



(10) **DE 10 2010 011 737 B4** 2012.06.06

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 011 737.4**
(22) Anmeldetag: **17.03.2010**
(43) Offenlegungstag: **15.12.2011**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **06.06.2012**

(51) Int Cl.: **F01K 25/06 (2006.01)**
F01K 17/06 (2006.01)
F02G 5/00 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Schwarz, Henry, 18055, Rostock, DE

(74) Vertreter:
Roßmann, Thomas, 19079, Banzkow, DE

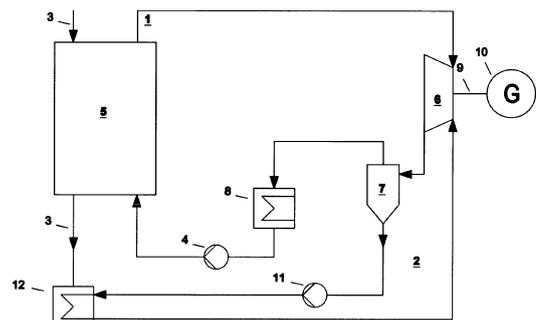
(72) Erfinder:
gleich Patentinhaber

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	35 00 170	C1
DE	10 2007 041 944	B3
US	6 981 377	B2
US	2009 / 0 188 253	A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Energieumwandlung**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Energieumwandlung, bei dem eine Abwärme eines Abgasstromes einem Clausius Rankine Kreislauf (1) mit einem mechanisch mit einem Generator (10) verbundenen Expander (6) und einem Ölkreislauf (2) zur Verfügung gestellt wird, wobei aus der Abwärme des Abgasstromes mittels dem Expander (6) und dem Generator (10) elektrische Energie erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Abwärme des Abgasstromes erst dem Clausius Rankine Kreislauf (1) und anschließend dem Ölkreislauf (2) zugeführt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Energieumwandlung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und eine dazugehörige Vorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 4.

[0002] Derartige Verfahren und Vorrichtungen werden zur Energieumwandlung, insbesondere in Heizwerken oder zur Energieumwandlung von sonstigen Abwärmequellen z. B. mit einem ORC-Prozess eingesetzt.

[0003] In Heizwerken wird ein Heizmedium verbrannt. Die bei der Verbrennung entstehenden Abgase werden über eine Abgasleitung an die Atmosphäre abgegeben. Aus diesen Verbrennungsgasen wird die Restwärme abgenommen und energetisch genutzt. Dazu sind unzählige Lösungen bekannt.

[0004] Ein Bereich dieser Lösungen befasst sich mit ORC-Prozessen, weil das in dem Clausius Rankine Kreislauf verwendete Arbeitsfluid sehr günstige Stoffeigenschaften aufweist.

[0005] So ist aus der DE 35 00 170 C1 eine Vorrichtung zur Rückgewinnung von Wärme bekannt, die eine schraubenförmige Expansionsvorrichtung aufweist, deren Abtriebswelle mit einem Generator verbunden ist. Zudem ist die Expansionsvorrichtung in einem Clausius Rankine Kreislauf integriert, wobei der Clausius Rankine Kreislauf in Strömungsrichtung und nach der Expansionsvorrichtung einen Ölabscheider, einen Kondensator, eine Pumpe und einen Wärmetauscher aufweist. Zusätzlich ist die Expansionsvorrichtung in einem Ölkreislauf integriert, der in Strömungsrichtung und nach der Expansionsvorrichtung den Ölabscheider, eine Ölkreislaufpumpe und einen weiteren Wärmetauscher aufweist. Dabei sind die beiden Wärmetauscher in einem Abwärmestrom parallel zueinander angeordnet.

[0006] In Funktion der Vorrichtung zur Rückgewinnung von Wärme wird aus dem Abwärmestrom über die Wärmetauscher parallel Abwärme auf die Arbeitsmedien des Clausius Rankine Kreislaufes und des Ölkreislaufes übertragen. Die so erhitzten Arbeitsmedien werden anschließend der Expansionsvorrichtung zugeführt, wo sich das Arbeitsmedium des Clausius Rankine Kreislaufes entspannt und dabei die Abtriebswelle einschließlich den Generator zur Energieerzeugung antreibt. Gleichzeitig dient das der Expansionsvorrichtung zugeführte Arbeitsmedium des Ölkreislaufes zur Schmierung und Abdichtung der rotierenden Teile der Expansionsvorrichtung. Nach der Expansionsvorrichtung werden die beiden Arbeitsmedien über eine Ableitung in den Ölabscheider geleitet, wo sich das flüssige Arbeitsmedium des Ölkreislaufes und das gasförmige Arbeitsmedium des Clausius Rankine Kreislaufes trennen. Das über den

Kopf des Ölabscheiders abgeführte gasförmige Arbeitsmedium des Clausius Rankine Kreislaufes wird anschließend im Kondensator verflüssigt und über die Pumpe erneut dem Wärmetauscher des Clausius Rankine Kreislaufes zugeführt. Gleichzeitig wird das über den Sumpf des Ölabscheiders flüssige Arbeitsmedium des Ölkreislaufes über die Pumpe dem Wärmetauscher des Ölkreislaufes zugeführt.

