zweite thermische Fluidenergie-Maschine (16) über
 Bypassleitungen (19) so geschaltet werden können, dass der Wärmespeicher (14) in Durchflussrichtung des Ar-
10 beitsfluides vor dem Kältespeicher (16) liegt.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

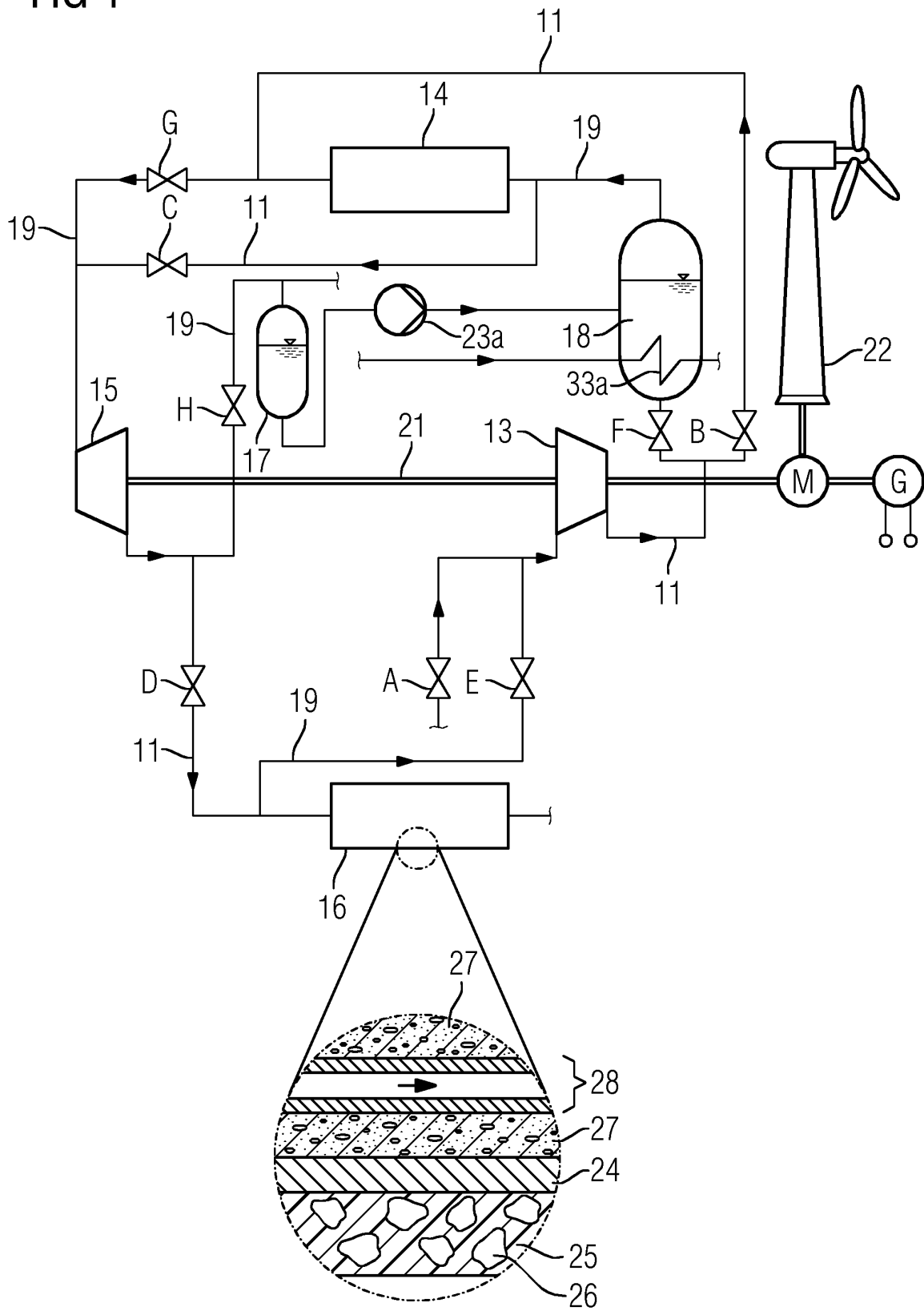


FIG 2

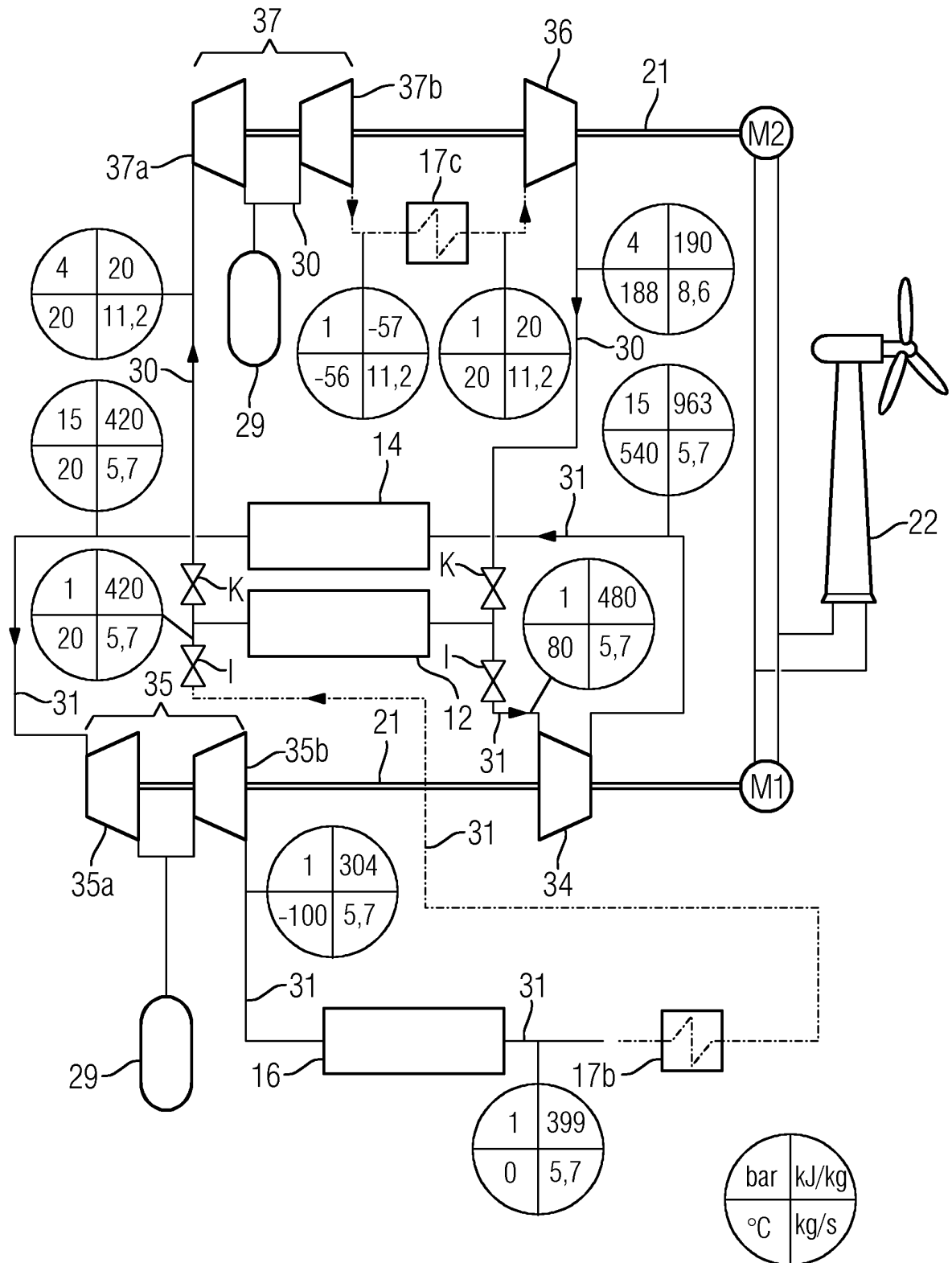
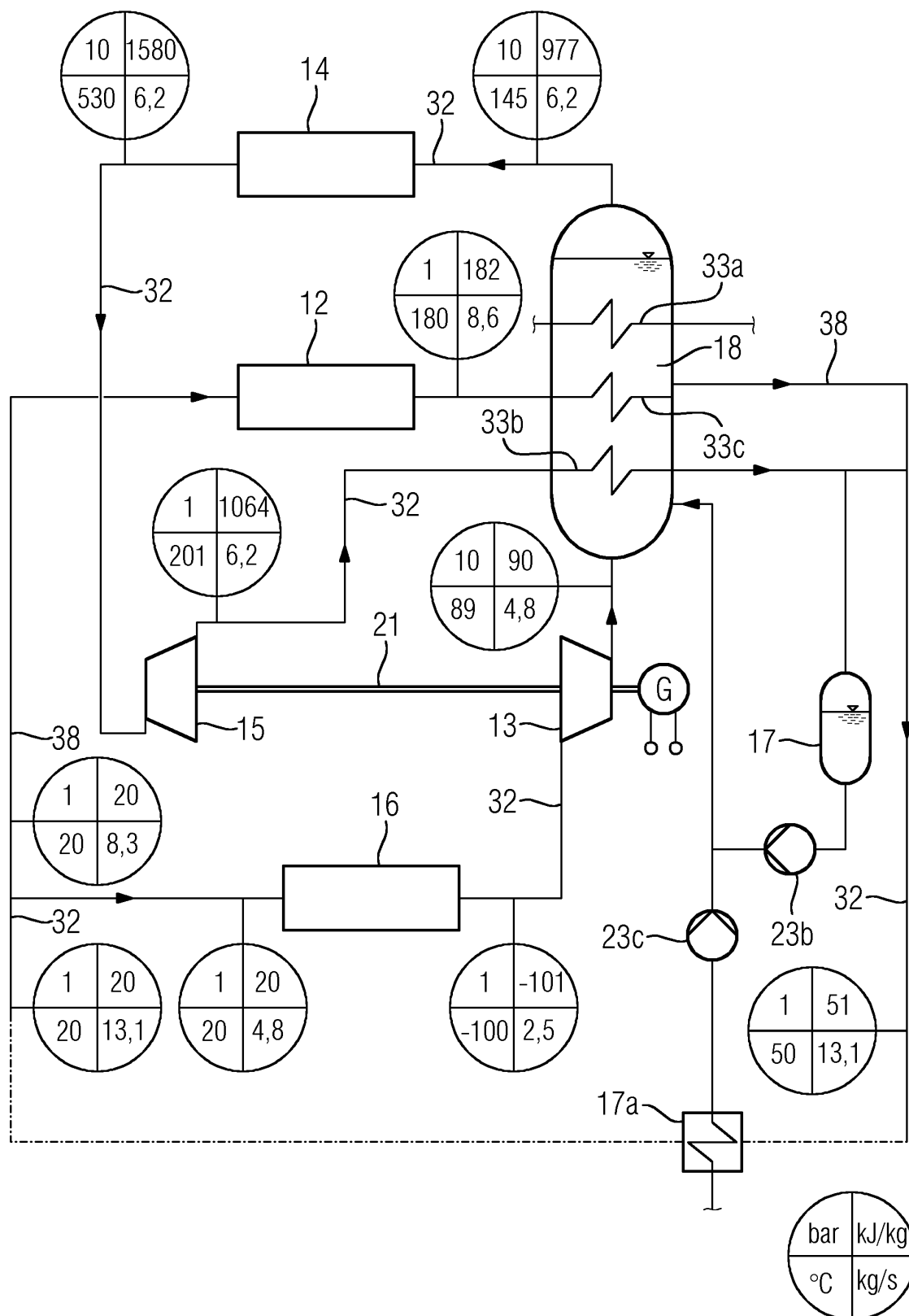


