

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
05. Dezember 2019 (05.12.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/227117 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F01K 7/34 (2006.01) F01K 7/38 (2006.01)
F01K 19/10 (2006.01) F01K 25/10 (2006.01)
F01K 7/36 (2006.01)

(72) Erfinder: **KRAIL, Jürgen**; Zeisel Neuriss 33/6, 7082 Donnerskirchen (AT). **BECKMANN, Georg**; Anton Baumgartner Straße 44/B7/016, 1230 Wien (AT).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT2019/060179

(74) Anwalt: **SONN & PARTNER PATENTANWÄLTE**; Riemergasse 14, 1010 Wien (AT).

(22) Internationales Anmeldedatum:
28. Mai 2019 (28.05.2019)

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

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
A 154/2018 29. Mai 2018 (29.05.2018) AT

(71) Anmelder: **FACHHOCHSCHULE BURGENLAND GMBH** [AT/AT]; Campus 1, 7000 Eisenstadt (AT).

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR CONVERTING THERMAL ENERGY INTO MECHANICAL OR ELECTRICAL ENERGY

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR WANDLUNG VON THERMISCHER IN MECHANISCHE BZW. ELEKTRISCHE ENERGIE

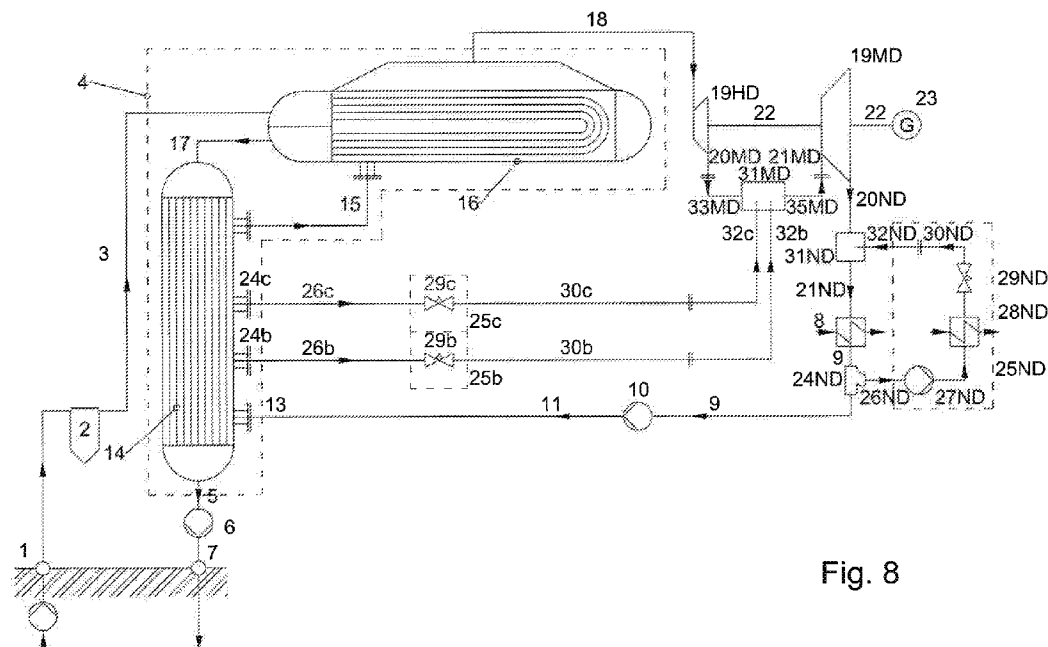


Fig. 8

(57) Abstract: The invention is intended to increase the energy efficiency and cost efficiency of Clausius-Rankine cycles, in particular for utilizing low-temperature heat, and to avoid the disadvantages of the processes that have become known. The heat-absorbing part of the cycle is provided with branches (24), which branch off flows from the main flow of the medium used in the cycle, connect them to mixers (31), in which the branched-off flows are mixed with the exhaust steam from exhaust-steam lines (20) of the expansion engines or the turbines (19), and these mixed steam flows are reintroduced into the cycle by way of cold exhaust-steam lines (21). A significant increase in the energy efficiency is obtained when using media of the "dry" fluid class in the cycle, by virtue of the fact that the flows mixed in evaporate completely, in return for which there is overheating in the main flow, and a greater flow of steam is available to the



WO 2019/227117 A1

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

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

medium-pressure turbine (19MD) for expansion, which leads to extra power at the turbines of 10 to 15%.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung soll die Energie- und Kosteneffizienz der Clausius-Rankine-Kreisprozesse, insbesondere für die Nutzung von Niedertemperaturwärmen, erhöhen und die Nachteile der bekanntgewordenen Prozesse vermeiden. Im wärmeaufnehmenden Teil des Kreisprozesses sind Abzweigungen (24) vorgesehen, welche Ströme aus den Hauptstrom des Kreislaufmediums abzweigen, diese mit Mischern (31) verbinden, in welchen die abgezweigten Ströme mit dem Abdampf aus Abdampfleitungen (20) der Expansionsmaschinen oder der Turbinen (19) vermischt werden und dieser vermischte Dampfstrom über Kalte Abdampfleitungen (21) im Kreisprozess weitergeführt werden. Ein signifikanter Anstieg der Energieeffizienz ergibt sich bei der Anwendung von Kreislaufmedien der „trocknenden“ Fluidklasse daraus, dass die zugemischten Ströme, auf Kosten der Überhitzung im Hauptstrom, vollständig verdampfen, und der Mitteldruck- Turbine (19MD) ein höherer Dampfstrom zur Expansion zur Verfügung steht, was zu einer Mehrleistung an den Turbinen von 10 bis 15 % führt.

Verfahren und Vorrichtung zur Wandlung von thermischer in mechanische bzw. elektrische Energie

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steigerung der Energieeffizienz in Clausius-Rankine-Kreisprozessen. In diesem erfindungsgemäßen thermodynamischen Kreisprozess wird Wärme unter Verwendung von Kreislaufmedien effizient in mechanische bzw. elektrische Energie umgewandelt.

Für die Nutzung von Wärmequellen, insbesondere mit niedrigen Temperaturniveaus, wie z. B. bei (industriellen) Abwärmern, bei der Geothermie und bei der solarthermischen Nutzung, kommen auch Kreislaufmedien zur Anwendung, die nicht aus Wasser/Dampf bestehen; es sind dies z. B. Ethanol und organische Kreislaufmedien (genutzt im sog. Organic Rankine Cycle „ORC“ - Prozessen). Diese in Frage kommenden alternativen Kreislaufmedien haben in der Regel einen höheren Dampfdruck und eine geringere Verdampfungsenthalpie als Wasser/Dampf und könnten an sich die zur Verfügung stehende Wärmequelle besser nutzen; vielfach werden diese Kreislaufmedien in hermetisch geschlossenen Kreisläufen geführt. Die meisten dieser Kreislaufmedien gehören der „trockenen“ bzw. „trocknenden“ Fluidklasse an, bei welcher der Sattedampf bei einer Expansion nicht in das Nassdampfgebiet expandiert, sondern sich von der Sattedampfkurve entfernt und überhitzt (trocknet); dieser Umstand wird allgemein als Vorteil gesehen, was für den Betrieb der Expansionsmaschine sicher zutrifft, für die Energieeffizienz des Gesamtprozesses jedoch nachteilig sein kann, wie nachstehend erläutert wird.

Die Fig. 1 zeigt ein entsprechendes Kreislaufschema, anhand eines ORC-Prozesses, gemäß dem bisherigen Stand der Technik, welches beispielsweise für die Anwendung in geothermischen Kraftwerken erläutert wird; hier ist die Geothermie die

Wärmequelle und das geothermische Wasser der Wärmeträger, mit dem die Wärme zum Kreisprozess transportiert wird. Das geothermische Wasser („Thermalwasser“) aus der Produktionsbohrung (1) gelangt über ein Filter (2) und über eine Thermalwasserleitung (3) in den Dampferzeuger (4), wo dieses seine Wärme abgibt und abgekühlt wird; das abgekühlte Thermalwasser gelangt über eine Rücklaufleitung (5) zur Rückförpumppe (6), welche das abgekühlte Thermalwasser zur Verpressbohrung (7) fördert.

Betrachtet man den ORC-Prozess, so wird das Kondensat aus dem Abdampfkondensator (8), welches nahezu Umgebungstemperatur hat, über die Kondensatleitung (9) zur Kondensatpumpe (10) geführt; diese fördert das Kondensat über die Speiseleitung (11) üblicherweise zum Rekuperator (12); das dort vorgewärmte Kondensat wird über die Kesselspeiseleitung (13) dem Dampferzeuger (4) zugeführt, welcher in der unterkritischen Betriebsweise einen Vorwärmer (14) und, verbunden über eine Verbindungsleitung (15), einen Verdampfer (16), gegebenenfalls mit einem anschließenden Überhitzer, aufweist, welcher den Frischdampf erzeugt. Der Verbindungskanal (17) verbindet auf der Seite des Thermalwassers den Verdampfer (16) und den Vorwärmer (14). Der im Dampferzeuger (4) erzeugte Frischdampf, gesättigt oder allenfalls leicht überhitzt, wird über eine Frischdampfleitung (18) der Expansionsmaschine bzw. der Turbine (19) zugeführt, wo dieser expandiert; der Turbinenabdampf, der bei trockenen Kreislaufmedien noch eine beträchtliche Überhitzung (bezüglich der Temperatur und des Wärmeinhaltes) in sich trägt, wird über die Abdampfleitung (20) abgeleitet, im Rekuperator (12) bis knapp an seine Sättigungstemperatur gekühlt und gelangt über die Kalte Abdampfleitung (21) in den Abdampfkondensator (8), wo dieser als Kondensat niedergeschlagen wird; damit ist der Kreislauf geschlossen. Die Turbinenwelle

(22) der Turbine (19) gibt mechanische Energie ab bzw. treibt den Generator (23) zur Stromerzeugung an.

Wegen der Vorwärmung des Kreislaufmediums im Rekuperator (12) kann der Dampferzeuger das verfügbare Thermalwasser nur zu einem begrenzten Anteil abkühlen, was sich nachteilig auf die Energieeffizienz des Gesamtprozesses auswirkt. Ließe man den Rekuperator (12) weg, so könnte man dem Thermalwasser zwar einen zusätzlichen Wärmebetrag entnehmen, welcher die abzuführende Leistung am Abdampfkondensator (8) erhöht, sodass damit keine Effizienzsteigerung zu erreichen ist.

Das Beispiel zeigt die Anwendung in geothermischen Kraftwerken, jedoch können, in analoger Weise anstatt des Thermalwassers, auch andere (flüssige, dampfförmige und gasförmige) Wärmeträger, z. B. auch Heißwasserströme aus großen Kondensatnetzen, oder heiße Wärmeträgerölströme aus Wärmerückgewinnungsanlagen, Abgas-, Heißluft- oder Druckluftströme einer Nutzung zur Stromerzeugung zugeführt werden.