[0007] Diese Vorrichtung zur Rückgewinnung von Wärme hat aber Nachteile. So findet in dem Wärmetauscher des Clausius Rankine Kreislaufes sowohl die Erwärmung als auch die Verdampfung des Arbeitsmediums des Clausius Rankine Kreislaufes statt, weshalb seine baulichen Abmaße sehr groß und damit diese Vorrichtung zur Rückgewinnung von Wärme uneffektiv ist. Diese Nachteile werden durch die Gleichstromführung der Arbeitsmedien im Wärmetauscher des Clausius Rankine Kreislaufes verstärkt. Zudem sind die Wärmetauscher im Abwärmestrom parallel zueinander angeordnet, so dass für die Verdampfung das Arbeitsmedium des Clausius Rankine Kreislaufes eine geringere Wärmemenge zur Verfügung steht. Dadurch ist die Erwärmung und Verdampfung des Arbeitsmediums des Clausius Rankine Kreislaufes uneffektiv.

[0008] Auch kann eine Unterkühlung des Abgases im Abwärmestrom unter eine Mindesttemperatur nur indirekt durch gleichzeitige Leistungsdrosselung der Förderleistung der Pumpen erreicht werden.

[0009] Zudem kann bei einem Kaltstart, insbesondere im Winter, das Arbeitsmedium des Ölkreislaufes nicht vorrangig aufgeheizt werden, weshalb lange Kaltstartzeiten bis zum Erreichen einer Mindesttemperatur des Arbeitsmediums des Ölkreislaufes entstehen. In dieser langen Kaltstartzeit arbeitet diese Vorrichtung zur Rückgewinnung von Wärme uneffektiv.

[0010] Außerdem gelangen von dem gasförmige Arbeitsmedium des Clausius Rankine Kreislaufes im Ölabscheider mitgerissene Flüssigkeitstropfen des flüssigen Arbeitsmediums des Ölkreislaufes in den Clausius Rankine Kreislauf und führen dort zu Verunreinigung des Arbeitsmediums des Clausius Rankine Kreislaufes, insbesondere im Wärmetauscher des Clausius Rankine Kreislaufes, was zu einer Verminderung der effektiv wirkenden Wärmeübertragungsfläche dieses Wärmetauschers und damit zu einer Uneffektivität dieser Vorrichtung. Zudem können im Extremfall diese Verunreinigungen zu einer Ölverlagerung in den Clausius Rankine Kreislauf führen. Eine Beseitigung der Verunreinigungen aus dem Clausius Rankine Kreislauf führt zu zusätzlichen Stillstandzeiten und zu Mehrkosten.

[0011] Weiterhin ist aus der DE 10 2007 041 944 B3 eine Vorrichtung zur Energieumwandlung bekannt,

bei der zuerst eine Kühlwasserwärme eines Verbrennungsmotors parallel über einen Wärmetauscher einem Arbeitsmittelkreislauf und über einen zweiten Wärmetauscher einem Schmiermittelkreislauf sowie eine Abgaswärme über einen Abgaswärmetauscher parallel über einen Vorwärmer und einen Dampferzeuger dem Arbeitsmittelkreislauf sowie über einen Wärmetauscher dem Schmiermittelkreislauf mit dem Ziel zur Verfügung gestellt wird, dass das Schmiermittel auf eine Temperatur erwärmt wird, die der Eingangstemperatur des Arbeitsmittels in eine Kraftmaschine entspricht.

[0012] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, ein gattungsgemäßes Verfahren zur Energieumwandlung sowie eine dazugehörige Vorrichtung zu entwickeln, mit dem eine kurze Kaltstartzeit und ein höherer Wirkungsgrad erreicht wird und das kostengünstig ist.

[0013] Diese Aufgabe wird verfahrensseitig durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 und vorrichtungsseitig durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 4 gelöst. Zweckdienliche Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen 2 und 3 sowie 5 bis 10.

[0014] Das neue Verfahren zur Energieumwandlung sowie die dazugehörige Vorrichtung beseitigen die genannten Nachteile des Standes der Technik.

[0015] Vorteilhaft bei der Anwendung des neuen Verfahrens zur Energieumwandlung, bei dem eine Abwärme einem Clausius Rankine Kreislauf mit einem mechanisch mit einem Generator verbundenen Expander und einem Ölkreislauf zur Verfügung gestellt wird, wobei aus der Abwärme mittels dem Expander und dem Generator elektrische Energie erzeugt wird, ist es, dass die Abwärme erst dem Clausius Rankine Kreislauf und die Restwärme anschließend dem Ölkreislauf zugeführt wird. Dadurch wird der auf dem maximalen Temperaturniveau liegenden Abwärme nun auch der maximale Volumenstrom dieser Abwärme dem Clausius Rankine Kreislauf zur Verfügung gestellt wird, woraus mit dem Expander und dem Generator eine maximale Menge an elektrische Energie aus der Abwärme erzeugt wird.

[0016] Dabei ist es von Vorteil, wenn die dem Clausius Rankine Kreislauf zur Verfügung gestellte Abwärmemenge dosierbar, insbesondere regelbar ist, weil dadurch eine Unterkühlung des Abgases im Abwärmestrom unter eine Mindesttemperatur vermeidbar ist.

[0017] Von Vorteil ist es auch, wenn eine Ölabscheidung aus dem Arbeitsmedium des Clausius Rankine Kreislaufes stufenweise erfolgt, wobei in der ersten Stufe der Ölabscheidung in Flüssig- und Gasphase sowie in der zweiten Stufe der Ölabscheidung

die flüssigen Arbeitsmedien nach dem Schwerkraftprinzip getrennt werden. Dadurch werden im Ölabscheider durch das gasförmige Arbeitsmedium des Clausius Rankine Kreislaufes mitgerissene Flüssigkeitstropfen des flüssigen Arbeitsmediums des Ölkreislaufes aus dem Clausius Rankine Kreislauf entfernt. Damit werden Verunreinigungen des Arbeitsmediums des Clausius Rankine Kreislaufes, insbesondere in den Wärmetauschern des Clausius Rankine Kreislaufes, sowie eine Verminderung der effektiv wirkenden Wärmeübertragungsfläche dieser Wärmetauscher vermieden.