FIG 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 11 18 3267

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	WO 2009/044139 A2 (ISENTROPIC LTD [GB]; MACNAGHTEN JAMES [GB]; HOWES JONATHAN SEBASTIAN []) 9. April 2009 (2009-04-09) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,4 *	1-4,6	INV. F01K3/12 F01K21/04
Y	WO 03/076769 A1 (ALSTOM SWITZERLAND LTD [CH]; FRUTSCHI HANS ULRICH [CH]) 18. September 2003 (2003-09-18) * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	1-4,6	
A	WO 2011/104556 A2 (ISENTROPIC LTD [GB]; HOWES JONATHAN SEBASTIAN [GB]; MACNAGHTEN JAMES []) 1. September 2011 (2011-09-01) * Seite 26, Zeile 15 - Seite 27, Zeile 12; Abbildung 5 *	1	
A	US 2010/064688 A1 (SMITH DOUGLAS W P [CA]) 18. März 2010 (2010-03-18) * Zusammenfassung; Abbildung 5 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01K
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 9. August 2012	Prüfer Coquau, Stéphane
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

 1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 11 18 3267

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

09-08-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2009044139 A2	09-04-2009	CA 2701526 A1	09-04-2009
		CN 101883913 A	10-11-2010
		EP 2220343 A2	25-08-2010
		JP 2010540831 A	24-12-2010
		US 2010251711 A1	07-10-2010
		US 2010257862 A1	14-10-2010
		WO 2009044139 A2	09-04-2009

WO 03076769 A1	18-09-2003	AT 343048 T	15-11-2006
		AU 2003219156 A1	22-09-2003
		EP 1483483 A1	08-12-2004
		US 2005072154 A1	07-04-2005
		WO 03076769 A1	18-09-2003

WO 2011104556 A2	01-09-2011	KEINE	

US 2010064688 A1	18-03-2010	KEINE	

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 20100257862 A1 [0004]
- US 5436508 A [0004]