



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
04.11.2020 Patentblatt 2020/45

(51) Int Cl.:
F01K 23/10^(2006.01) **F01K 25/10^(2006.01)**
F17C 9/04^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19172170.3**

(22) Anmeldetag: **02.05.2019**

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

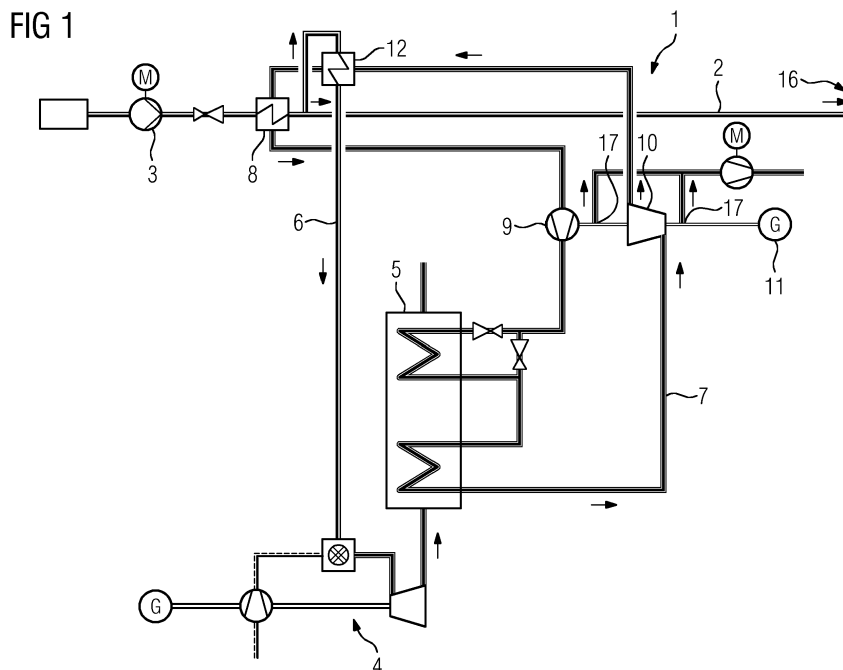
(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(72) Erfinder:
• **Graeber, Carsten**
91056 Erlangen (DE)
• **Juretzek, Uwe**
91058 Erlangen (DE)

(54) **LNG-WIEDERVERGASUNG**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (1) zur Erzeugung elektrischer Energie und zur Verdampfung eines tiefkalt verflüssigten Gases, umfassend eine Leitung (2) für das tiefkalt verflüssigte oder wiederverdampfte Gas, eine in der Leitung (2) angeordnete Pumpe (3), eine Wärmekraftmaschine (4), ein der Wärmekraftmaschine (4) nachgeschaltetes Abhitzenutzungs-system (5), eine von der Leitung (2) abzweigende und in die Wärmekraftmaschine (4) mündende Zweigleitung (6), sowie einen Fluidkreislauf (7), wobei in dem Fluidkreislauf (7) in Strömungsrichtung des Fluids folgende Komponenten hintereinander angeordnet sind:

- ein erster Wärmeübertrager (8), der ferner in Strömungsrichtung des tiefkalt verflüssigten Gases hinter die Pumpe (3) in die Leitung (2) geschaltet ist,
- ein Verdichter (9),
- das Abhitzenutzungs-system (5) und
- eine Entspannungsmaschine (10) mit angekoppeltem Generator (11),
wobei der Verdichter (9) einen Strang mit zumindest der Entspannungsmaschine (10) oder der Wärmekraftmaschine (4) bildet. Die Erfindung betrifft ferner ein entsprechendes Verfahren zur Erzeugung elektrischer Energie und zur Verdampfung eines tiefkalt verflüssigten Gases.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur kostengünstigen Erzeugung elektrischer Energie und zur Verdampfung eines tiefkalt verflüssigten Gases, beispielsweise Erdgas (LNG = liquefied natural gas) sowie ein entsprechendes Verfahren.

[0002] Üblicherweise wird Erdgas nach seiner Förderung über Leitungen zu entsprechenden Terminals in einem Hafen transportiert. Dort wird es gelagert, aufbereitet und schließlich für den Transport mit entsprechenden Spezialschiffen über längere Strecken durch starkes Verdichten und Abkühlen (bis auf -162°C) verflüssigt. Nach dem Transport wird das verflüssigte Erdgas vor der Einleitung in ein Gasnetz regasifiziert. Dabei wird typischer Weise das flüssige Erdgas mit Umgebungswärme (Luft / Meerwasser) oder chemischer Wärme verdampft. Die US 2009/0211263 A1 offenbart beispielsweise eine Vorrichtung und ein Verfahren bei dem ein flüssiger Erdgasstrom verdampft wird.

[0003] Alternativ wurden Konzepte entwickelt, die über kaskadierende ORC-Kreisläufe eine energetische Nutzung der Tieftemperaturkälte zum Ziel hatten.

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung bereitzustellen, mit der elektrische Energie kostengünstig bereitgestellt werden kann und mit der gleichzeitig ein tiefkalt verflüssigtes Gas rückverdampft werden kann. Ferner ist es eine Aufgabe der Erfindung ein energetisch und vergleichsweise kostengünstiges Verfahren anzugeben, mit dem ein tiefkalt verflüssigtes Gas wiederverdampft werden kann und gleichzeitig elektrische Energie erzeugt wird.