[0018] Vorteilhaft bei der Anwendung der neuen Vorrichtung zur Energieumwandlung ist es, dass in Strömungsrichtung des Abwärmestromes die Wärmeübertragungseinheit und der Wärmetauscher in Reihe angeordnet sind und parallel zu der Wärmeübertragungseinheit ein Bypass angeordnet ist, wobei der Bypass ein Ventil aufweist. Dadurch kann bei einem Kaltstart, indem das Ventil im Bypass geöffnet wird, das Arbeitsmedium des Ölkreislaufes vorrangig aufgeheizt werden. Damit werden kurze Kaltstartzeiten bis zum Erreichen einer Mindesttemperatur des Arbeitsmediums des Ölkreislaufes erreicht, was wiederum die Effektivität erhöht.

[0019] Auch ist es von Vorteil, wenn im Clausius Rankine Kreislauf zwischen dem Kondensator und der Pumpe des Clausius Rankine Kreislaufes ein Ölabscheider mit einer Rückführung in den Ölkreislauf angeordnet ist, wobei die Rückführung im Ölkreislauf zwischen dem Ölabscheider und der Pumpe des Ölkreislaufes mündet. Dadurch wird einerseits das im Gas/Flüssig-Ölabscheider durch das dampfförmige Arbeitsmedium des Clausius Rankine Kreislaufes mitgerissene Arbeitsmedium des Ölkreislaufes aus dem Arbeitsmedium des Clausius Rankine Kreislaufes entfernt und in den Ölkreislauf zurückgeführt, andererseits bildet das flüssige Arbeitsmedium des Clausius Rankine Kreislaufes eine notwendige Flüssigkeitssäule auf der Saugseite der Pumpe des Clausius Rankine Kreislaufes.

[0020] Das neue Verfahren zur Energieumwandlung sowie die dazugehörige Vorrichtung sollen nun an einem Ausführungsbeispiel erläutert werden.

[0021] Dazu zeigen:

[0022] [Fig. 1](#): Schematische Darstellung der Vorrichtung zur Energieumwandlung in einem Ausführungsbeispiel und

[0023] [Fig. 2](#): Schematische Darstellung einer Anwendung der Vorrichtung zur Energieumwandlung gemäß dem Ausführungsbeispiel.

[0024] Die neue Vorrichtung zur Energieumwandlung besteht in einem ersten Ausführungsbeispiel ge-

mäß der [Fig. 1](#) im Wesentlichen aus einem Clausius Rankine Kreislauf **1**, einem Ölkreislauf **2** und einem Abwärmestrom **3**.

[0025] Im Clausius Rankine Kreislauf **1** sind in Reihe und in Strömungsrichtung eine Pumpe **4**, eine Wärmeübertragungseinheit **5** zur Übertragung einer Wärmemenge aus einem Abwärmestrom **3** an ein Arbeitsmedium des Clausius Rankine Kreislaufes **1**, ein Expander **6**, ein Ölabscheider **7** und ein Kondensator **8** angeordnet, wobei der Expander **6** mechanisch über eine Welle **9** mit einem Generator **10** verbunden ist.

[0026] In dem Ölkreislauf **2**, der der Schmierung und Abdichtung des Expanders **6** dient, sind in Reihe und in Strömungsrichtung eine Pumpe **11**, ein Wärmetauscher **12** zur Übertragung einer Restwärmemenge aus dem Abwärmestrom **3** an ein Arbeitsmedium des Ölkreislaufes **2**, dem Expander **6** und dem Ölabscheider **7** angeordnet, wobei die Arbeitsmedien des Clausius Rankine Kreislaufes **1** und des Ölkreislaufes **2** im Expander **6** vermischt und im Ölabscheider **7** voneinander getrennt werden.

[0027] Im Wärmestrom **3** sind in Reihe und in Strömungsrichtung die Wärmeübertragungseinheit **5** zur Übertragung einer Wärmemenge aus dem Abwärmestrom **3** an das Arbeitsmedium des Clausius Rankine Kreislaufes **1** und der Wärmetauscher **12** zur Übertragung einer Restwärmemenge aus dem Abwärmestrom **3** an das Arbeitsmedium des Ölkreislaufes **2** angeordnet.

[0028] Die Wirkungsweise der neuen Vorrichtung zur Energieumwandlung soll am Ausführungsbeispiel gemäß der [Fig. 1](#) erläutert werden.

[0029] Aus dem Abwärmestrom **3** wird über die Wärmeübertragungseinheit **5** eine Wärmemenge an das Arbeitsmedium des Clausius Rankine Kreislaufes **1** übertragen, wobei sich der Abwärmestrom **3** abkühlt. Anschließend gelangt der Abwärmestrom **3** in den Wärmetauscher **12**, wo eine Restwärmemenge aus dem Abwärmestrom **3** an das Arbeitsmedium des Ölkreislaufes **2** übertragen wird.