Die Patentschrift DE 10 2012 220 188 B4 zeigt z. B. wie in symbiotischer Weise ein ORC-Prozess zur Nutzung der Zwischenkühlung in Verdichterstationen genutzt werden kann, um die Antriebsleistungen derartiger Verdichterstationen zu verringern, indem die Turbine des ORC-Prozesses, z. B. über eine Antriebswelle, mit der Verdichterstation gekoppelt ist, um die erforderliche Antriebsleistung dieser Verdichterstation zu verringern; der dazu vorgeschlagene ORC-Prozess, abgesehen von seiner durchaus ambitionierten Integration in die Gasverdichterstation, entspricht aber nach wie vor dem Stand der Technik.

Es hat nicht an weiteren Vorschlägen gefehlt, die Attraktivität und die Effizienz des ORC-Prozesses zu verbessern. Wenn man den Aspekt fokussiert, dass man die verfügbare Wärmequelle und ihren Wärmeträger möglichst weitgehend (und nutzbringend) abkühlt, sind im Wesentlichen zwei Strategien bekannt:

a. Der Zwei- oder Mehrdruckprozess: Die Patentschrift DE 11 2010 003 230 B4 offenbart ein thermodynamisches System, bei welchem zwei Abwärmeströme mit verschiedenen Abwärmemperaturen nicht in einem einzigen Eindruck-Kessel (also im Eindruckprozess), sondern in separaten Hochdruck (HD)- und Niederdruck (ND)-Siedekesseln genutzt werden und die aus einem einzelnen organischen Fluid stammenden HD- und ND-Dämpfe in auf einer gemeinsamen Welle sitzenden Turbinen expandiert werden. Es wäre denkbar, auch einen einzigen Wärmestrom (z. B. Thermalwasser) zunächst durch den HD- und dann durch den ND-Kessel fließen zu lassen, wodurch die angestrebte weitere Abkühlung des Thermalwassers, verbunden mit einer Erhöhung der Stromausbeute, zu erreichen wäre. Dieser erhöhten Energieeffizienz stünden aber einschätzungsgemäß um den Faktor von 1,23 höhere Anlagekosten gegenüber, da statt eines Kreislaufes mit einer Gesamtleistung beim Eindruckprozess nun zwei Kreisläufe, mit jeweils der halben Gesamtleistung, erforderlich wären, wodurch sich bei einem Anlagekostendegressions-Exponent von 0,7 (vergl. auch PERRY's Chemical Engineering Handbook) der Faktor zu $2 \cdot (1/2)^{0,7} = 1,23$ ergibt, also die Anlagekosten um 23% höher sind als im Vergleichsfallfall eines Eindruckprozesses.

b. Die Einspritzung von flüssigem Kreislaufmedium oder von vollständig vorgewärmtem Kreislaufmedium direkt in die Turbine bzw. in die Expansionsmaschine, wird im US-Patent 5,555,731 bzw. in der internationalen Veröffentlichungs-Nummer WO 2017/008972A1 geoffenbart. Beide Vorschläge würden ein neues Konzept der Turbine bzw. der Expansionsmaschine erfordern; über die

Verfügbarkeit und Anwendung einer derartigen Turbine bzw. Expansionsmaschine liegen zurzeit keine Informationen vor, sodass diese Strategie nur als Stand des Wissens zu quantifizieren ist und nicht als gängige Praxis. Ob die kurze Aufenthaltszeit in der Turbine bzw. in der Expansionsmaschine, im Bereich von hundertstel Sekunden, überhaupt ausreicht, um das eingespritzte Kreislaufmedium komplett zu verdampfen, bleibt dahingestellt.

Alle unter den Punkten a. und b. genannten Patente bzw. Patentschriften offenbaren thermodynamische Systeme in der unterkritischen Prozessführung, sodass bei diesen Patentvorschlägen auf das zusätzliche Potential der Effizienzsteigerung durch eine überkritische Prozessführung verzichtet wird. Der gegenständliche Erfindungsvorschlag eignet sich demgegenüber auch trefflich für eine überkritische Prozessführung, wie in den nachfolgenden Beschreibungen ausgeführt wird, sodass das Potential der überkritischen Prozessführung effizienzsteigernd und zusätzlich genutzt werden kann.

Die Erfindung hat sich die Aufgabe gestellt, die Energie- und Kosteneffizienz des Clausius-Rankine-Kreisprozesses, insbesondere für die angesprochene Nutzung von Ab- und Niedertemperatur-Wärmen, zu erhöhen und trotzdem die angeführten Nachteile der bekannten Prozesse zu vermeiden.

Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zur Steigerung der Energieeffizienz in Clausius-Rankine-Kreisprozessen zur Nutzung von Wärme aus Wärmequellen, insbesondere mit niedrigen Temperaturniveaus, welche dem Kreisprozess zur Verfügung gestellt wird und dort in mechanische bzw. elektrische Energie umgewandelt werden, bei welcher ein Kondensat eines Kreislaufmediums über eine Kondensatleitung einer Kondensatpumpe

zugeführt und durch diese druckerhöht wird, dieses Kreislaufmedium in einem Dampferzeuger unter Wärmeaufnahme aus der Wärmequelle verdampft sowie gegebenenfalls überhitzt und dieser Dampf über eine Frischdampfleitung einer Expansionsmaschine oder Turbine zur Erzeugung der mechanischen Energie zugeführt wird, dort expandiert und der Abdampf der Expansionsmaschine oder Turbine unter Abgabe der Restwärme außerhalb des Kreisprozesses kondensiert, dadurch gekennzeichnet, dass im wärmeaufnehmenden Teil des Kreisprozesses, zwischen einer Kondensatleitung (9) und einer Frischdampfleitung (18), mindestens eine Abzweigung (24) vorgesehen ist, welche einen Strom aus dem Hauptstrom des Kreislaufmediums abzweigt, diesen über einen Zulauf (26) zu einer Verbindungsstrecke (25), gegebenenfalls beinhaltend Förderpumpen (27), Wärmetauscher (28) und Armaturen (29), führt und über einen Ablauf (30), welcher in einem Zumischeintritt (32) eines Mischers (31) mündet, in welchem der abgezweigte Strom mit dem Abdampf aus einer Abdampfleitung (20) einer Expansionsmaschine oder einer Turbine (19), zur Verfügung gestellt über eine Dampfzuleitung (33), vermischt wird und dieser vermischte Strom über eine Dampfableitung (35) und eine Kalte Abdampfleitung (21) im Kreisprozess zurück- und weitergeführt wird (Fig. 2, Fig. 8).

Weiters ist das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet,

dass das Kreislaufmedium Wasser bzw. Dampf oder Kohlendioxid oder auch eine andere anorganische chemische Verbindung ist;

dass das Kreislaufmedium Ethanol oder auch eine andere organische chemische Verbindung ist;

dass das Kreislaufmedium ein synthetisches Kreislaufmedium ist;

dass das Kreislaufmedium ein Gemisch ist, welches aus zwei oder mehreren Komponenten besteht;

dass das Kreislaufmedium ein Gemisch mit einem erniedrigten Gefrierpunkt, also ein Frostschutzgemisch, wie z. B. Wasser und Glykol oder Ethanol, ist;

dass das Kreislaufmedium eine zeotrope Gemisch ist, welches sich während der Wärmeaufnahme auseinander destilliert;

dass das Kreislaufmedium ein sorptives Gemisch ist, welches während der Wärmeaufnahme die leichterflüchtige Komponente desorbiert und während der Mischung diese absorbiert;

dass das Kreislaufmedium der trockenen Klasse angehört, welche sich bei einer Expansion von dem Nassdampfgebiet entfernt;

dass das Kreislaufmedium in einem Dampferzeuger unterkritisch betrieben wird und der Dampferzeuger (4) Heizflächen zur Vorwärmung (14), zur Verdampfung (16) und gegebenenfalls zur Überhitzung des Kreislaufmediums aufweist (Fig. 2, Fig. 8);

dass das Kreislaufmedium im Dampferzeuger überkritisch betrieben wird und der Dampferzeuger (4) Heizflächen zur Vorwärmung (14) und zur Nachwärmung (16) des Kreislaufmediums aufweist (Fig. 2);

dass eine Speiseleitung (11) an eine Kesselspeiseleitung (13), gegebenenfalls über eine Armatur und oder eine Abzweigung (24a), schließt (Fig. 8, Fig. 2);

dass die Anzahl der Abzweigungen (24) größer ist als die Anzahl der Mischer (31) (Fig. 2, Fig. 8);

dass mindestens ein Mischer, vorzugsweise der Mitteldruck-Mischer (31MD), zwei oder mehrere Zumischeintritte, vorzugsweise die beiden Zumischeintritte (32 b und 32 c), aufweist (Fig. 2, Fig. 8);

dass der Mischer (31) eine Düse oder eine Düsendruppe (34) aufweist, mit welcher der abgezweigte Strom in das Innere des Mixers eingebracht wird (Fig. 4);

dass der Mischer (31) Füllkörper (36) aufweist, welche über eine Verrieselungseinrichtung (37) mit dem abgezweigten Strom berieselt werden (Fig. 5);

dass dem Mischer (31) ein Flüssigkeitsabscheider (40) nachgeschaltet ist (Fig. 6);

dass dem Mitteldruck- Mischer (31MD), gegebenenfalls mit dem nachgeschalteten Flüssigkeitsabscheider (40), eine Mitteldruck-Turbine (19MD) nachgeschaltet ist (Fig. 2, Fig. 8);

dass dem Niederdruck- Mischer (31ND) ein Abdampfkondensator (8) nachgeschaltet ist (Fig. 2, Fig. 8);

dass der Wärmetauscher (28ND) in der Verbindungsstrecke (25ND) zum Niederdruck- Mischer (31ND) die Wärme außerhalb des Kreisprozesses abgibt (Fig. 2, Fig. 8);

dass der Wärmetauscher (28ND) in der Verbindungsstrecke (25ND) zum Niederdruck- Mischer (31ND) die Überhitzungs- und die Kondensationswärme des Abdampfes der Abdampfleitung (20ND) abführt, sodass die Enthitzung und Kondensation des Abdampfes im Niederdruck- Mischer (31ND) erfolgt und aus der kalten Abdampfleitung (21ND) Kondensat kommt und dieses Kondensat

direkt in die Kondensatleitung (9) geführt wird (Fig. 2, Fig. 8);

dass eine Abzweigung (24b und/oder 24c) vor dem Ende eines Vorwärmers (14) erfolgt, welches durch das Erreichen der geringsten Temperaturdifferenz zwischen dem Wärmeträger und dem Kreislaufmedium charakterisiert ist (Fig. 2, Fig. 7, Fig. 8);

dass Abzweigungen (24b und/oder 24c) von Verteilern und/oder Sammlern (43) des Vorwärmers (14), seiner Heizflächenpakete (42) oder seinen Verbindungsleitungen erfolgen (Fig. 7);

dass Abzweigungen (24b und/oder 24c) vom Mantelraum des Vorwärmers (14), bei welchem der Wärmeträger auf der Rohrseite geführt wird, erfolgen (Fig. 8);

dass innerhalb der Verbindungsstrecken (25a, 25b, 25c oder 25HD) die jeweiligen Wärmetauscher (28a, 28b, 28c bzw. 28HD) von einer weiteren, externen Wärmequelle beheizt werden;

dass der Wärmetauscher (28) der Verbindungsstrecke (25) vor, nach oder parallel zum Vorwärmer (14) angeordnet ist und dieser vom Strom oder Teilstrom des Wärmeträgers beheizt wird (Fig. 9);

dass der Wärmetauscher (28) von einem abgezweigten Strom des Wärmeträgers beheizt wird, indem im Bereich des Vorwärmers (14) von der Wärmeträgerseite dieser abgezweigte Strom über eine Bypassabzweigung (44) und ggf. über eine Bypassklappe (45) entnommen und nach der Wärmeabgabe über eine Bypassrückführleitung (46) dem Hauptstrom zugeführt wird (Fig. 10);

dass der Durchsatz und der Zustand des Ablaufes (30) der Verbindungsstrecke (25) durch die Förderpumpe (27), oder den Wärmetauscher (28), oder die Armatur (29) derart geregelt wird, dass der Zustand in der Kalten Abdampfleitung (21) nahe der Sättigungslinie zu liegen kommt (Fig. 3);

dass der Durchsatz des Zustroms zur Verbindungsstrecke (25) über die Bypassabzweigung (44) und die Bypassregelklappe (45) derart geregelt wird, dass die Temperatur des Kreislaufmediums in der Bypassrückführleitung (46) und in einer Rücklaufleitung (5) des Wärmeträgers nahezu gleich ist (Fig. 10);

dass die Abzweigung (24 b und/oder 24c) an jenem Ort erfolgt, wo die Vorwärmtemperatur an dieser Abzweigung gleich oder höher ist als die Dampfsättigungstemperatur in der Abdampfleitung (20MD).