[0005] Die Erfindung löst die auf eine Vorrichtung gerichtete Aufgabe, indem sie vorsieht, dass bei einer derartigen Vorrichtung zur Erzeugung elektrischer Energie und zur Verdampfung eines tiefkalt verflüssigten Gases, umfassend eine Leitung für das tiefkalt verflüssigte oder wiederverdampfte Gas, eine in der Leitung angeordnete Pumpe, eine Wärmekraftmaschine, ein der Wärmekraftmaschine nachgeschaltetes Abhitzenutzungssystem, eine von der Leitung abzweigende und in die Wärmekraftmaschine mündende Zweigleitung, sowie einen Fluidkreislauf, wobei in dem Fluidkreislauf in Strömungsrichtung des Fluids folgende Komponenten hintereinander angeordnet sind:

- ein erster Wärmeübertrager, der ferner in Strömungsrichtung des tiefkalt verflüssigten Gases hinter die Pumpe in die Leitung geschaltet ist,
- ein Verdichter,
- das Abhitzenutzungssystem und
- eine Entspannungsmaschine mit angekoppeltem Generator, der Verdichter einen Strang mit zumindest der Entspannungsmaschine oder der Wärmekraftmaschine bildet.

[0006] Tiefkalt verflüssigtes Gas bedeutet, dass das Gas durch Abkühlung verflüssigt wurde. Die Tempera-

turen liegen bei den für die Erfindung relevanten Gasen in der Größenordnung von -140°C und darunter. Durch Kopplung der Verdampfung des tiefkalt verflüssigten Gases an weitere Prozesse und insbesondere durch eine optimierte Wärmeintegration des Gesamtsystems wird es möglich, eine maximale Nutzung der Tieftemperaturkälte zur Stromerzeugung mit höchsten Wirkungsgraden zu erreichen.

[0007] Der Fluidkreislauf soll als 1-Druckprozess betrieben werden, um den Wirkungsgrad der Vorrichtung zu optimieren. Hierzu wird neben einer bestimmten Temperatur auch ein entsprechender durch den Verdichter bereitgestellter Druck benötigt.

[0008] In der Entspannungsmaschine, beispielsweise einer Turbine, kann das im Abhitzenutzungssystem erwärmte Fluid arbeitsleistend entspannt werden. Diese Entspannungsmaschine ist nach der Erfindung gemeinsam mit dem Verdichter und einem elektrischen Generator in einem Strang angeordnet, d.h. diese Komponenten sind direkt oder ggf. über ein Getriebe mechanisch miteinander verbunden. Gemäß der Erfindung kann der Verdichter alternativ oder zusätzlich an den Strang der Wärmekraftmaschine mechanisch angeschlossen werden. Dies ist beispielsweise dann sinnvoll, wenn eine wirtschaftliche Baugröße mit einem einzelnen Verdichter überschritten werden würde, oder wenn damit ein Typensprung und somit ein Kostensprung des in der Wärmekraftmaschine enthaltenen Generators vermieden werden kann (zum Beispiel durch Umstellung der internen Kühlung des Generators von Luft auf Wasserstoff).

[0009] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist ein zweiter Wärmeübertrager in der Zweigleitung und im Fluidkreislauf in Strömungsrichtung des Fluids nach der Entspannungsmaschine und vor dem ersten Wärmeübertrager angeordnet, um den Brennstoff für die Verbrennung in der Wärmekraftmaschine vorzuwärmen. Mit der Brennstoffvorwärmung wird die fühlbare Wärme des Brennstoffs erhöht und die benötigte Brennstoffmenge verringert.

[0010] Alternativ kann die Vorwärmung des Brennstoffs für die Verbrennung in der Wärmekraftmaschine durch eine im Abhitzenutzungssystem angeordnete Heizfläche erfolgen. Dies vermeidet Druckverluste im Fluidkreislauf und erlaubt ggf. die Wahl einer höheren Vorwärmtemperatur als dies durch die Fluidtemperatur möglich wäre. Damit würde die fühlbare Wärme des Brennstoffs noch weiter erhöht und die benötigte Brennstoffmenge entsprechend verringert werden.

[0011] In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist ein dritter Wärmeübertrager im Fluidkreislauf zwischen Entspannungsmaschine und erstem Wärmeübertrager und zwischen Verdichter und Abhitzenutzungssystem angeordnet. Der Zweck des zusätzlichen, dritten Wärmeübertragers besteht in der Optimierung der Teillastfahrweise. Durch Einsatz des dritten Wärmeübertragers in der Teillast gelingt es bei einer einfachen Festdruckfahrweise auf der Expanderaustrittsseite (Niederdruckseite) die durch das verkürzte Expansionsverhält-

nis entstehende Temperaturüberhöhung prozessintern zu verschieben. Damit verbunden ist eine signifikante Wirkungsgradverbesserung sowie eine einfache Regelmöglichkeit der Fluideintrittstemperatur in das Abhitzenutzungssystem.

[0012] Da der dritte Wärmeübertrager in der Regel nur in der Teillast genutzt werden sollte, ist es vorteilhaft, wenn zwei Umgehungsleitungen um den dritten Wärmeübertrager angeordnet sind, d.h. eine Umgehungsleitung je Seite des dritten Wärmeübertragers, um im Volllastpunkt keine wirkungsgradschädlichen Druckverluste durch den dritten Wärmeübertrager zu erzeugen.