[0030] Durch die Aufnahme der Wärmemenge aus dem Abwärmestrom **3** wird das Arbeitsmedium des Clausius Rankine Kreislaufes **1** in der Wärmeübertragungseinheit **5** verdampft und anschließend den Expander **6** zugeführt. Dort entspannt sich das gasförmige Arbeitsmedium des Clausius Rankine Kreislaufes **1**, was mit einer partiellen Volumenvergrößerung des Arbeitsfluides im Expander **6** verbunden ist. Dadurch wird ein mit der Welle **9** verbundener Rotor des Expanders **6** in Bewegung versetzt, wodurch die erzeugte Rotation an den Generator **10** übertragen und in dem Generator **10** in elektrische Energie umgewandelt wird. Gleichzeitig wird durch die Aufnahme der Restwärmemenge aus dem Abwärmestrom **3** im

Wärmetauscher **12** das Arbeitsmedium des Ölkreislaufes **2** erwärmt und ebenfalls in den Expander **6** geführt, wobei im Expander **6** das Arbeitsmedium des Ölkreislaufes **2** den Rotor des Expanders **6** schmiert und abdichtet. Nach dem Expander **6** werden die im Expander **6** vermischten Arbeitsmedien des Clausius Rankine Kreislaufes **1** und des Ölkreislaufes **2** dem Ölabscheider **7** zugeführt. Im Ölabscheider **7** erfolgt eine Phasentrennung der Arbeitsfluide, wobei das dampfförmige Arbeitsfluid des Clausius Rankine Kreislaufes **1** in den Kondensator **8** geführt, im Kondensator **8** wieder verflüssigt wird und anschließend durch die Pumpe **4** wieder der Wärmeübertragungseinheit **5** zugeführt wird. Gleichzeitig wird das im Ölabscheider **7** abgetrennte Arbeitsmedium des Ölkreislaufes **2** über die Pumpe **11** wieder dem Wärmetauscher **12** zugeführt, womit die zuvor beschriebenen Kreislaufprozesse im Clausius Rankine Kreislauf **1** und im Ölkreislauf **2** erneut beginnen.

[0031] In der Ausgestaltung der neuen Vorrichtung zur Energieumwandlung nach dem Ausführungsbeispiel ist es auch denkbar, gemäß der [Fig. 2](#) im Clausius Rankine Kreislauf **1** in Reihe und in Strömungsrichtung zwischen Pumpe **4** und der Wärmeübertragungseinheit **5** einen Rekuperator **13** anzuordnen, wobei dieser Rekuperator **13** im Ölkreislauf **2** parallel zum Wärmetauscher **12** angeordnet ist und die Zuführung des Arbeitsmediums an den Expander **6** über die Lager und die Rotoren zur Schmierung und Abdichtung der Rotoren erfolgt. Die dabei überschüssige Wärme des Arbeitsfluides des Ölkreislaufes, kann über den Rekuperator **13** an das Arbeitsmedium des Clausius Rankine Kreislaufes **1** übertragen werden. Diese interne Wärmerückführung führt zu einer Steigerung des Wirkungsgrades.

[0032] Denkbar ist es auch, im Abwärmestrom **3** parallel zu der Wärmeübertragungseinheit **5** gemäß der [Fig. 2](#) einem Bypaß **14** mit einem Ventil **15** anzuordnen, wodurch die Durchflussmenge in der Wärmeübertragungseinheit **5** gesteuert wird.

[0033] Auch ist es denkbar, dass die Wärmeübertragungseinheit **5** gemäß der [Fig. 2](#) aus einem Erhitzer **16** zur Erhitzung des Arbeitsmediums des Clausius Rankine Kreislaufes **1** und einem Verdampfer **17** zum Verdampfen des Arbeitsmediums des Clausius Rankine Kreislaufes **1** besteht, wobei der Abwärmestrom **3** in Reihe und in Strömungsrichtung zuerst den Verdampfer **17** und anschließend den Erhitzer **16** durchströmt. Das Arbeitsmedium des Clausius Rankine Kreislaufes **1** durchströmt in Reihe und in Strömungsrichtung nacheinander erst den Erhitzer **16** und anschließend den Verdampfer **17**. Dabei ist es insbesondere auch denkbar, im Abwärmestrom **3** parallel zu dem Erhitzer **16** gemäß der [Fig. 2](#) einen weiteren Bypaß **18** mit einem Ventil **19** anzuordnen, womit die Durchflussmenge im Erhitzer **15** gesteuert wird.

[0034] Denkbar ist es auch, gemäß der [Fig. 2](#) im Clausius Rankine Kreislauf **1** in Reihe und in Strömungsrichtung vor der Wärmeübertragungseinheit **5** einen Vorwärmer **20** anzuordnen, über den eine Wärmemenge einem weiteren Abwärmestrom **21** entzogen und an das Arbeitsmedium des Clausius Rankine Kreislaufes **1** übertragen wird.

[0035] Auch ist es denkbar, gemäß der [Fig. 2](#) im Clausius Rankine Kreislauf **1** zwischen Kondensator **8** und Pumpe **4** einen weiteren Ölabscheider **22** anzuordnen, der die flüssigen Arbeitsmedien des Clausius Rankine Kreislaufes **1** und des Ölkreislaufes **2** nach dem Schwerkraftprinzip trennt, wobei das leichtere Arbeitsmedium des Ölkreislaufes **2** aus dem Ölabscheider **22** über eine Rückführung **23** in den Ölkreislauf **2** zwischen den Ölabscheider **7** und der Pumpe **11** zurückgeführt wird. Dabei ist es denkbar, zur Steuerung der Rücklaufmenge ein Ventil **24** in der Rückführung **23** anzuordnen.

[0036] Die Anwendung der neuen Vorrichtung zur Energieumwandlung soll gemäß der [Fig. 2](#) am Beispiel eines BKHWH (Blockkraftheizwerk) mit einer Umwandlung überschüssiger Wärmeenergie in Elektroenergie erläutert werden.

[0037] Das BHKW **25** weist einen Motorkühlkreislauf **26** und eine Abgasleitung **27** auf, wobei in dem Motorkühlkreislauf **26** der Abwärmestrom **21** und in der Abgasleitung **27** der Abwärmestrom **3** geführt wird.