Die Erfindung beschreibt eine Energieumwandlungsvorrichtung zur Steigerung der Energieeffizienz in Clausius-Rankine-Kreisprozessen zur Nutzung von Wärme aus Wärmequellen, insbesondere mit niedrigen Temperaturniveaus, welche dem Kreisprozess zur Verfügung gestellt wird und dort in mechanische bzw. elektrische Energie umgewandelt werden, bei welcher ein Kondensat eines Kreislaufmediums über eine Kondensatleitung einer Kondensatpumpe zugeführt und durch diese druckerhöht wird, dieses Kreislaufmedium in einem Dampferzeuger unter Wärmeaufnahme aus der Wärmequelle verdampft sowie gegebenenfalls überhitzt und dieser Dampf über eine Frischdampfleitung einer Expansionsmaschine oder Turbine zur Erzeugung der mechanischen Energie zugeführt wird, dort expandiert und der Abdampf der Expansionsmaschine oder Turbine unter Abgabe der Restwärme außerhalb des Kreisprozesses kondensiert, dadurch gekennzeichnet, dass im wärmeaufnehmenden Teil der Energieumwandlungsvorrichtung, zwischen der Kondensatleitung (9) und der Frischdampfleitung (18), mindestens eine Abzweigung (24)

vorgesehen ist, welche einen Strom aus dem Hauptstrom des Kreislaufmediums abzweigt, diesen über einen Zulauf (26) zu der Verbindungsstrecke (25), gegebenenfalls beinhaltend Förderpumpen (27), Wärmetauscher (28) und Armaturen (29), führt und über einen Ablauf (30), der in einem Zumscheintritt (32) des Mischers (31) mündet, welcher den abgezweigten Strom mit dem Abdampf aus der Abdampfleitung (20) der Expansionsmaschine oder der Turbine (19), zur Verfügung gestellt über die Dampfzuleitung (33), vermischt und dieser vermischte Strom über die Dampfableitung (35) und die Kalte Abdampfleitung (21) im Kreisprozess zurück- und weitergeführt wird (Fig. 2, Fig. 8).

Weiters ist die Energieumwandlungsvorrichtung dadurch gekennzeichnet,

dass die Vorrichtung einen Dampferzeuger (4) mit Heizflächen zur Vorwärmung (14), zur Verdampfung (16) und gegebenenfalls zur Überhitzung des Kreislaufmediums aufweist und das Kreislaufmedium im Dampferzeuger unterkritisch betrieben wird (Fig. 2, Fig. 8);

dass die Vorrichtung einen Dampferzeuger (4) mit Heizflächen zur Vorwärmung (14) und zur Nachwärmung (16) des Kreislaufmediums aufweist und das Kreislaufmedium im Dampferzeuger überkritisch betrieben wird (Fig. 2);

dass die Speiseleitung (11) an die Kesselspeiseleitung (13), gegebenenfalls über eine Armatur und oder eine Abzweigung (24a), schließt (Fig. 8, Fig. 2);

dass die Anzahl der Abzweigungen (24) größer ist als die Anzahl der Mischer (31) (Fig. 2, Fig. 8);

dass mindestens ein Mischer, vorzugsweise der Mitteldruck-Mischer (31MD), zwei oder mehrere Zumischeintritte, vorzugsweise die beiden Zumischeintritte (32 b und 32 c), aufweist (Fig. 2, Fig. 8);

dass der Mischer (31) eine Düse oder eine Düsengruppe (34) aufweist, mit welcher der abgezweigte Strom in das Innere des Mixers eingebracht wird (Fig. 4);

dass der Mischer (31) Füllkörper (36) aufweist, welche über die Verrieselungseinrichtung (37) mit dem abgezweigten Strom berieselt werden (Fig. 5);

dass dem Mischer (31) ein Flüssigkeitsabscheider (40) nachgeschaltet ist (Fig. 6);

dass dem Mitteldruck-Mischer (31MD), gegebenenfalls mit dem nachgeschalteten Flüssigkeitsabscheider (40), eine Mitteldruck-Turbine (19MD) nachgeschaltet ist (Fig. 2, Fig. 8);

dass dem Niederdruck-Mischer (31ND) der Abdampfkondensator (8) nachgeschaltet ist (Fig. 2, Fig. 8);

dass der Wärmetauscher (28ND) in der Verbindungsstrecke (25ND) zum Niederdruck-Mischer (31ND) die Wärme außerhalb des Kreisprozesses abgibt (Fig. 2, Fig. 8);

dass der Wärmetauscher (28ND) in der Verbindungsstrecke (25ND) zum Niederdruck-Mischer (31ND) die Überhitzungs- und die Kondensationswärme des Abdampfes der Abdampfleitung (20ND) abführt, sodass die Enthitzung und Kondensation des Abdampfes im Niederdruck-Mischer (31ND) erfolgt und aus der kalten Abdampfleitung (21ND) Kondensat kommt und dieses Kondensat

direkt in die Kondensatleitung (9) geführt wird (Fig. 2, Fig. 8);

dass eine Abzweigung (24b und/oder 24c) vor dem Ende des Vorwärmers (14) erfolgt, welches durch das Erreichen der geringsten Temperaturdifferenz zwischen dem Wärmeträger und dem Kreislaufmedium charakterisiert ist (Fig. 2, Fig. 7, Fig. 8);

dass Abzweigungen (24b und/oder 24c) von Verteilern und/oder Sammlern (43) des Vorwärmers (14), seiner Heizflächenpakete (42) oder seinen Verbindungsleitungen erfolgen (Fig. 7);

dass Abzweigungen (24b und/oder 24c) vom Mantelraum des Vorwärmers (14), bei welchem der Wärmeträger auf der Rohrseite geführt wird, erfolgen (Fig. 8);

dass innerhalb der Verbindungsstrecken (25a, 25b, 25c oder 25HD) die jeweiligen Wärmetauscher (28a, 28b, 28c bzw. 28HD) von einer weiteren, externen Wärmequelle beheizt werden;

dass der Wärmetauscher (28) der Verbindungsstrecke (25) vor, nach oder parallel zum Vorwärmer (14) angeordnet ist und dieser vom Strom oder Teilstrom des Wärmeträgers beheizt wird (Fig. 9);

dass der Wärmetauscher (28) von einem abgezweigten Strom des Wärmeträgers beheizt wird, indem im Bereich des Vorwärmers (14) von der Wärmeträgerseite dieser abgezweigte Strom über die Bypassabzweigung (44) und ggf. über eine Bypassklappe (45) entnommen und nach der Wärmeabgabe über die Bypassrückführleitung (46) dem Hauptstrom zugeführt wird (Fig. 10);

dass der Durchsatz und der Zustand des Ablaufes (30) der Verbindungsstrecke (25) durch die Förderpumpe (27), oder den Wärmetauscher (28), oder die Armatur (29) derart geregelt wird, dass der Zustand in der Kalten Abdampfleitung (21) nahe der Sättigungslinie zu liegen kommt (Fig. 3);

dass der Durchsatz des Zustroms zur Verbindungsstrecke (25) über die Bypassabzweigung (44) und die Bypassregelklappe (45) derart geregelt wird, dass die Temperatur des Kreislaufmediums in der Bypassrückführleitung (46) und in der Rücklaufleitung (5) des Wärmeträgers nahezu gleich ist (Fig. 10);

dass die Abzweigung (24 b und/oder 24c) an jenem Ort erfolgt, wo die Vorwärmtemperatur an dieser Abzweigung gleich oder höher ist als die Dampfsättigungstemperatur in der Abdampfleitung (20MD).

Die folgenden Zeichnungen erläutern den Erfindungsgedanken:

Fig. 1 zeigt den bekanntgewordenen, praktizierten und bereits beschriebenen Stand der Technik bei ORC-Prozessen.

Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen gemäß den darauffolgenden Zeichnungen näher erläutert:

Fig. 2 zeigt ein beispielhaftes, vereinfachtes Verfahrensfließbild.

Fig. 3 zeigt das dazugehörige T(s) - Diagramm.

Die Figuren 4 bis 6 offenbaren beispielsweise Ausführungsformen für den Mischer, und

die Figuren 7 bis 10 vorteilhafte Integrationen von erfindungsgemäßen Merkmalen mit der Dampferzeugung.

Die Fig. 8 zeigt hierin ein Gesamt-Verfahrensfließbild mit einem Dampferzeuger, bei dem das Kreislaufmedium mantelseitig geführt wird.