[0013] Eine weitere Möglichkeit zur Optimierung der Teillast wäre die Gleitdruckfahrweise auf der Niederdruckseite ohne zusätzlichen, d.h. dritten, Wärmetauscher aber mit einer deutlich komplexeren Druckhaltung/-regelungsanlage.

[0014] Die beanspruchte Vorrichtung ist für verschiedene tiefkalt verflüssigte Gase nutzbar. Es ist vorteilhaft, wenn das tiefkalt verflüssigte Gas Erdgas ist, alleine schon im Hinblick auf seine Verwendbarkeit in der Wärmekraftmaschine, aber auch im Hinblick auf die Wahl des Fluides im Fluidkreislauf und den Wirkungsgrad der Gesamtanlage. Eine Alternative zu Erdgas ist beispielsweise Wasserstoff.

[0015] Bei Verwendung von verflüssigtem Erdgas als tiefkalt verflüssigtes Gas ist es besonders vorteilhaft, wenn der Fluidkreislauf ein Stickstoffkreislauf ist. Nicht zuletzt wegen seiner Inert-Eigenschaften ist die Verwendung von Stickstoff vorteilhaft. Aber auch, weil die Erstarrungstemperatur mit -210°C deutlich unterhalb der LNG-Temperatur von -162°C liegt, so dass ein Ausfrieren des Fluides nicht möglich ist.

[0016] Die auf ein Verfahren gerichtete Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Erzeugung elektrischer Energie und zur Verdampfung eines tiefkalt verflüssigten Gases, bei dem ein tiefkalt verflüssigtes Gas verdichtet und in einem ersten Wärmeübertrager mit einem Fluidstrom erwärmt und verdampft wird und zumindest zum Teil einer Wärmekraftmaschine zugeführt wird, und bei dem der Fluidstrom im Kreis geführt wird, wobei das Fluid im ersten Wärmeübertrager das tiefkalt verflüssigte Gas erwärmt und dadurch selbst abgekühlt wird, anschließend in einem Verdichter verdichtet wird, in einem der Wärmekraftmaschine nachgeschalteten Abhitzenutzungssystem mit Abgasen der Wärmekraftmaschine erwärmt wird und in einer Entspannungsmaschine entspannt wird, die einen Generator antreibt, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdichter zumindest von der Entspannungsmaschine oder von der Wärmekraftmaschine angetrieben wird.

[0017] Ferner ist es vorteilhaft, wenn das der Wärmekraftmaschine zugeführte, vormals tiefkalt verflüssigte Gas durch das Fluid in einem zweiten Wärmeübertrager bzw. im Abhitzenutzungssystem für eine Verbrennung vorgewärmt wird. Dabei ist es zweckmäßig, wenn das im Kreis geführte Fluid von der Entspannungsmaschine kommend im zweiten Wärmeübertrager zuerst lediglich

den der Wärmekraftmaschine zugeführten Teil des vormals tiefkalt verflüssigten Gases und dann im ersten Wärmeübertrager den Gesamtstrom des tiefkalt verflüssigten Gases erwärmt.

[0018] Alternativ dazu kann das der Wärmekraftmaschine zugeführte, vormals tiefkalt verflüssigte Gas durch das Abgas der Wärmekraftmaschine im Abhitzenutzungssystem für eine Verbrennung vorgewärmt werden.

[0019] Vorteilhafter Weise wird im Teillastbetrieb Wärme innerhalb des Fluidkreislaufs verschoben.

[0020] Dabei ist es insbesondere vorteilhaft, wenn Wärme vom Fluid nach der Entspannungsmaschine und vor dem ersten Wärmeübertrager auf das Fluid nach dem Verdichter und vor dem Abhitzenutzungssystem mittels eines dritten Wärmeübertragers übertragen wird.

[0021] Im Volllastbetrieb hingegen ist es vorteilhaft, wenn das Fluid beidseitig um den dritten Wärmeübertrager geleitet wird. Vorteilhafter Weise wird als tiefkalt verflüssigtes Gas verflüssigtes Erdgas verwendet.

[0022] Es ist zweckmäßig, wenn als Fluid im Fluidkreislauf Stickstoff verwendet wird.

[0023] Weiterhin kann mit dem erfindungsgemäßen Konzept in bevorzugter Weise das LNG am Terminal Point zum Gasnetz auf das gewünschte Druck- und Temperaturniveau eingestellt werden.

[0024] Durch die optimale Kombination der Systeme und eine optimale Wahl der Prozessparameter gelingt es beispielsweise, LNG-Verstromungswirkungsgrade von bis zu 64% zu erreichen. Damit wird ein Niveau erreicht, dass mit konventioneller GUD-Technik in den nächsten 5 Jahren nicht darstellbar sein wird.

[0025] Weitere Vorteile sind:

- alle Prozessparameter sind mit bereits heute verfügbaren Komponenten darstellbar,
- das Kraftwerk benötigt für seinen Betrieb kein Wasser,
- eine einfache Prozessstruktur ermöglicht einfache Regelung (z.B. nur eine Druckstufe im Stickstoffprozess statt mehrere),
- das Verfahren ist umweltfreundlich, da gegenüber bisherigen Wiedervergasungsansätzen potentiell umweltschädliche Medien wie Glykol nicht vorhanden sind,
- Vorrichtung und Verfahren sind sehr kostengünstig und wenig fehleranfällig, da das Konzept allgemein sehr einfach gehalten ist (z.B. nur ein Druck-Niveau im Abhitzenutzungssystem) und mit wenigen Komponenten auskommt (z.B. werden keine zusätzlichen aktiven Komponenten auf der LNG-Seite benötigt),
- die Konzeptperformance ist unabhängig vom LNG-Systemdruck und
- die Anordnung des Verdichters und der Entspannungsmaschine (einschließlich eines elektrischen Generators) bzw. des Verdichters und der Wärmekraftmaschine (einschließlich eines weiteren elektri-

schen Generators) in

[0026] einem Strang vermeidet einen separaten Verdichtermotor, verringert die Größe des jeweiligen Generators und spart entsprechend Kosten.