[0038] Dazu weist der Motorkühlkreislauf **26** den Vorwärmer **20** des Clausius Rankine Kreislaufes **1** sowie eine Pumpe **28** auf.

[0039] In der Abgasleitung **27** ist ein in einem Hochtemperaturabwärmekreislauf **29** integrierten Abgaswärmetauscher **30** angeordnet. Zudem weist der Hochtemperaturabwärmekreislauf **29** in Reihe und in Strömungsrichtung hinter den Abgaswärmetauscher **30**, den Verdampfer **17**, den Erhitzer **16** und eine Pumpe **31** des Hochtemperaturabwärmekreislaufes **29** auf, wobei parallel über den Verdampfer **17** und den Erhitzer **16** der Bypaß **14** mit dem Ventil **15** sowie über den Erhitzer **16** der Bypaß **18** mit dem Ventil **19** angeordnet sind.

[0040] Zudem weist der Hochtemperaturabwärmekreislauf **29** ein Dreiwegeventil **32** mit einem Bypaß **33** auf, wobei der Bypaß **33** über den Verdampfer **17**, den Erhitzer **16** und Wärmetauscher **12**, einschließlich dem Bypaß **14** und dem Bypaß **18** angeordnet ist.

[0041] In der Wirkungsweise der Anwendung der neuen Vorrichtung zur Energieumwandlung gemäß der [Fig. 2](#) wird mit dem BKHWH **25** zusätzlich über den Motorkühlkreislauf **26** der Abwärmestrom **21** und über die Abgasleitung **27** der Abwärmestrom **3** bereitgestellt.

[0042] Dieser Abwärmestrom **3** wird über den im Hochtemperaturabwärmekreislauf **29** angeordneten Abgaswärmetauscher **30** auf ein Arbeitsfluid des Hochtemperaturabwärmekreislaufes **29** übertragen. Anschließend wird diese aufgenommene und in dem Arbeitsfluid des Hochtemperaturabwärmekreislaufes **29** gespeicherte Wärmemenge partiell über den Verdampfer **17** und den Erhitzer **16** an das Arbeitsfluid des Clausius Rankine Kreislaufes **1** und über den Wärmetauscher **12** an das Arbeitsfluid des Ölkreislaufes **2** abgegeben. Dabei wird das Arbeitsfluid des Hochtemperaturabwärmekreislaufes **29** durch die Pumpe **31** in Strömungsrichtung gefördert, so dass das abgekühlte Arbeitsfluid des Hochtemperaturabwärmekreislaufes **29** nach dem Wärmetauscher **12** wieder zu dem Abgaswärmetauscher **30** gelangt und der Kreislaufprozess von neuem beginnt.

[0043] Zur Optimierung ist die über den Wärmetauscher **12** an das Arbeitsfluid des Ölkreislaufes **2** abgegebene Wärmemenge und damit die Temperierung des Arbeitsfluides des Ölkreislaufes **2** über das Ventil **15** des Bypaßes **14** und/oder über das Ventil **19** des Bypaßes **18** steuerbar. Dabei dient das Ventil **19** des Bypaßes **18** gleichzeitig auch zur Ansteuerung der über den Erhitzer **16** vom Arbeitsfluid des Hochtemperaturabwärmekreislaufes **29** auf das Arbeitsfluid des Clausius Rankine Kreislaufes **1** abgegebenen Wärmemenge und damit zur Temperierung des Arbeitsfluides des Clausius Rankine Kreislaufes **1** nach dem Erhitzer **16**.

[0044] Mit der über den Erhitzer **16**, dem Arbeitsfluid des Hochtemperaturabwärmekreislaufes **29** partiell entzogenen Wärmemenge, wird das Arbeitsfluid des Clausius Rankine Kreislaufes **1** erwärmt. Anschließend wird in dem Verdampfer **17** die durch das Arbeitsfluid des Hochtemperaturabwärmekreislaufes **29** bereitgestellte Wärmemenge das Arbeitsfluid des Clausius Rankine Kreislaufes **1** verdampft und gelangt dampfförmig in den Expander **6**. Dort entspannt sich das Arbeitsfluid des Clausius Rankine Kreislaufes **1**, was mit einer partiellen Volumenvergrößerung des Arbeitsfluides im Expander **6** verbunden ist. Dadurch werden die mit der Welle **9** verbundenen Rotoren des Expanders **6** in Bewegung versetzt, wodurch die erzeugte Rotation an den Generator **10** übertragen und in dem Generator **10** in elektrische Energie umgewandelt wird.

[0045] Gleichzeitig wird die über den Wärmetauscher **12** dem Arbeitsfluid des Hochtemperaturabwärmekreislaufes **29** entzogene Wärmemenge an das Arbeitsfluid des Ölkreislaufes **2** übertragen. Dieses erwärmte Arbeitsfluid des Ölkreislaufes **2** wird anschließend zur Schmierung und Abdichtung der Rotoren des Expanders **6** in den Expander **6** eingeführt, wobei es sich mit dem Arbeitsfluid des Clausius Rankine Kreislaufes **1** vermischt. Nach dem Expander **6** wird diese Mischung, bestehend aus dem ent-

spannten und dampfförmigen Arbeitsfluid des Clausius Rankine Kreislaufes **1** und dem flüssigen Arbeitsfluid des Ölkreislaufes **2**, in den Ölabscheider **7** geleitet. Im Ölabscheider **7** erfolgt eine Phasentrennung der Arbeitsfluide, wobei das dampfförmige Arbeitsfluid des Clausius Rankine Kreislaufes **1** in den Kondensator **8** geführt und dort wieder verflüssigt wird.