Die Fig. 2 zeigt das Schema des erfindungsgemäßen Kreisprozesses: der erfindungsgemäße Kreisprozess hat keinen

Rekuperator, jedoch sind einige Komponenten ähnlich wie im ORC-Kreisprozess gemäß dem derzeitigen Stand der Technik. Im wärmeaufnehmenden Abschnitt, zwischen der Kondensatleitung (9) und der Frischdampfleitung (18), welche in die Turbine (19) mündet, sind jedoch ein, zwei oder mehrere Abzweigungen (24) vorgesehen, welche Ströme vom Hauptstrom des wärmeaufnehmenden Kreislaufmediums abzweigen; diese abgezweigten Ströme werden über ein, zwei oder mehrere Verbindungsstrecken (25), bestehend aus jeweils einem Zulauf (26), ggf. Förderpumpen (27), Wärmetauschern (28) und Armaturen (29) sowie jeweils einem Ablauf (30), dem in der Abdampfleitung (20) befindlichen Abdampf einer Turbine (19) über ein, zwei oder mehreren Mischern (31) dem Hauptstrom wieder zugeführt. Der Mischer (31) hat hauptstromseitig eine Dampfzuleitung (33) für den Abdampf und eine Dampfableitung (35) für den Kalten Abdampf; auf Seite des abgezweigten Stroms hat der Mischer in der Regel einen Zumischeintritt (32), es können aber auch, wie im gezeigten Fall zwei (32b und 32c) sein, oder es können sogar noch mehrere Zumischeintritte sinnvoll sein. Das Verschalten der Abzweigungen und Verbindungsstrecken, bis hin zum oder zu den Mischern kann vielfältig erfolgen. Im gezeigten Fall, bei welchem die Gesamtexpansion in einer Hochdruck- Turbine (19HD) und einer Mitteldruck- Turbine (19MD) erfolgt, ist ein Mitteldruck- Mischer (31MD) zwischen der Abdampfleitung (20MD) und der Kalten Abdampfleitung (21MD) vorgesehen. Der signifikante Anstieg der Energieeffizienz ergibt sich daraus, dass der zugemischte abgezweigte Strom, auf Kosten der Überhitzung im Hauptstrom, vollständig verdampft, und der Mitteldruck- Turbine (19MD) ein höherer Dampfstrom zur Expansion zur Verfügung steht, was zu einer Mehrleistung an der Mitteldruck- Turbine (19MD) führt. Dieser Effekt kann dadurch gesteigert werden, indem der abgezweigte Strom eine Vorwärmung erfährt, z. B. durch die örtliche Wahl der Abzweigung (24b und/oder 24c) innerhalb des Vorwärmers (14). So ist es möglich, die örtliche Wahl der

Abzweigung (24b und/oder 24c) so zu wählen, dass die Vorwärmtemperatur an dieser Abzweigung kleiner oder gleich der Dampfsättigungstemperatur in der Abdampfleitung (20MD) ist. Bei einer darüberhinausgehenden gesteigerten Vorwärmung des abgezweigten Stroms, gegebenenfalls auch durch die Inanspruchnahme eines Wärmetauschers (28), kann nach der drosselnden Armatur (29) oder im Mischer (31) selbst eine zusätzliche Entspannungsdampferzeugung stattfinden, was eine weitere Steigerung der Energieeffizienz erbringen kann. Der erfindungsgemäße Kreisprozess eignet sich auch trefflich für eine überkritische Prozessführung; bei dieser überkritischen Betriebsweise auf der Dampferzeugerseite, durch die Wahl eines entsprechenden Kreislaufmediums und des Dampferzeugerdrucks, ist die Durchlaufheizfläche (14, 15, 16) gedanklich in einem Vorwärmer (14) und in einen „Nachwärmer“ (16) zu unterteilen, wobei die Vorwärmung im Vorwärmer (14) thermodynamisch dort endet, wo der Temperaturabstand zwischen den Strömen des Wärmeträgers und des Kreislaufmediums am geringsten ist.

Insgesamt erlaubt der vorgeschlagene Prozess durch die niedrigere Temperatur in der Kesselspeiseleitung und dem erhöhten Durchfluss im Vorwärmer eine tiefere Abkühlung der Wärmeträger und dieser Zugewinn an der übertragenen Wärme kommt der Mehrleistung an Strom zugute. Die stärkere Abkühlung des Thermalwassers führt zudem auch außerhalb des Kreisprozesses, im Gesamtprozess der geothermischen Kraftwerksanlage, zu weiteren Vorteilen.

Eine zusätzliche effizienzsteigernde Maßnahme besteht darin, den überhitzten Abdampf aus der Abdampfleitung (20ND) der Mitteldruck- Turbine (19MD) über einen Niederdruck- Mischer (31ND) zu führen, zu enthitzen, und erst dann einen Abdampfkondensator (8), der ein Kondensator mit einer Wärmetauscheroberfläche ist, zuzuführen. Um diesen positiven

Effekt zu erläutern, muss man die Ausgestaltung der betroffenen Apparate mit einbeziehen: mit der vorgeschlagenen Anordnung vermeidet man den schlechten Wärmeübergang des überhitzten Dampfes an die Wärmetauscheroberfläche, welche nur ein Dreißigstel (!) so hoch ist jener des kondensierenden Dampfes. Damit ist nicht nur der Aufwand der vorgeschlagenen Anordnung geringer, sondern auch der Druckabfall in den Apparaten, wobei letztliches direkt die Thermodynamik des Kreisprozesses verbessert. Die resultierende Erhöhung der Energieeffizienz der genannten Maßnahmen kann mit 10 bis 15 % beziffert werden. Die Enthitzung im Mischer (31ND) vor dem Oberflächenkondensator kann naturgemäß gesteigert werden und auch eine (teilweise) Kondensation des Kreislaufmediums beinhalten, indem die Verbindungsstecke (25ND) einen Wärmetauscher (28ND) enthält, welcher Wärme (z. B. an die Umgebung oder auch an eine Wärmeauskopplung) abgibt; im Extremfall kann sogar die nachgeschaltete Oberflächenkondensation im Abdampfkondensator (8) entbehrlich werden.

In einem völlig anderen Anwendungsfall, wenn der Wärmeträger ein feuchtes Abgas, z. B. aus einer Biomasseverbrennung, ist, und durch die niedrige Kesselspeisetemperatur in Teilen des Verdampfers auf der Wärmeträgerseite eine Abgaskondensation stattfindet, sind noch weitere Effizienzsteigerungen möglich.

Der Vollständigkeit halber zeigt die Fig. 3 den erfindungsgemäßen Kreisprozess im $T(s)$ -Diagramm. Dieses Diagramm zeigt zweierlei:

Zum Einen zeigt es die thermodynamischen Eigenschaften des gewählten Kreislaufmediums, charakterisiert durch seine jeweilige Temperatur T , auf der Ordinate, in Abhängigkeit von seiner spezifischen Entropie s , auf der Abszisse, und durch seinen Druck p , auf der entsprechenden Isobaren ($p = \text{const.}$); im

Nassdampfgebiet ist zusätzlich der Parameter der Dampfnässe x erforderlich, wobei $x = 0$ die Siedelinie und $x = 1$ die Sattdampflinie der Sättigungslinie beschreibt. Da die Sattdampflinie „überhängend“ ist und sich bei einer isentropen Expansion ($s = \text{const.}$) der Zustand des Kreislaufmediums von der Sattdampflinie entfernt, also überhitzt, handelt es sich im vorliegenden Falle um ein „trockenes“ Kreislaufmedium, wie z. B. Pentan.

Zum Zweiten skizziert der eingezeichnete, im Uhrzeigersinn laufende, Kurvenzug bereits die Merkmale des Kreisprozesses, mit seinen jeweiligen Zuständen (Temperatur, Druck und Entropie) des Kreislaufmediums.

Zur Vereinfachung und wegen der Übersichtlichkeit sind die Zustände rund um den Mitteldruck- Mischer (31MD) mit nur einer einzigen Abzweigung (24c) vorgesehen und dargestellt. Der abgezweigte Strom aus der Abzweigung (24c) gelangt über den Zulauf (26c) und der Verbindungsstrecke (25c) zu ihrem Ablauf (30c), welcher in den Zumischeintritt (32c) übergeht; da – wieder vereinfachend – innerhalb dieser Verbindungsstrecke kein Wärmetauscher vorgesehen ist, bleiben die Zustände des abgezweigten Stroms nahezu unverändert.

Das Kreislaufmedium der Kesselspeiseleitung (13) wird in den Vorwärmern (14) bis zur Siedegrenze vorgewärmt, in der Verbindungsleitung (15) weitergeleitet, im Verdampfer (16) verdampft und über die Frischdampfleitung (18) zur anschließenden Expansion zur Verfügung gestellt. Die Hochdruck-Turbine (19HD) expandiert den Frischdampf auf Abdampfzustand in der Abdampfleitung (20MD); da es sich im gezeigten Beispiel um ein Kreislaufmedium der „trockenen“ Fluidklasse handelt, überhitzt der Dampf während der Expansion. Die Überhitzung des Abdampfes aus der Mitteldruck- Abdampfleitung (20MD) wird im

Mitteldruck- Mischer (31MD) durch die kontrollierte Zumischung des abgezweigten Stroms der Abzweigung (24c), welcher über den Zulauf (26c), die Verbindungsstrecke (25c), den Ablauf (30c) und den Zumischeintritt (32c) geführt wird, maximal soweit gesenkt, sodass der Dampfzustand in der Kalten Abdampfleitung (21MD) nahe der Sattdampflinie zu liegen kommt.

Der Ort der Abzweigung der Abzweigung (24c) wurde so gewählt, dass die Vorwärmtemperatur an dieser Abzweigung gleich der Dampfsättigungstemperatur in der Abdampfleitung (20MD) ist.

Eine neuerliche Expansion in der Mitteldruck- Turbine (19MD) führt zu dem Abdampfzustand in der Niederdruck-Abdampfleitung (20ND).

Der Niederdruck- Mischer (31ND) bewerkstelligt die Enthitzung dieses Abdampfes aus der Niederdruck- Abdampfleitung (20ND), ebenfalls durch das Zumischen eines abgezweigten Stroms, welcher aber aus der Kondensatleitung (9) stammt. Der abgezweigte Strom aus der Abzweigung (24ND) gelangt über den Zulauf (26ND) der Verbindungsstrecke (25ND) zu ihrem Ablauf (30ND), welcher in den Zumischeintritt (32ND) übergeht; da - wieder vereinfachend - innerhalb dieser Verbindungsstrecke kein Wärmetauscher vorgesehen ist, bleiben die Zustände des abgezweigten Stroms nahezu unverändert. Die Menge des abgezweigten Stroms wird vorzugsweise derart geregelt, sodass der Dampfzustand an der Kalten Niederdruck-Abdampfleitung (21ND) im Wesentlichen gesättigt ist und der Abdampfkondensator (8) überwiegend den gesättigten Dampf niederschlägt, welcher als Kondensat in der Kondensatleitung (9) wieder in den Kreislauf zurückkehrt. Sinngemäß kann der abgezweigte Strom auch aus der Speiseleitung (11), also nach der Kondensatpumpe (10), mit einem erhöhten Druck, aus der Abzweigung (24a) abgezweigt werden; dies wurde im vorliegenden Diagramm nicht extra dargestellt, da die Kurvenzüge

und Zustände nahezu ident mit denen des dargestellten Diagramms sind.

Neben den erwähnten energetischen Effekten der Abzweigung und Mischung ist noch ein ganz besonderer Vorteil der vorgeschlagenen Erfindung zu bemerken: durch das Zumischen können neben monovalenten Kreislaufmedien (Wasser, organische, synthetische und andere Medien) auch Kreislaufmediums- Gemische verwendet werden, welche sich bei der Wärmeaufnahme auseinanderdestillieren. Damit ist das Einsatzgebiet dieser Technologie wesentlich, um die sogenannten zeotropen Gemische, erweitert. Weiters können sogar absorptive Arbeitsstoffpaare (wie z. B. in der Technologie der Absorptionskälteanlagen) verwendet werden, bei denen es dann durch die Mischung zur Absorption, verbunden mit einer Temperaturerhöhung, kommt; dadurch wird der Mischer zwischen der Hochdruck- Turbine und der Mitteldruck- Turbine zum Zwischenüberhitzer, mit den bekannten thermodynamischen Vorteilen.

Die Mischer (31) können unterschiedlich ausgeführt werden, wie die nachfolgenden Beispiele zeigen:

Fig. 4 zeigt eine Ausführung des Mixers (31), mit einer an die Abdampfleitung (20) anschließenden Dampfzuleitung (33), und einer Dampfableitung (35), die in die Kalte Abdampfleitung (21) mündet, wobei der abgezweigte Strom über den Ablauf (30) der Verbindungsstrecke (25) zum Zumischeintritt (32) des Mixers gelangt und dort über eine Düse oder eine Düsendruppe (34) in das Innere des Mixers gebracht wird.