[0027] Die Erfindung wird beispielhaft anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen schematisch und nicht maßstäblich:

Figur 1 eine Vorrichtung zur Erzeugung elektrischer Energie und zur Verdampfung von verflüssigtem Erdgas nach der Erfindung mit Brennstoffvorwärmung durch Wärmeübertrag aus dem Fluidkreislauf,

Figur 2 eine alternative Vorrichtung gemäß der Erfindung mit Brennstoffvorwärmung über das Abgas der Wärmekraftmaschine,

Figur 3 ein drittes Ausführungsbeispiel, bei dem der Verdichter für den Fluidkreislauf aus zwei Teilverdichtern besteht, die auf unterschiedliche Weise angetrieben werden und

Figur 4 ein Ausführungsbeispiel optimiert für unterschiedliche Lastzustände.

[0028] Die Figur 1 zeigt schematisch und beispielhaft eine Vorrichtung 1 zur Erzeugung elektrischer Energie und zur Verdampfung eines tiefkalt verflüssigten Gases gemäß der Erfindung.

[0029] Die Vorrichtung 1 umfasst eine Leitung 2 für das tiefkalt verflüssigte oder wiederverdampfte Gas, beispielsweise Erdgas, und eine in der Leitung 2 angeordnete Pumpe 3. Ferner umfasst die Vorrichtung 1 der Figur 1 eine Gasturbine als Wärmekraftmaschine 4 mit nicht näher bezeichnetem Generator, sowie ein der Wärmekraftmaschine 4 nachgeschaltetes Abhitzenutzungssystem 5, ähnlich einem Abhitzedampferzeuger bei Gas- und Dampfturbinenanlagen. Allerdings sieht die Erfindung keinen Wasser-Dampf-Kreislauf vor.

[0030] Von der Leitung 2 zweigt eine in die Wärmekraftmaschine 4 mündende Zweigleitung 6 ab.

[0031] Der in der Figur 1 dargestellte Fluidkreislauf 7 könnte beispielsweise ein Stickstoffkreislauf sein und umfasst in Strömungsrichtung des Fluids angeordnet folgende Komponenten:

- ein erster Wärmeübertrager 8, der ferner in Strömungsrichtung des tiefkalt verflüssigten Gases hinter die Pumpe 3 in die Leitung 2 geschaltet ist, so dass im Betrieb Wärme vom Stickstoff auf das verflüssigte Erdgas übertragen wird, wobei das verflüssigte Erdgas verdampft,
- ein Verdichter 9, mit dem im vorliegenden Ausführungsbeispiel der Stickstoff für einen optimalen Wärmeübertrag bis in den überkritischen Druckbereich gebracht werden kann,
- das Abhitzenutzungssystem 5 und
- eine Turbine als Entspannungsmaschine 10 mit angekoppeltem Generator 11.

[0032] Im Ausführungsbeispiel der Figur 1 bildet der Verdichter 9 gemäß der Erfindung einen Strang mit der Entspannungsmaschine 10.

5 **[0033]** Ein Teil des wiederverdampften Erdgases wird im Ausführungsbeispiel der Figur 1 einem Gasnetz 16 und ein anderer Teil der Gasturbine (Wärmekraftmaschine 4) zugeführt.

10 **[0034]** Zur Brennstoffvorwärmung ist ein zweiter Wärmeübertrager 12 in der Zweigleitung 6 und im Fluidkreislauf 7 in Strömungsrichtung des Fluids nach der Entspannungsmaschine 10 und vor dem ersten Wärmeübertrager 8 angeordnet.

15 **[0035]** Die Entspannungsmaschine 10, in der im Ausführungsbeispiel der Figur 1 Stickstoff entspannt wird, weist Leckagen 17 auf. Diese können zumindest zum Teil abgesaugt und dann in den Fluidkreislauf 7 rückgeführt werden. Allgemein ist eine Zusp eisung von Stickstoff in den Fluidkreislauf 6 vorgesehen (Rückführung und Zusp eisung von Stickstoff sind nicht gezeigt).

20 **[0036]** Figur 2 zeigt eine Vorrichtung 1 gemäß der Erfindung mit alternativer Brennstoffvorwärmung, bei der eine Wärmeübertragerfläche 13 in der Zweigleitung 6 und im Abhitzenutzungssystem 5 angeordnet ist.

25 **[0037]** Figur 3 zeigt eine Variante der Erfindung, bei der der Verdichter 9 zwei Teilverdichter 9a und 9b umfasst, von denen der eine 9a auf einer Achse mit der Entspannungsmaschine 10 und der andere 9b auf einer Achse mit der Wärmekraftmaschine angeordnet ist.

30 **[0038]** Figur 4 schließlich zeigt eine für Teillastanwendungen optimierte Variante der Erfindung, bei der ein dritter Wärmeübertrager 14 im Fluidkreislauf 7 zwischen Entspannungsmaschine 10 und erstem Wärmeübertrager 8 und zwischen Verdichter 9 und Abhitzenutzungssystem 5 angeordnet ist, um Wärme innerhalb des Fluidkreislaufs 7 verschieben zu können.