[0046] Anschließend gelangt das nun flüssige Arbeitsfluid des Clausius Rankine Kreislaufes **1** durch die Pumpe **4** über den Rekuperator **13** in den Vorwärmer **20**, in welchem es über den Motorkühlkreislauf **26** durch den Abwärmestrom **21** erwärmt wird. Anschließend wird das vorgewärmte Arbeitsfluid des Clausius Rankine Kreislaufes **1** dem Erhitzer **16** zugeführt und der zuvor beschriebene Kreislaufprozess des Clausius Rankine Kreislaufes **1** beginnt von neuem.

[0047] Das aus dem Ölabscheider **7** isolierte Arbeitsfluid des Ölkreislaufes **2** wird über die Pumpe **11** und den strömungstechnisch parallel zueinander liegenden Wärmetauscher **12** und Rekuperator **13** mit einem vorgeschalteten Ventil **34** zugeführt, wobei am Wärmetauscher **12** der zuvor beschriebene Ölkreislauf **2** von neuem beginnt. Gleichzeitig wird das Arbeitsfluid des Ölkreislaufes **2** im Rekuperator **13** abgekühlt und der Lagerung der Rotoren am Expander **6** zur Schmierung und Abdichtung der Rotoren zugeführt. Dabei wird die Zugabemenge durch das Ventil **34** definiert. Dabei ist es denkbar, durch einen in **Fig. 2** nicht dargestellten Bypaß am Wärmetauscher **12** und/oder einem weiteren in **Fig. 2** nicht dargestellten Bypaß am Rekuperator **13**, eine zusätzliche Regelung zu realisieren, wobei durch diesen mindestens einen Bypaß das Kaltstartverhalten verbessert.

[0048] Auch ist es denkbar, das Ventil **15** und/oder das Ventil **32** mit einer in der **Fig. 2** nicht dargestellten Steuereinrichtung zu verbinden, deren Steuersignal von einem in dem Abwärmestrom **3** in Strömungsrichtung hinter dem Abgaswärmetauscher **30** angeordneten und ebenfalls in der **Fig. 2** nicht dargestellten Temperatursensor derart erzeugt wird, dass der Abwärmestrom **3** eine Mindesttemperatur nicht unterschreitet. Dadurch wird z. B. eine unerwünschte Kondensation des Abgases im Abgaswärmetauscher **30** und in dem im Abwärmestrom **3** in Strömungsrichtung hinter dem Abgaswärmetauscher **30** angeordneten Bauteilen vermieden.

[0049] Ebenso ist es denkbar, das Ventil **15** und/oder das Ventil **32** mit einer in der **Fig. 2** nicht dargestellten Steuereinrichtung zu verbinden, deren Steuersignal von einem im Clausius Rankine Kreislauf **1** zwischen dem Erhitzer **16** und dem Verdampfer **17** angeordneten sowie ebenfalls in der **Fig. 2** nicht dargestellten Drucksensor derart erzeugt wird, dass der Druck des Arbeitsmediums des Clausius Rankine Kreislaufes **1** nach dem Erhitzer **16** den Dampfdruck

dieses Arbeitsmediums nicht überschreitet. Dadurch wird eine unerwünschte Verdampfung des Arbeitsmediums des Clausius Rankine Kreislaufes **1** im Erhitzer **16** vermieden.

[0050] Denkbar ist es auch, zwischen dem Erhitzer **16** und dem Verdampfer **17** eine in der **Fig. 2** nicht dargestellten Zerstäubungsvorrichtung zum Zerstäuben des erhitzten Arbeitsmediums des Clausius Rankine Kreislaufes **1** anzuordnen. Diese Zerstäubungsvorrichtung bewirkt eine feine Zerstäubung und eine gleichzeitige Vergrößerung der Verdampfungsoberfläche des erhitzten Arbeitsmediums des Clausius Rankine Kreislaufes **1**. Dadurch kann der Verdampfer **17** eine kleinere Wärmeübertragungsfläche aufweisen, was zu einer erheblichen Kostenreduzierung führt.

Bezugszeichenliste

1	Clausius Rankine Kreislauf
2	Ölkreislauf
3	Abwärmestrom
4	Pumpe
5	Wärmeübertragungseinheit
6	Expander
7	Ölabscheider
8	Kondensator
9	Welle
10	Generator
11	Pumpe
12	Wärmetauscher
13	Rekuperator
14	Bypaß
15	Ventil
16	Erhitzer
17	Verdampfer
18	Bypaß
19	Ventil
20	Vorwärmer
21	Abwärmestrom
22	Ölabscheider
23	Rückführung
24	Ventil
25	BHKW
26	Motorkühlkreislauf
27	Abgasleitung
28	Pumpe
29	Hochtemperaturabwärmekreislauf
30	Abgaswärmetauscher
31	Pumpe
32	Dreiwegeventil
33	Bypaß
34	Ventil

Patentansprüche

1. Verfahren zur Energieumwandlung, bei dem eine Abwärme eines Abgasstromes einem Clausius Rankine Kreislauf (**1**) mit einem mechanisch mit ei-

nem Generator (10) verbundenen Expander (6) und einem Ölkreislauf (2) zur Verfügung gestellt wird, wobei aus der Abwärme des Abgasstromes mittels dem Expander (6) und dem Generator (10) elektrische Energie erzeugt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abwärme des Abgasstromes erst dem Clausius Rankine Kreislauf (1) und anschließend dem Ölkreislauf (2) zugeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die dem Clausius Rankine Kreislauf (1) zur Verfügung gestellte Abwärmemenge dosierbar, insbesondere regelbar ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine Ölabscheidung aus dem Arbeitsmedium des Clausius Rankine Kreislaufes (1) stufenweise erfolgt, wobei in der ersten Stufe der Ölabscheidung in Flüssig- und Gasphase sowie in der zweiten Stufe der Ölabscheidung die flüssigen Arbeitsmedien nach dem Schwerkraftprinzip getrennt werden.