Fig. 5 zeigt eine Ausführung des Mixers als Rieselapparat, mit einer Dampfzuleitung (33), einem Zumischeintritt (32), mit Füllkörpern (36), wobei der abgezweigte Strom über eine

Verrieselungseinrichtung (37) innerhalb des Verteilraumes (38) des Mischers (31) verteilt wird und der gemischte Strom im Sammelraum (39) des Mischers (31) gesammelt und über die Dampfableitung (35) abgeführt wird.

Es können jeweils ein, zwei oder mehrere Zumischeintritte pro Mischer vorliegen.

Wie die Fig. 6 zeigt, kann dem eigentlichen Mischer (31) auch ein Flüssigkeitsabscheider (40) zur Reduktion der Dampfmasse oder zur Verlängerung der Kontaktzeit nachgeschaltet werden. Dieser Flüssigkeitsabscheider kann z. B. als Feuchteabscheidezyklon, oder als „Demister“, mit einer Packung aus Drahtgeflecht zum Auffangen von Feuchtigkeitstropfen ausgeführt werden, wobei die allenfalls abgeschiedene Flüssigkeit über einen Flüssigkeitsabfluss (41) ausgeschleust und vorzugsweise dem Hauptstrom des Prozesses zugemischt bzw. rückgeführt wird.

Die Abzweigungen können ebenfalls unterschiedlich ausgeführt werden, wie z. B. die in der Fig. 2 gezeigte Hochdruck-Abzweigung (24HD), welche die Dampfmasse aus dem (nassen) Frischdampf abzweigt, oder Abzweigungen, die nur in der flüssigen Phase arbeiten (und bei denen die Zustände im abgezweigten Strom stets den Zuständen im Hauptstrom an der Abzweigung gleichen).

Die Ausführungsformen der Abzweigungen hängen auch von der Bauart des Dampferzeugers ab. Wird z. B. das Kreislaufmedium auf der Rohrrinnenseite der Heizfläche des Dampferzeugers (4) geführt und besteht die Heizfläche aus einem durchgehenden Rohrstrang, so können die Abzweigungen z. B. als T- oder Y-Rohrabzweigungen, wie in der Fig. 2 angedeutet, ausgeführt werden; besteht

hingegen die Heizfläche aus mehreren parallelgeschalteten Rohrsträngen, aus Heizflächenpaketen (42), die am Anfang Verteiler und am Ende Sammler (43) aufweisen, so kann es baulich vorteilhaft sein, die Abzweigung im Verteiler oder Sammler zu integrieren, indem diesen ein abgezweigter Strom über den Zulauf (26) zur Verbindungsstrecke (25) entnommen wird, wie in der Fig. 7 gezeigt wird.

Wird, in Gegensatz dazu, der Wärmeträger rohrseitig und das Kreislaufmedium mantelseitig geführt, wie in der Fig. 8 gezeigt, so sind die Abzweigungen (24b und 24c) am Mantel des Vorwärmers (14), in Form von Entnahmestutzen, ausgebildet. Der verfahrenstechnische Informationsgehalt dieses Schaltbildes entspricht dem des Schaltbildes der Fig. 2, mit der Vereinfachung, dass bei den „nur“ die Abzweigungen (24ND, 24b und 24c), mit den dazugehörigen Verbindungsstrecken (25ND, 25b und 25c) vorgesehen und dargestellt sind; dieses Schaltbild steht im Einklang mit dem Erfindungsgedanken, wonach mindestens eine Abzweigung, mindestens eine Verbindungsstecke und mindestens ein Mischer vorgesehen ist.

In jedem Fall ist der Mehraufwand gering, um die erfindungsgemäßen Abzweigungen zu bewerkstelligen, sodass es durchaus sinnvoll sein kann, im erfindungsgemäßen Kreisprozess mehr Abzweigungen als Mischer vorzusehen.

Die Fig. 9 zeigt eine Variante, insbesondere zur Fig. 7. Es kann nämlich baulich und betrieblich vorteilhaft sein, wenn der Wärmetauscher (28) der Verbindungsstrecke (25) mit einem abgezweigten Strom des Wärmeträgers innerhalb des Dampferzeugers (4) beheizt wird und der Wärmetauscher (28), aus der Sicht des Wärmeträgers, also z. B. des Thermalwassers, parallel zum Vorwärmer (14), oder in Serie zu dem Vorwärmer oder auch zwischen Vorwärmerteilen (14a, 14b, 14c), oder auch ineinander

verschachtelt (in Form eines „Gemischten Heizflächenbündels“) geschaltet ist. Wie die Fig. 9 zeigt, wird beispielsweise der abgezweigte Strom des Kreislaufmediums in der Abzweigung (24) vor der Kondensatpumpe (10) entnommen, mit der Förderpumpe (27) zum Wärmetauscher (28) geführt, und über eine Armatur (29) zum Ablauf (30) der Verbindungsstrecke (25) gebracht. Der Ablauf (30) der Verbindungsstrecke (25) ist dabei vorteilhafterweise mit dem Mitteldruck- Mischer (31MD) verbunden.

Fig. 10 zeigt eine Variante von Fig. 9, mit dem gleichen thermodynamischen Effekt und den gleichen Erfindungsmerkmalen. Hier ist der Wärmetauscher (28) allerdings außerhalb des Dampferzeugers (4) angeordnet und der Wärmetauscher (28) wird über einen abgezweigten Strom des Wärmeträgers („Bypassstrom“) beheizt, welcher dem Dampferzeuger (4) über eine Bypassabzweigung (44), und ggf. über eine Bypassregelklappe (45), entnommen wird. Das abgekühlte Wärmeträgermedium wird über die Bypassrückführleitung (46) ggf. dem Hauptstrom des Wärmeträgers hinzugeführt, wobei vorzugsweise der abgekühlte abgezweigte Strom und der abgekühlte Hauptstrom die gleiche Temperatur aufweisen. Diese Variante erlaubt eine gewisse Regelung zur Maximierung der Effizienz, sie ist aber, vor allem bei gasförmigen Wärmeträger (Abgase, Abluft, feuchte Gasströme) mit einem gewissen Mehraufwand verbunden. Statt einer Beheizung des Wärmetauschers (28) über den Bypassstrom kann die Beheizung auch über eine weitere, externe Wärmequelle erfolgen.

Legende:

1. Produktionsbohrung (Wärmequelle)
2. Filter
3. Thermalwasserleitung bzw. Wärmeträgerleitung
4. Dampferzeuger
5. Rücklaufleitung
6. Rückförpumppe
7. Verpressbohrung
8. Abdampfkondensator (Wärmesenke)
9. Kondensatleitung
10. Kondensatpumpe
11. Speiseleitung
12. Rekuperator
13. Kesselspeiseleitung
14. Vorwärmer
15. Verbindungsleitung (des Kreislaufmediums) zwischen Vorwärmer und Verdampfer bzw. Nachwärmer
16. Verdampfer, gegebenenfalls mit einem nachgeschalteten Überhitzer, bzw. Nachwärmer
17. Verbindungskanal (des Wärmeträgers) zwischen Verdampfer und Vorwärmer
18. Frischdampfleitung
19. Expansionsmaschine oder Turbine (für die Eintrittsdrücke HD oder MD)
20. Abdampfleitung
21. Kalte Abdampfleitung
22. Turbinenwelle
23. Generator
24. Abzweigung
25. Verbindungsstrecke
26. Zulauf
27. Förderpumpe
28. Wärmetauscher
29. Armatur

30. Ablauf
31. Mischer (für die Druckniveaus HD, MD oder ND)
32. Zumischeintritt
33. Dampfzuleitung
34. Düse oder Düsengruppe
35. Dampfableitung
36. Füllkörper
37. Verrieselungseinrichtung
38. Verteilraum
39. Sammelraum
40. Flüssigkeitsabscheider
41. Flüssigkeitsabfluss
42. Heizflächenpaket
43. Verteiler bzw. Sammler
44. Bypassabzweigung
45. Bypassregelklappe
46. Bypassrückführleitung

HD ... Hochdruck (Frischdampfdruck)

MD ... Mitteldruck

ND ... Niederdruck (Abdampfdruck)

a, b, c, d ... mehrere Komponenten mit ähnlichen verfahrensmäßigen Aufgaben

(Patent-)Ansprüche

1. Verfahren zur Steigerung der Energieeffizienz in Clausius-Rankine-Kreisprozessen zur Nutzung von Wärme aus Wärmequellen, insbesondere mit niedrigen Temperaturniveaus, welche dem Kreisprozess zur Verfügung gestellt wird und dort in mechanische bzw. elektrische Energie umgewandelt werden, bei welcher ein Kondensat eines Kreislaufmediums über eine Kondensatleitung einer Kondensatpumpe zugeführt und durch diese druckerhöht wird, dieses Kreislaufmedium in einem Dampferzeuger unter Wärmeaufnahme aus der Wärmequelle verdampft sowie gegebenenfalls überhitzt und dieser Dampf über eine Frischdampfleitung einer Expansionsmaschine oder Turbine zur Erzeugung der mechanischen Energie zugeführt wird, dort expandiert und der Abdampf der Expansionsmaschine oder Turbine unter Abgabe der Restwärme außerhalb des Kreisprozesses kondensiert, **dadurch gekennzeichnet, dass** im wärmeaufnehmenden Teil des Kreisprozesses, zwischen einer Kondensatleitung (9) und einer Frischdampfleitung (18), mindestens eine Abzweigung (24) vorgesehen ist, welche einen Strom aus dem Hauptstrom des Kreislaufmediums abzweigt, diesen über einen Zulauf (26) zu einer Verbindungsstrecke (25), gegebenenfalls beinhaltend Förderpumpen (27), Wärmetauscher (28) und Armaturen (29), führt und über einen Ablauf (30), welcher in einem Zumischeintritt (32) eines Mischers (31) mündet, in welchem der abgezweigte Strom mit dem Abdampf aus einer Abdampfleitung (20) einer Expansionsmaschine oder einer Turbine (19), zur Verfügung gestellt über eine Dampfzuleitung (33), vermischt wird und dieser vermischte Strom über eine Dampfableitung (35) und eine Kalte Abdampfleitung (21) im Kreisprozess zurück- und weitergeführt wird (Fig. 2, Fig. 8).

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kreislaufmedium Wasser bzw. Dampf oder Kohlendioxid oder auch eine andere anorganische chemische Verbindung ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kreislaufmedium Ethanol oder auch eine andere organische chemische Verbindung ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kreislaufmedium ein synthetisches Kreislaufmedium ist.

5. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kreislaufmedium ein Gemisch ist, welches aus zwei oder mehreren Komponenten besteht.

6. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kreislaufmedium ein Gemisch mit einem erniedrigten Gefrierpunkt, also ein Frostschutzgemisch, wie z. B. Wasser und Glykol oder Ethanol, ist.

7. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kreislaufmedium eine zeotrope Gemisch ist, welches sich während der Wärmeaufnahme auseinander destilliert.

8. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kreislaufmedium ein sorptives Gemisch ist, welches während der Wärmeaufnahme die leichterflüchtige Komponente desorbiert und während der Mischung diese absorbiert.

9. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kreislaufmedium der trockenen

Klasse angehört, welche sich bei einer Expansion von dem Nassdampfgebiet entfernt.

10. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kreislaufmedium in einem Dampferzeuger unterkritisch betrieben wird und der Dampferzeuger (4) Heizflächen zur Vorwärmung (14), zur Verdampfung (16) und gegebenenfalls zur Überhitzung des Kreislaufmediums aufweist (Fig. 2, Fig. 8).

11. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kreislaufmedium im Dampferzeuger überkritisch betrieben wird und der Dampferzeuger (4) Heizflächen zur Vorwärmung (14) und zur Nachwärmung (16) des Kreislaufmediums aufweist (Fig. 2).

12. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Speiseleitung (11) an eine Kesselspeiseleitung (13), gegebenenfalls über eine Armatur und oder eine Abzweigung (24a), schließt (Fig. 8, Fig. 2).

13. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzahl der Abzweigungen (24) größer ist als die Anzahl der Mischer (31) (Fig. 2, Fig. 8).

14. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Mischer, vorzugsweise der Mitteldruck- Mischer (31MD), zwei oder mehrere Zumischeintritte, vorzugsweise die beiden Zumischeintritte (32 b und 32 c), aufweist (Fig. 2, Fig. 8).

15. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mischer (31) eine Düse oder eine Düsengruppe (34) aufweist, mit welcher der abgezeigte Strom in das Innere des Mixers eingebracht wird (Fig. 4).

16. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mischer (31) Füllkörper (36) aufweist, welche über eine Verrieselungseinrichtung (37) mit dem abgezeigten Strom berieselt werden (Fig. 5).

17. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Mischer (31) ein Flüssigkeitsabscheider (40) nachgeschaltet ist (Fig. 6).

18. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Mitteldruck- Mischer (31MD), gegebenenfalls mit dem nachgeschalteten Flüssigkeitsabscheider (40), eine Mitteldruck- Turbine (19MD) nachgeschaltet ist (Fig. 2, Fig. 8).

19. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Niederdruck- Mischer (31ND) ein Abdampfkondensator (8) nachgeschaltet ist (Fig. 2, Fig. 8).

20. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wärmetauscher (28ND) in der Verbindungsstrecke (25ND) zum Niederdruck- Mischer (31ND) die Wärme außerhalb des Kreisprozesses abgibt (Fig. 2, Fig. 8).

21. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wärmetauscher (28ND) in der Verbindungsstrecke (25ND) zum Niederdruck- Mischer (31ND) die Überhitzungs- und die Kondensationswärme des Abdampfes der Abdampfleitung (20ND) abführt, sodass die Enthitzung und Kondensation des Abdampfes im Niederdruck- Mischer (31ND) erfolgt und aus der Kalten Abdampfleitung (21ND) Kondensat kommt und dieses Kondensat direkt in die Kondensatleitung (9) geführt wird (Fig. 2, Fig. 8).

22. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Abzweigung (24b und/oder 24c) vor dem Ende eines Vorwärmers (14) erfolgt, welches durch das Erreichen der geringsten Temperaturdifferenz zwischen dem Wärmeträger und dem Kreislaufmedium charakterisiert ist (Fig. 2, Fig. 7, Fig. 8).

23. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass Abzweigungen (24b und/oder 24c) von Verteilern und/oder Sammlern (43) des Vorwärmers (14), seiner Heizflächenpakete (42) oder seinen Verbindungsleitungen erfolgen (Fig. 7).

24. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass Abzweigungen (24b und/oder 24c) vom Mantelraum des Vorwärmers (14), bei welchem der Wärmeträger auf der Rohrseite geführt wird, erfolgen (Fig. 8).

25. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass innerhalb der Verbindungsstrecken (25a, 25b, 25c oder 25HD) die jeweiligen

Wärmetauscher (28a, 28b, 28c bzw. 28HD) von einer weiteren, externen Wärmequelle beheizt werden.

26. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wärmetauscher (28) der Verbindungsstrecke (25) vor, nach oder parallel zum Vorwärmer (14) angeordnet ist und dieser vom Strom oder Teilstrom des Wärmeträgers beheizt wird (Fig. 9).

27. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wärmetauscher (28) von einem abgezweigten Strom des Wärmeträgers beheizt wird, indem im Bereich des Vorwärmers (14) von der Wärmeträgerseite dieser abgezweigte Strom über eine Bypassabzweigung (44) und ggf. über eine Bypassklappe (45) entnommen und nach der Wärmeabgabe über eine Bypassrückführleitung (46) dem Hauptstrom zugeführt wird (Fig. 10).

28. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Durchsatz und der Zustand des Ablaufes (30) der Verbindungsstrecke (25) durch die Förderpumpe (27), oder den Wärmetauscher (28), oder die Armatur (29) derart geregelt wird, dass der Zustand in der Kalten Abdampfleitung (21) nahe der Sättigungslinie zu liegen kommt (Fig. 3).

29. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Durchsatz des Zustroms zur Verbindungsstrecke (25) über die Bypassabzweigung (44) und die Bypassregelklappe (45) derart geregelt wird, dass die Temperatur des Kreislaufmediums in der Bypassrückführleitung (46) und in einer Rücklaufleitung (5) des Wärmeträgers nahezu gleich ist (Fig. 10).

30. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abzweigung (24 b und/oder 24c) an jenem Ort erfolgt, wo die Vorwärmtemperatur an dieser Abzweigung gleich oder höher ist als die Dampfsättigungstemperatur in der Abdampfleitung (20MD).

31. Energieumwandlungsvorrichtung zur Steigerung der Energieeffizienz in Clausius-Rankine-Kreisprozessen zur Nutzung von Wärme aus Wärmequellen, insbesondere mit niedrigen Temperaturniveaus, welche dem Kreisprozess zur Verfügung gestellt wird und dort in mechanische bzw. elektrische Energie umgewandelt werden, bei welcher ein Kondensat eines Kreislaufmediums über eine Kondensatleitung einer Kondensatpumpe zugeführt und durch diese druckerhöht wird, dieses Kreislaufmedium in einem Dampferzeuger unter Wärmeaufnahme aus der Wärmequelle verdampft sowie gegebenenfalls überhitzt und dieser Dampf über eine Frischdampfleitung einer Expansionsmaschine oder Turbine zur Erzeugung der mechanischen Energie zugeführt wird, dort expandiert und der Abdampf der Expansionsmaschine oder Turbine unter Abgabe der Restwärme außerhalb des Kreisprozesses kondensiert, **dadurch gekennzeichnet, dass** im wärmeaufnehmenden Teil der Energieumwandlungsvorrichtung, zwischen der Kondensatleitung (9) und der Frischdampfleitung (18), mindestens eine Abzweigung (24) vorgesehen ist, welche einen Strom aus dem Hauptstrom des Kreislaufmediums abzweigt, diesen über einen Zulauf (26) zu der Verbindungsstrecke (25), gegebenenfalls beinhaltend Förderpumpen (27), Wärmetauscher (28) und Armaturen (29), führt und über einen Ablauf (30), der in einem Zumischeintritt (32) des Mischers (31) mündet, welcher den abgezweigten Strom mit dem Abdampf aus der Abdampfleitung (20) der Expansionsmaschine oder der Turbine (19), zur Verfügung gestellt über die Dampfzuleitung (33), vermischt und dieser vermischte Strom über die

Dampfableitung (35) und die Kalte Abdampfleitung (21) im Kreisprozess zurück- und weitergeführt wird (Fig. 2, Fig. 8).

32. Energieumwandlungsvorrichtung nach Anspruch 31, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung einen Dampferzeuger (4) mit Heizflächen zur Vorwärmung (14), zur Verdampfung (16) und gegebenenfalls zur Überhitzung des Kreislaufmediums aufweist und das Kreislaufmedium im Dampferzeuger unterkritisch betrieben wird (Fig. 2, Fig. 8).

33. Energieumwandlungsvorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorrichtung einen Dampferzeuger (4) mit Heizflächen zur Vorwärmung (14) und zur Nachwärmung (16) des Kreislaufmediums aufweist und das Kreislaufmedium im Dampferzeuger überkritisch betrieben wird (Fig. 2).

34. Energieumwandlungsvorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Speiseleitung (11) an die Kesselspeiseleitung (13), gegebenenfalls über eine Armatur und oder eine Abzweigung (24a), schließt (Fig. 8, Fig. 2).

35. Energieumwandlungsvorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzahl der Abzweigungen (24) größer ist als die Anzahl der Mischer (31) (Fig. 2, Fig. 8).

36. Energieumwandlungsvorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Mischer, vorzugsweise der Mitteldruck-Mischer (31MD), zwei oder mehrere Zumischeintritte, vorzugsweise

die beiden Zumischeintritte (32 b und 32 c), aufweist (Fig. 2, Fig. 8).

37. Energieumwandlungsvorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mischer (31) eine Düse oder eine Düsengruppe (34) aufweist, mit welcher der abgezweigte Strom in das Innere des Mixers eingebracht wird (Fig. 4).

38. Energieumwandlungsvorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mischer (31) Füllkörper (36) aufweist, welche über die Verrieselungseinrichtung (37) mit dem abgezweigten Strom berieselt werden (Fig. 5).

39. Energieumwandlungsvorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Mischer (31) ein Flüssigkeitsabscheider (40) nachgeschaltet ist (Fig. 6).

40. Energieumwandlungsvorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Mitteldruck- Mischer (31MD), gegebenenfalls mit dem nachgeschalteten Flüssigkeitsabscheider (40), eine Mitteldruck-Turbine (19MD) nachgeschaltet ist (Fig. 2, Fig. 8).

41. Energieumwandlungsvorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Niederdruck- Mischer (31ND) der Abdampfkondensator (8) nachgeschaltet ist (Fig. 2, Fig. 8).

42. Energieumwandlungsvorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,

dass der Wärmetauscher (28ND) in der Verbindungsstrecke (25ND) zum Niederdruck- Mischer (31ND) die Wärme außerhalb des Kreisprozesses abgibt (Fig. 2, Fig. 8).

43. Energieumwandlungsvorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wärmetauscher (28ND) in der Verbindungsstrecke (25ND) zum Niederdruck- Mischer (31ND) die Überhitzungs- und die Kondensationswärme des Abdampfes der Abdampfleitung (20ND) abführt, sodass die Enthitzung und Kondensation des Abdampfes im Niederdruck- Mischer (31ND) erfolgt und aus der Kalten Abdampfleitung (21ND) Kondensat kommt und dieses Kondensat direkt in die Kondensatleitung (9) geführt wird (Fig. 2, Fig. 8).

44. Energieumwandlungsvorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Abzweigung (24b und/oder 24c) vor dem Ende des Vorwärmers (14) erfolgt, welches durch das Erreichen der geringsten Temperaturdifferenz zwischen dem Wärmeträger und dem Kreislaufmedium charakterisiert ist (Fig. 2, Fig. 7, Fig. 8).

45. Energieumwandlungsvorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass Abzweigungen (24b und/oder 24c) von Verteilern und/oder Sammlern (43) des Vorwärmers (14), seiner Heizflächenpakete (42) oder seinen Verbindungsleitungen erfolgen (Fig. 7).

46. Energieumwandlungsvorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass Abzweigungen (24b und/oder 24c) vom Mantelraum des Vorwärmers (14), bei welchem der Wärmeträger auf der Rohrseite geführt wird, erfolgen (Fig. 8).

47. Energieumwandlungsvorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass innerhalb der Verbindungsstrecken (25a, 25b, 25c oder 25HD) die jeweiligen Wärmetauscher (28a, 28b, 28c bzw. 28HD) von einer weiteren, externen Wärmequelle beheizt werden.

48. Energieumwandlungsvorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wärmetauscher (28) der Verbindungsstrecke (25) vor, nach oder parallel zum Vorwärmer (14) angeordnet ist und dieser vom Strom oder Teilstrom des Wärmeträgers beheizt wird (Fig. 9).

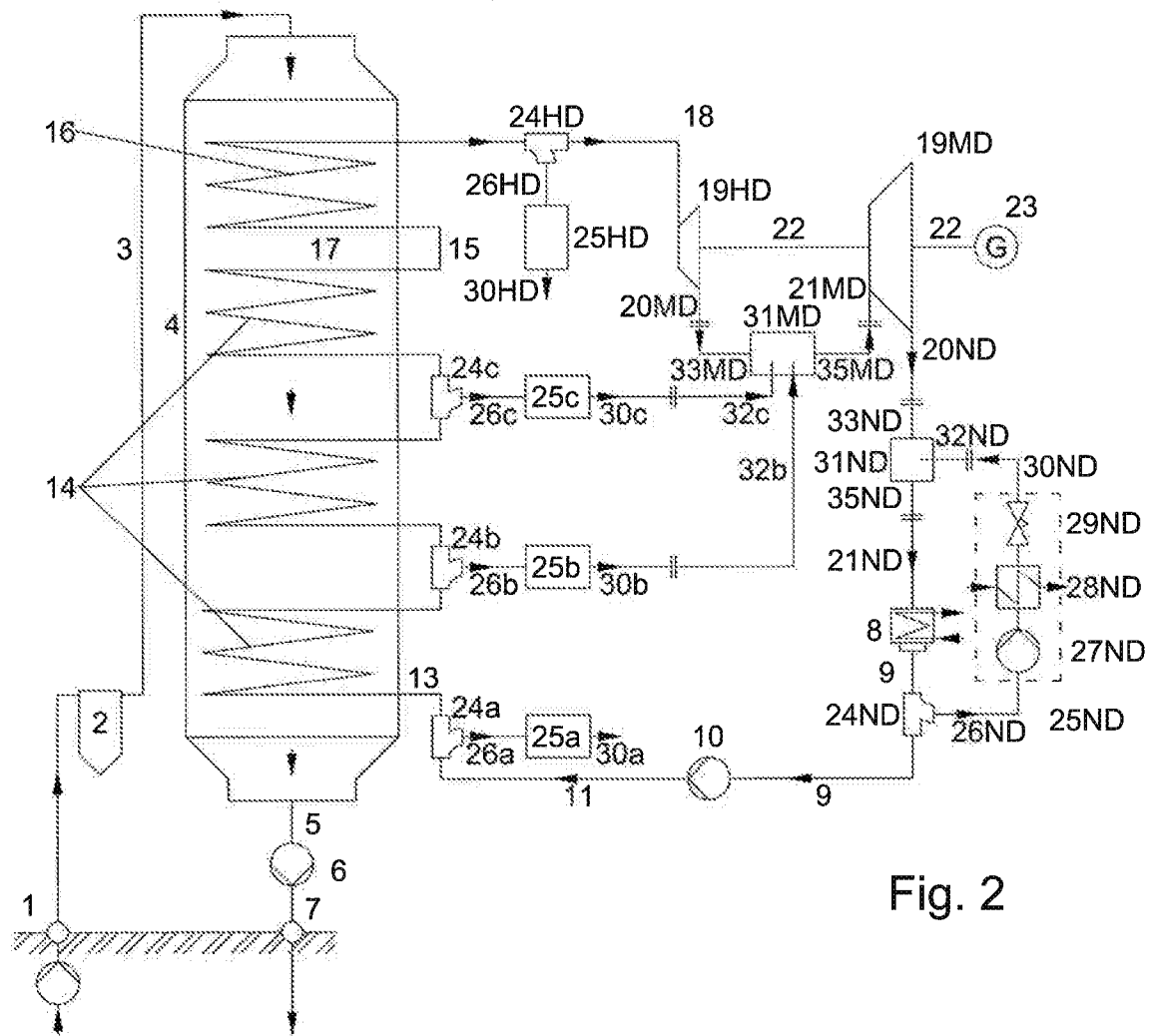
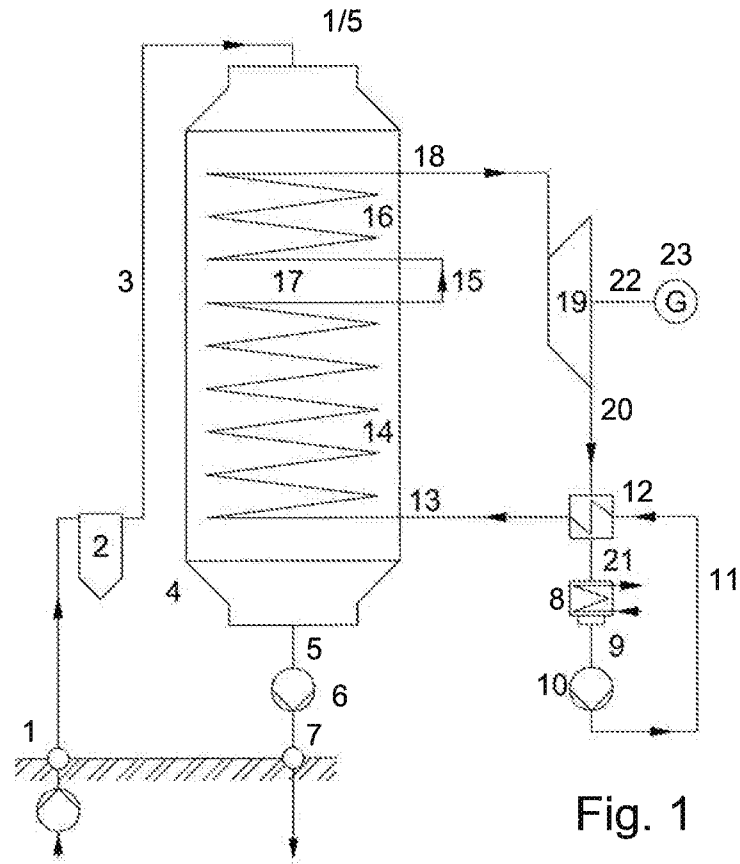
49. Energieumwandlungsvorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wärmetauscher (28) von einem abgezweigten Strom des Wärmeträgers beheizt wird, indem im Bereich des Vorwärmers (14) von der Wärmeträgerseite dieser abgezweigte Strom über die Bypassabzweigung (44) und ggf. über eine Bypassklappe (45) entnommen und nach der Wärmeabgabe über die Bypassrückführleitung (46) dem Hauptstrom zugeführt wird (Fig. 10).

50. Energieumwandlungsvorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Durchsatz und der Zustand des Ablaufes (30) der Verbindungsstrecke (25) durch die Förderpumpe (27), oder den Wärmetauscher (28), oder die Armatur (29) derart geregelt wird, dass der Zustand in der Kalten Abdampfleitung (21) nahe der Sättigungslinie zu liegen kommt (Fig. 3).

51. Energieumwandlungsvorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Durchsatz des Zustroms zur Verbindungsstrecke (25) über

die Bypassabzweigung (44) und die Bypassregelklappe (45) derart geregelt wird, dass die Temperatur des Kreislaufmediums in der Bypassrückführleitung (46) und in der Rücklaufleitung (5) des Wärmeträgers nahezu gleich ist (Fig. 10).

52. Energieumwandlungsvorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abzweigung (24 b und/oder 24c) an jenem Ort erfolgt, wo die Vorwärmtemperatur an dieser Abzweigung gleich oder höher ist als die Dampfsättigungstemperatur in der Abdampfleitung (20MD).