35 **[0039]** Bei Vollast entfällt eine solche Wärmeverschiebung, weshalb zwei Umgehungsleitungen 15 um den dritten Wärmeübertrager 14 angeordnet sind. Somit werden im Volllastpunkt keine wirkungsgradschädlichen Druckverluste im dritten Wärmeübertrager 14 erzeugt.

40 **[0040]** Die Erfindung ist nicht beschränkt auf die in den Figuren 1 bis 4 gezeigten Ausführungsbeispiele. Vielmehr umfasst die Erfindung auch andere denkbare Konstellationen im Hinblick auf Brennstoffvorwärmung (Wärmeübertrag vom Fluid, Wärmeübertrag vom Abgas), Art der Fluidverdichtung (Verdichter 9 bildet einen Strang mit der Entspannungsmaschine 10, Verdichter 9 bildet einen Strang mit der Wärmekraftmaschine 4, Verdichter 9 umfasst zwei Teilverdichter 9a und 9b, wobei der Teilverdichter 9a mit der Entspannungsmaschine 10 und Teilverdichter 9b mit der Wärmekraftmaschine 4 einen Strang bildet) und Teillastoptimierung mittels drittem Wärmeübertrager 14 in Kombination mit den entsprechenden Umgehungsleitungen 15.

55

Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) zur Erzeugung elektrischer Energie und zur Verdampfung eines tiefkalt verflüssigten Gases, umfassend eine Leitung (2) für das tiefkalt verflüssigte oder wiederverdampfte Gas, eine in der Leitung (2) angeordnete Pumpe (3), eine Wärmekraftmaschine (4), ein der Wärmekraftmaschine (4) nachgeschaltetes Abhitzenutzungssystem (5), eine von der Leitung (2) abzweigende und in die Wärmekraftmaschine (4) mündende Zweigleitung (6), sowie einen Fluidkreislauf (7), wobei in dem Fluidkreislauf (7) in Strömungsrichtung des Fluids folgende Komponenten hintereinander angeordnet sind:
- ein erster Wärmeübertrager (8), der ferner in Strömungsrichtung des tiefkalt verflüssigten Gases hinter die Pumpe (3) in die Leitung (2) geschaltet ist,
 - ein Verdichter (9),
 - das Abhitzenutzungssystem (5) und
 - eine Entspannungsmaschine (10) mit angekoppeltem Generator (11),
- dadurch gekennzeichnet, dass** der Verdichter (9) einen Strang mit zumindest der Entspannungsmaschine (10) oder der Wärmekraftmaschine (4) bildet.
2. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, wobei ein zweiter Wärmeübertrager (12) in der Zweigleitung (6) und im Fluidkreislauf (7) angeordnet ist.
3. Vorrichtung (1) nach Anspruch 2, wobei der zweite Wärmeübertrager (12) in Strömungsrichtung des Fluids nach der Entspannungsmaschine (10) und vor dem ersten Wärmeübertrager (8) im Fluidkreislauf (7) angeordnet ist.
4. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, wobei eine Wärmeübertragerfläche (13) in der Zweigleitung (6) und im Abhitzenutzungssystem (5) angeordnet ist.
5. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein dritter Wärmeübertrager (14) im Fluidkreislauf (7) zwischen Entspannungsmaschine (10) und erstem Wärmeübertrager (8) und zwischen Verdichter (9) und Abhitzenutzungssystem (5) angeordnet ist.
6. Vorrichtung (1) nach Anspruch 5, wobei zwei Umgehungsleitungen (15) um den dritten Wärmeübertrager (14) angeordnet sind.
7. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das tiefkalt verflüssigte Gas Erdgas ist.
8. Vorrichtung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Fluidkreislauf (6) ein Stickstoffkreislauf ist.
9. Verfahren zur Erzeugung elektrischer Energie und zur Verdampfung eines tiefkalt verflüssigten Gases, bei dem ein tiefkalt verflüssigtes Gas verdichtet und in einem ersten Wärmeübertrager (8) mit einem Fluidstrom erwärmt und verdampft wird und zumindest zum Teil einer Wärmekraftmaschine (4) zugeführt wird, und bei dem der Fluidstrom im Kreis geführt wird, wobei das Fluid im ersten Wärmeübertrager (8) das tiefkalt verflüssigte Gas erwärmt und dadurch selbst abgekühlt wird, anschließend in einem Verdichter (9) verdichtet wird, in einem der Wärmekraftmaschine (4) nachgeschalteten Abhitzenutzungssystem (5) mit Abgasen der Wärmekraftmaschine (4) erwärmt wird, und in einer Entspannungsmaschine (10) entspannt wird, die einen Generator (11) antreibt, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verdichter (9) zumindest von der Entspannungsmaschine (10) oder von der Wärmekraftmaschine (4) angetrieben wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das der Wärmekraftmaschine (4) zugeführte, vormals tiefkalt verflüssigte Gas durch das Fluid in einem zweiten Wärmeübertrager (12) für eine Verbrennung vorgewärmt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei das im Kreis geführte Fluid von der Entspannungsmaschine (10) kommend im zweiten Wärmeübertrager (12) zuerst lediglich den der Wärmekraftmaschine (4) zugeführten Teil des vormals tiefkalt verflüssigten Gases und dann im ersten Wärmeübertrager (8) den Gesamtstrom des tiefkalt verflüssigten Gases erwärmt.
12. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das der Wärmekraftmaschine (4) zugeführte, vormals tiefkalt verflüssigte Gas durch das Abgas der Wärmekraftmaschine (4) im Abhitzenutzungssystem (5) für eine Verbrennung vorgewärmt wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, wobei im Teillastbetrieb Wärme innerhalb des Fluidkreislaufs (7) verschoben wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei Wärme vom Fluid nach der Entspannungsmaschine (10) und vor dem ersten Wärmeübertrager (8) auf das Fluid nach dem Verdichter (9) und vor dem Abhitzenutzungssystem (5) mittels eines dritten Wärmeübertragers (14) übertragen wird.
15. Verfahren nach Anspruch 14, bei dem im Vollastbetrieb das Fluid beidseitig um den dritten Wärmeübertrager (14) geleitet wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 15, wobei als tiefkalt verflüssigtes Gas verflüssigtes Erdgas verwendet wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 16, wobei als Fluid im Fluidkreislauf (7) Stickstoff verwendet wird.