4. Vorrichtung zur Energieumwandlung, bestehend aus einem Clausius Rankine Kreislauf (1) mit einem mechanisch mit einem Generator (10) verbundenen Expander (6) sowie einem Ölkreislauf (2), wobei über eine Wärmeübertragungseinheit (5) aus einem Abwärmestrom (3) Abwärme eines Abgasstromes an ein Arbeitsmedium des Clausius Rankine Kreislaufes (1) und über ein Wärmetauscher (12) Abwärme des Abgasstromes an ein Arbeitsmedium des Ölkreislaufes (2) übertragen werden, wobei der Abwärmestrom (3) über eine Abgasleitung (27) bereitgestellt wird und aus der übertragenen Abwärme des Abgasstromes mittels dem Expander (6) und dem Generator (10) elektrische Energie erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, dass in Strömungsrichtung des Abwärmestromes (3) in Abgasleitung (27) die Wärmeübertragungseinheit (5) und der Wärmetauscher (12) in Reihe angeordnet sind.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass parallel zu der Wärmeübertragungseinheit (5) ein Bypass (14) angeordnet ist, wobei der Bypass (14) ein Ventil (15) aufweist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmeübertragungseinheit (5) aus einem Erhitzer (16) und einem Verdampfer (17) besteht, wobei:

- in Reihe und in Strömungsrichtung des Abwärmestromes (5) erst der Verdampfer (17) und anschließend der Erhitzer (16) angeordnet ist und
- parallel zu dem Erhitzer (16) ein Bypass (18) angeordnet ist, wobei der Bypass (18) ein Ventil (19) aufweist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der

- Clausius Rankine Kreislauf (1) in Reihe und in Strömungsrichtung den Erhitzer (16), den Verdampfer (17), den Expander (6), einen Ölabscheider (7), einen Kondensator (8), eine Pumpe (4) aufweist, wobei der Expander (6) mechanisch über eine Welle (9) mit dem Generator (10) verbunden ist und
- der Ölkreislauf (2) in Reihe und in Strömungsrichtung den Expander (6), den Ölabscheider (7), eine Pumpe (11) und den Wärmetauscher (12) aufweist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass im Ölkreislauf (2) strömungstechnisch parallel zum Wärmetauscher (12) ein Rekuperator (13) mit einem vorgeschalteten Ventil (34) angeordnet ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass im Clausius Rankine Kreislauf (1) zwischen dem Kondensator (8) und der Pumpe (4) ein Ölabscheider (22) mit einer Rückführung (23) in den Ölkreislauf (2) angeordnet ist, wobei die Rückführung (23) im Ölkreislauf (2) zwischen dem Ölabscheider (7) und der Pumpe (11) mündet.

10. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Erhitzer (16) und dem Verdampfer (17) eine Zerstäubungsvorrichtung zum Zerstäuben des erhitzten Arbeitsmediums des Clausius Rankine Kreislaufes (1) angeordnet ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

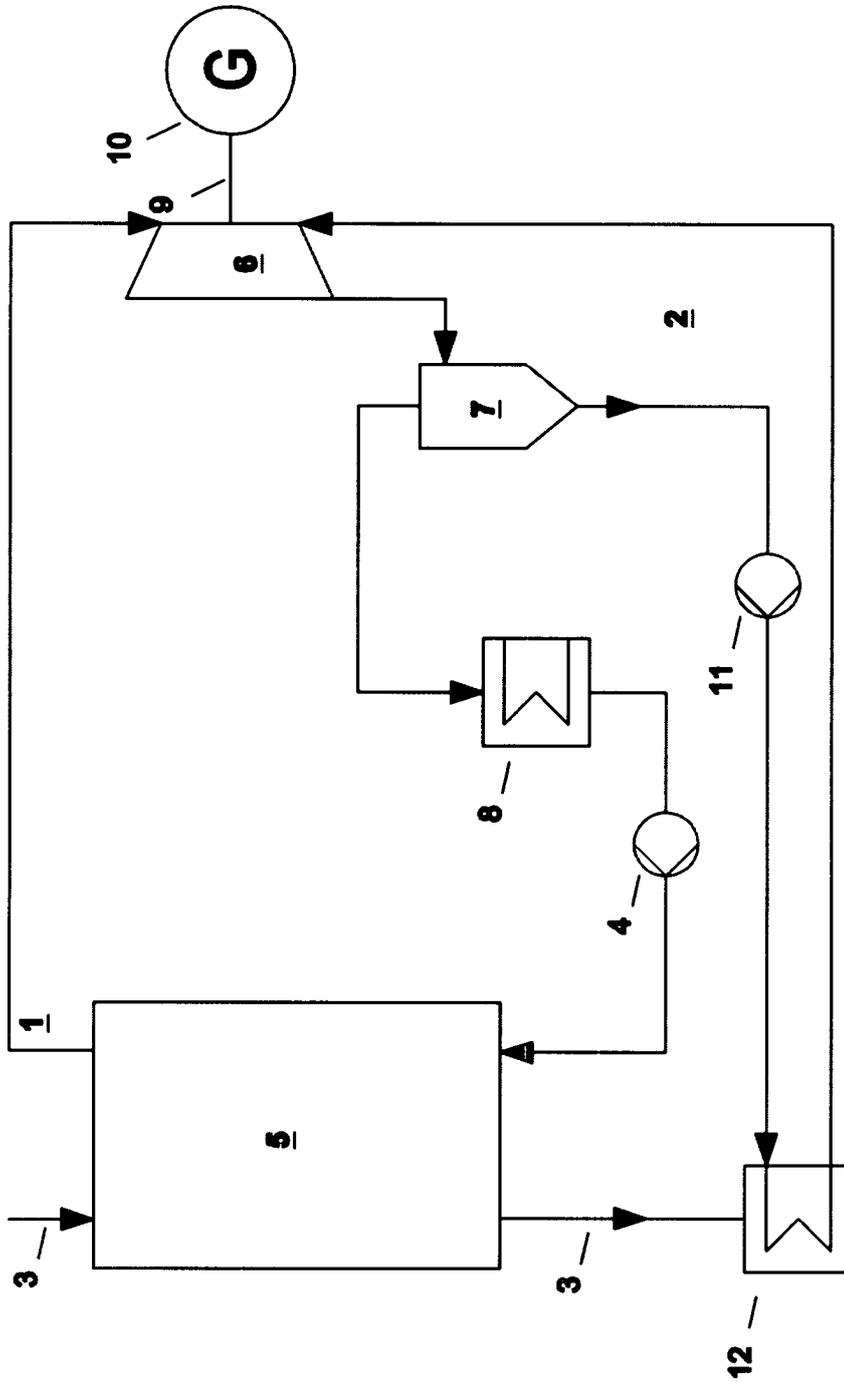


Fig. 1

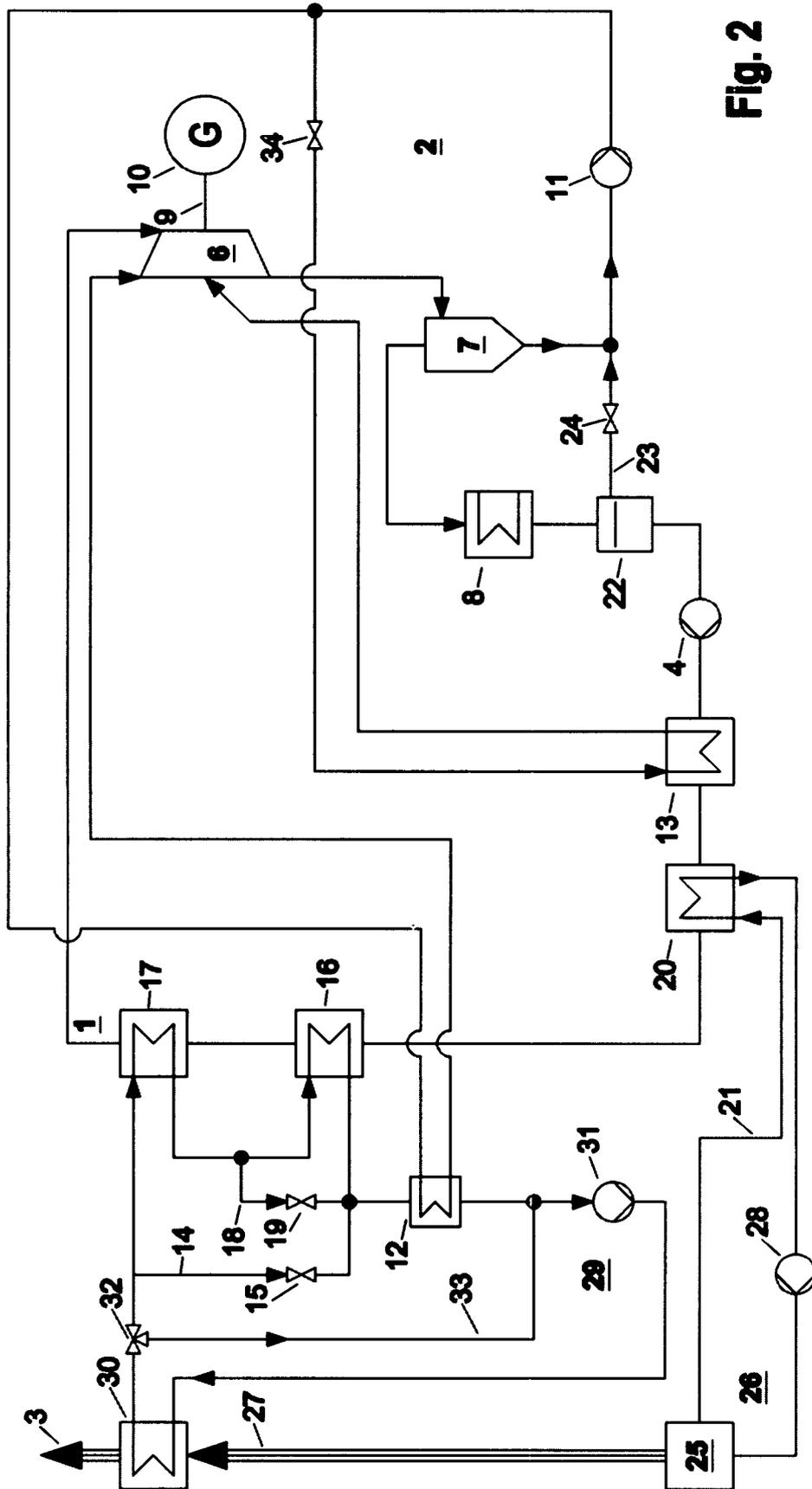


Fig. 2