10

15

20

25

30

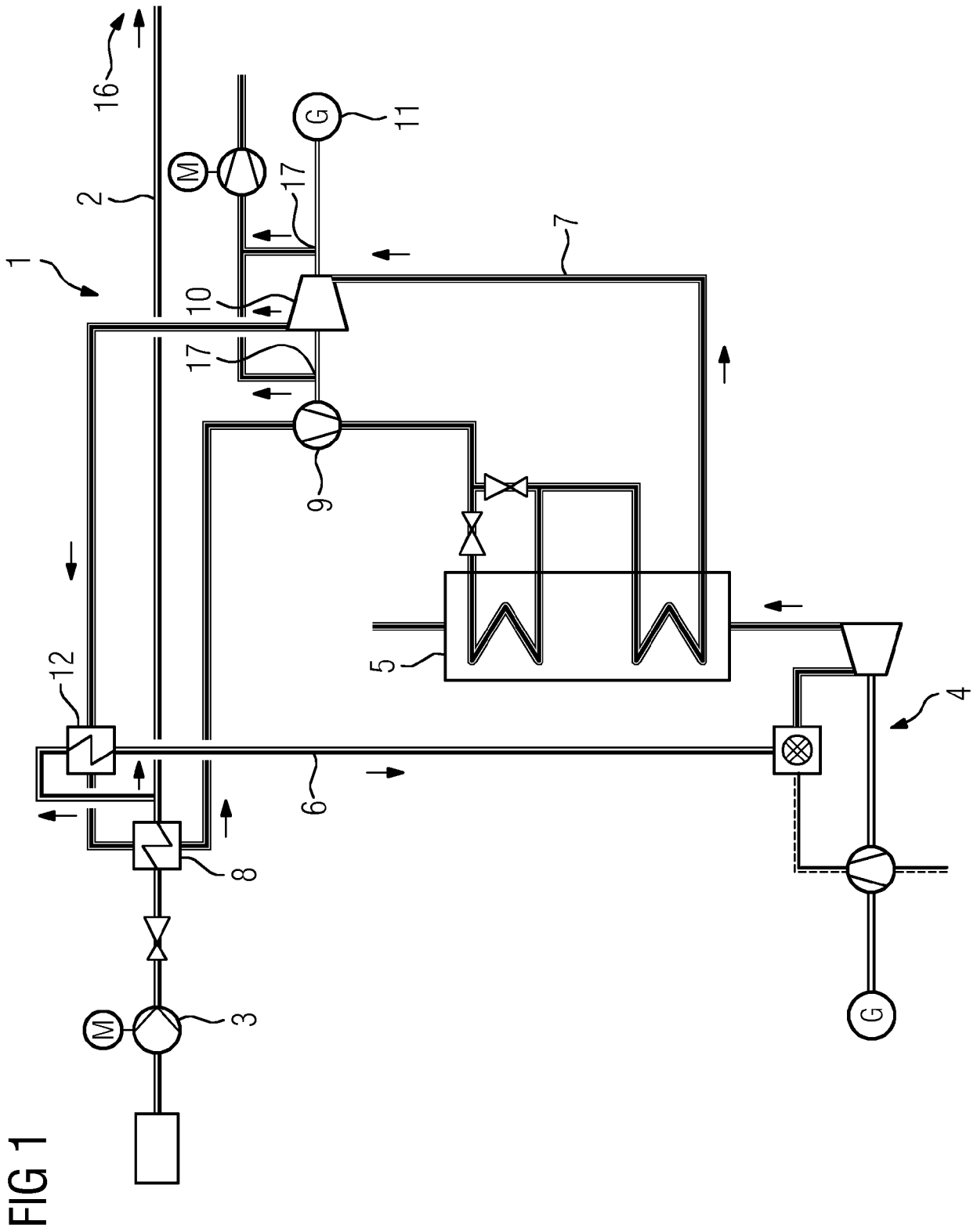
35

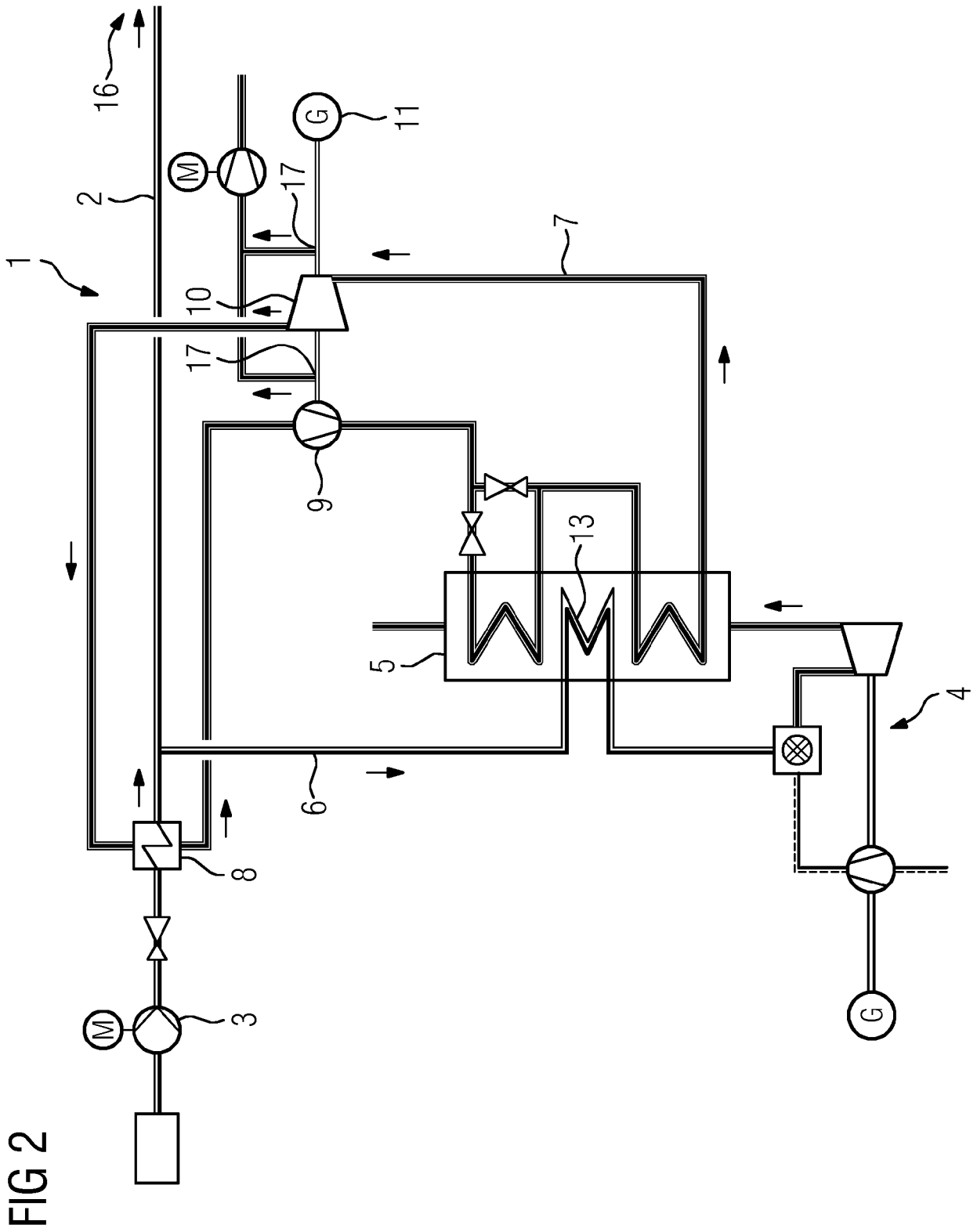
40

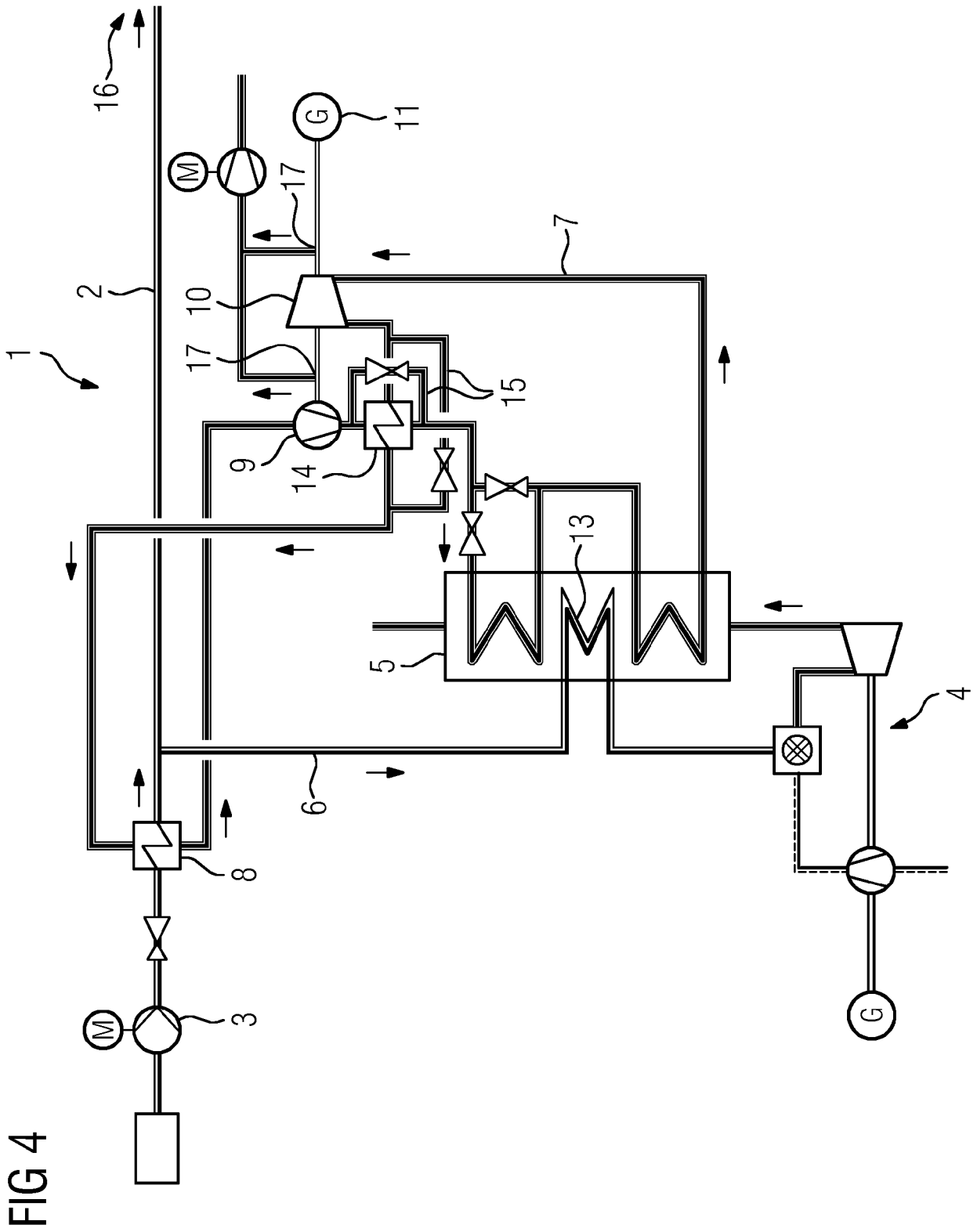
45

50

55









EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 19 17 2170

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	US 2019/112977 A1 (KIM SANGHYEUN [KR] ET AL) 18. April 2019 (2019-04-18) * Absatz [0034] - Absatz [0090]; Ansprüche; Abbildungen * * Zusammenfassung *	1-17	INV. F01K23/10 F01K25/10 F17C9/04
Y	EP 2 133 515 A1 (HITACHI LTD [JP]) 16. Dezember 2009 (2009-12-16) * Absatz [0013] - Absatz [0094]; Ansprüche; Abbildungen * * Zusammenfassung *	1-17	
Y	WO 95/16105 A1 (CABOT CORP [US]) 15. Juni 1995 (1995-06-15) * Seite 5, Zeile 6 - Seite 8, Zeile 6; Ansprüche; Abbildung * * Zusammenfassung *	1-17	
Y	US 2018/163570 A1 (GUPTA ABHIJIT [IN] ET AL) 14. Juni 2018 (2018-06-14) * Absatz [0020] - Absatz [0040]; Ansprüche; Abbildungen * * Zusammenfassung *	1-17	RECHERCHIERTER SACHGEBIETE (IPC)
Y	FR 3 004 487 A1 (IFP ENERGIES NOUVELLES [FR]) 17. Oktober 2014 (2014-10-17) * Seite 5, Zeile 16 - Seite 9, Zeile 23; Ansprüche; Abbildungen * * Zusammenfassung *	1-17	F01K F17C
Y	WO 2014/164620 A1 (ECHOGEN POWER SYSTEMS L C [US]; BOWAN BRETT A [US]) 9. Oktober 2014 (2014-10-09) * Absatz [0031] - Absatz [0133]; Ansprüche; Abbildungen * * Zusammenfassung *	1-17	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 7. November 2019	Prüfer Zerf, Georges
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 : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 19 17 2170

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	EP 2 390 475 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 30. November 2011 (2011-11-30) * Absatz [0009] - Absatz [0040]; Ansprüche; Abbildungen * * Zusammenfassung * -----	1-17	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 7. November 2019	Prüfer Zerf, Georges
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 : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

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

EP 19 17 2170

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

07-11-2019

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2019112977 A1	18-04-2019	CN 109667667 A	23-04-2019
		KR 20190042246 A	24-04-2019
		US 2019112977 A1	18-04-2019

EP 2133515 A1	16-12-2009	EP 2133515 A1	16-12-2009
		JP 4859929 B2	25-01-2012
		JP WO2008047489 A1	18-02-2010
		WO 2008047489 A1	24-04-2008

WO 9516105 A1	15-06-1995	AU 7873494 A	27-06-1995
		BR 9405757 A	28-11-1995
		CN 1117751 A	28-02-1996
		EP 0683847 A1	29-11-1995
		ES 2121608 T3	01-12-1998
		JP 2856552 B2	10-02-1999
		JP H08506643 A	16-07-1996
		KR 100370910 B1	31-03-2003
		US 5457951 A	17-10-1995
		WO 9516105 A1	15-06-1995

US 2018163570 A1	14-06-2018	KEINE	

FR 3004487 A1	17-10-2014	KEINE	

WO 2014164620 A1	09-10-2014	KEINE	

EP 2390475 A2	30-11-2011	CA 2740259 A1	28-11-2011
		CN 102261272 A	30-11-2011
		EP 2390475 A2	30-11-2011
		IL 212912 A	24-09-2015
		JP 6055589 B2	27-12-2016
		JP 2011246710 A	08-12-2011
		KR 20110131125 A	06-12-2011
		KR 20180035200 A	05-04-2018
		RU 2011121290 A	10-12-2012
		US 2011289941 A1	01-12-2011

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 20090211263 A1 [0002]