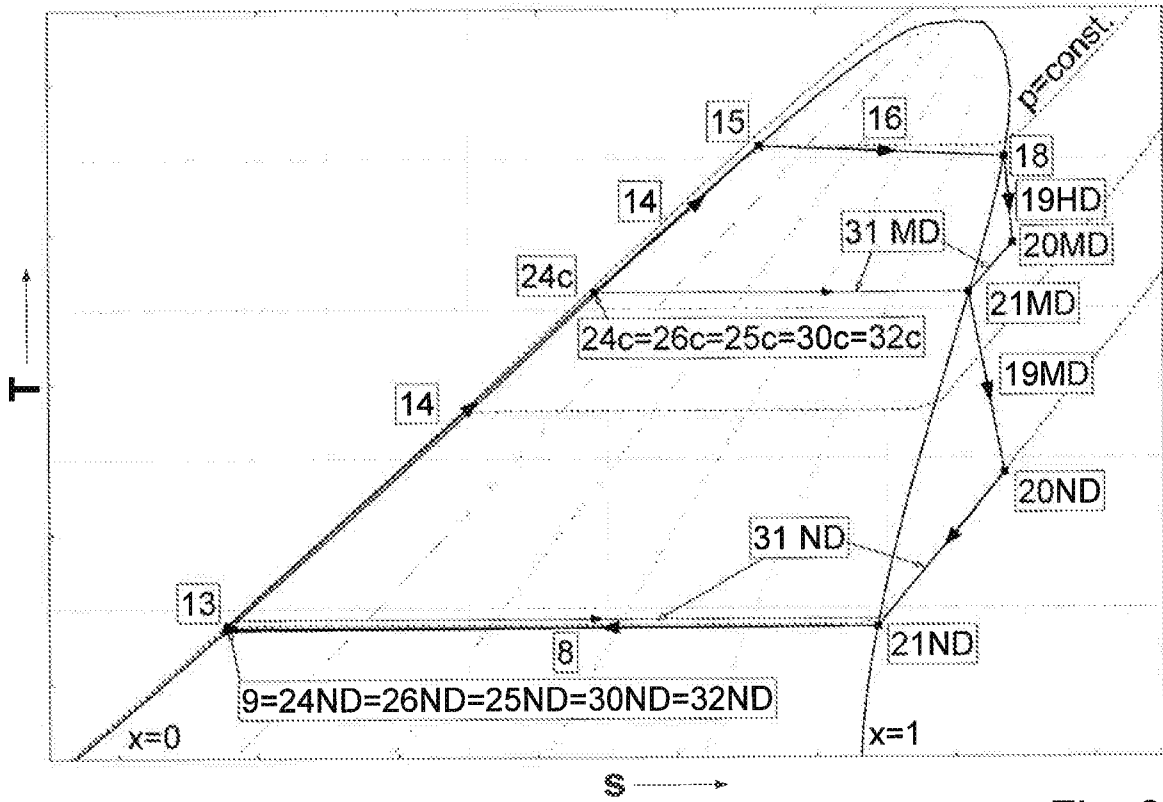


Fig. 3

3/5

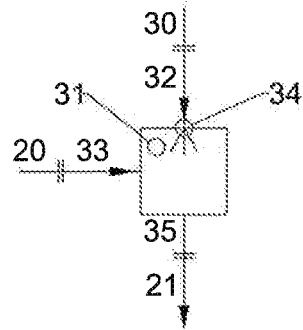


Fig. 4

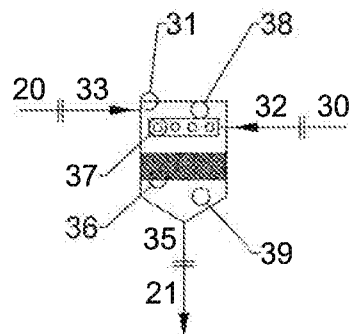


Fig. 5

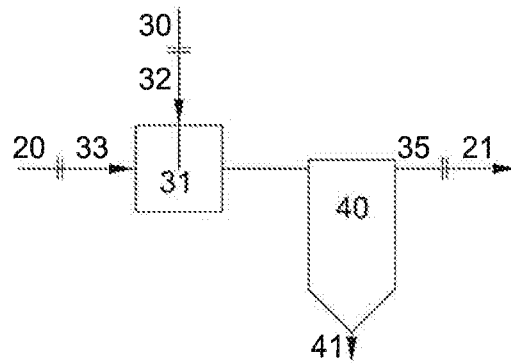


Fig. 6

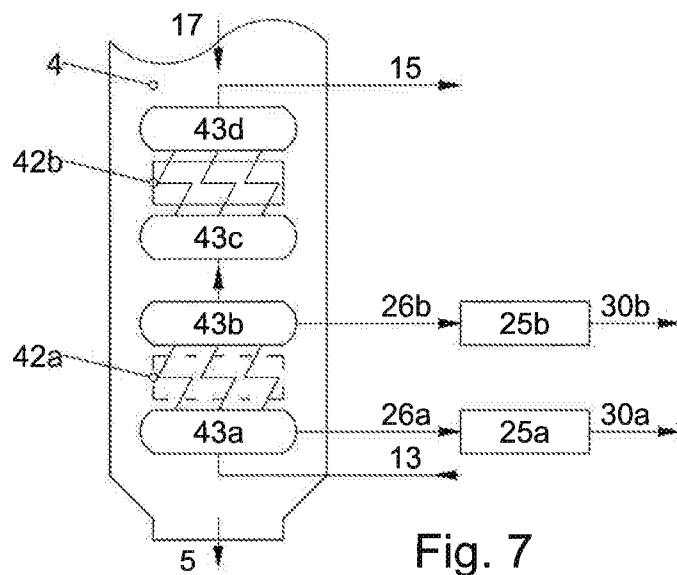


Fig. 7

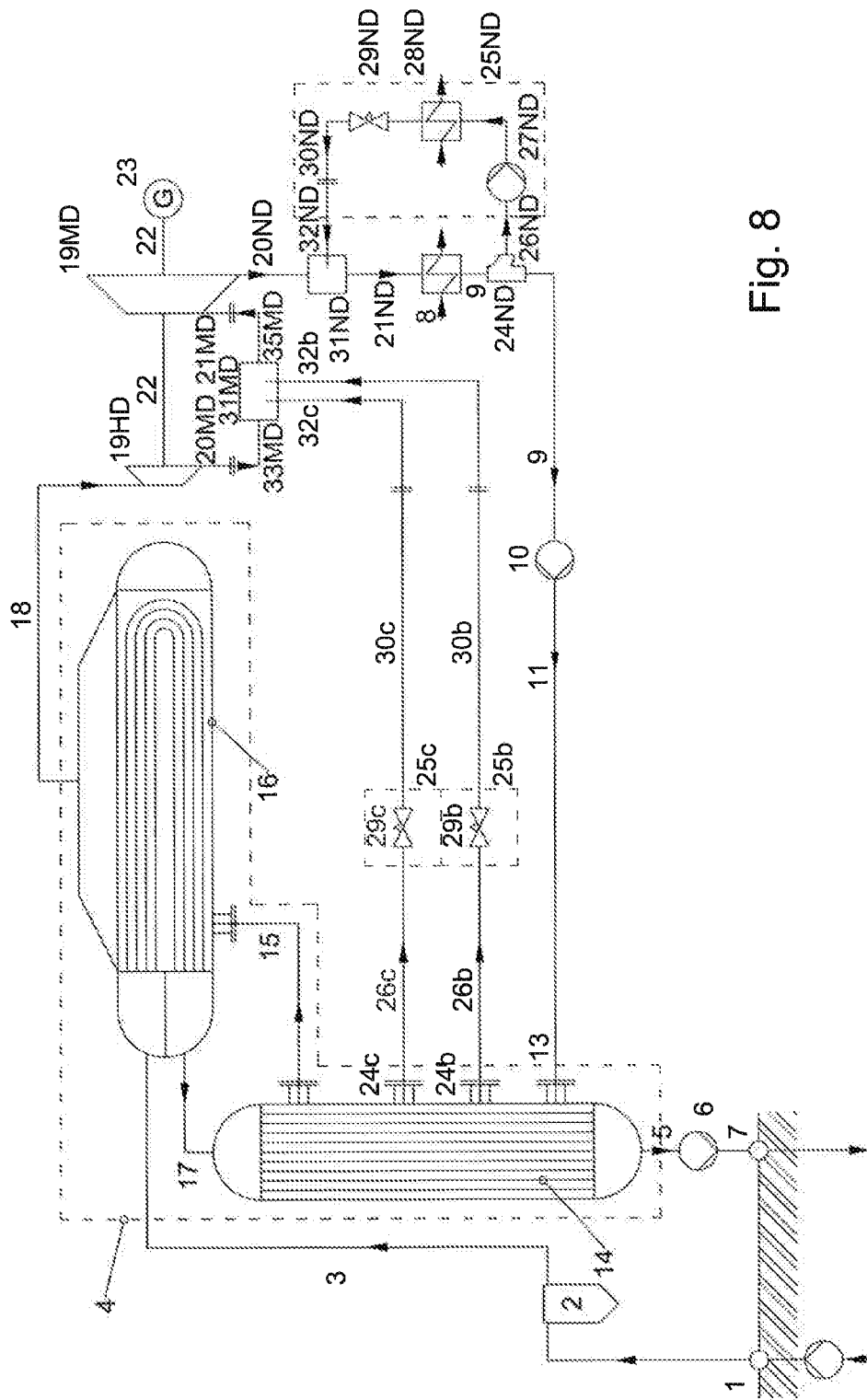


Fig. 8

5/5

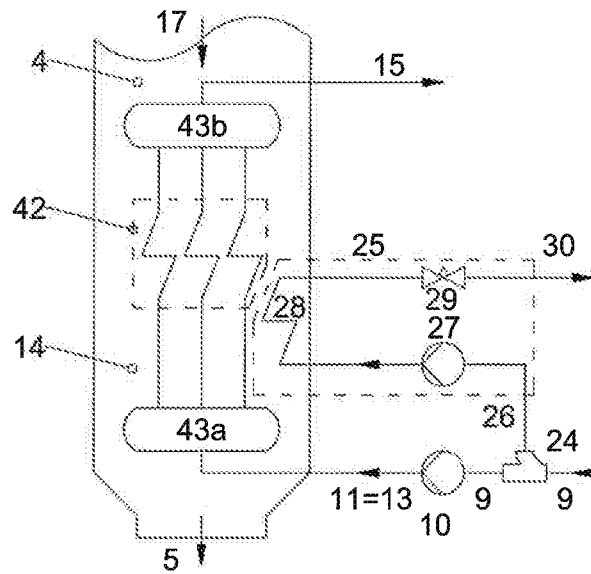


Fig. 9

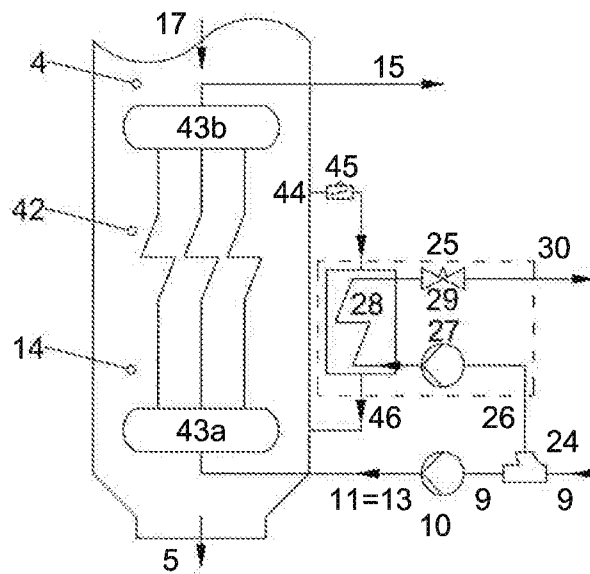


Fig. 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/AT2019/060179

| A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| F01K 7/34 (2006.01)i; F01K 19/10 (2006.01)i; F01K 7/36 (2006.01)i; F01K 7/38 (2006.01)i; F01K 25/10 (2006.01)i | | |
| According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC | | |
| B. FIELDS SEARCHED | | |
| Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F01K | | |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched | | |
| Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data | | |
| C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| X | WO 2017215804 A1 (SIEMENS AG [DE]) 21 December 2017 (2017-12-21) page 8, line 23 - page 11, line 14; figure 1 | 1-10,12-14,23,30-32,34-36,45,52 |
| X | US 2014060047 A1 (KIM KIH YUNG [US] ET AL) 06 March 2014 (2014-03-06) paragraphs [0013] - [0016]; figure 1 | 1,31 |
| A | US 5806317 A (KOEHLER WOLFGANG [DE] ET AL) 15 September 1998 (1998-09-15) column 4, line 16 - column 5, line 65; figure 1 | 1-52 |
| A | US 2011259010 A1 (BRONICKI LUCIEN Y [IL] ET AL) 27 October 2011 (2011-10-27) paragraphs [0026] - [0028]; figure 1 | 1-52 |
| A | US 2005045416 A1 (MCCARTY MICHAEL W [US]) 03 March 2005 (2005-03-03) paragraphs [0024], [0025]; figure 1A | 1-52 |
| A | US 4732004 A (BRAND ANDREAS [CH] ET AL) 22 March 1988 (1988-03-22) column 3, line 15 - column 6, line 12; figure 1 | 1-52 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex. | | |
| * Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family | | |
| Date of the actual completion of the international search 21 August 2019 | | Date of mailing of the international search report 30 August 2019 |
| Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016 | | Authorized officer Röberg, Andreas Telephone No. |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/AT2019/060179**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A | WO 2017068176 A1 (MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS EUROPE GMBH [DE]) 27 April 2017 (2017-04-27) page 12, line 31 - page 14, line 20; figure 1 | 1-52 |
| | | |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/AT2019/060179

| Patent document cited in search report | | | Publication date (day/month/year) | Patent family member(s) | | | Publication date (day/month/year) | | | | |
|----------------------------------------|------------|----|-----------------------------------|-------------------------|-------------|----|-----------------------------------|----|--------------|----|------------------|
| WO | 2017215804 | A1 | 21 December 2017 | CN | 109312635 | A | 05 February 2019 | | | | |
| | | | | EP | 3420202 | A1 | 02 January 2019 | | | | |
| | | | | JP | 2019507269 | A | 14 March 2019 | | | | |
| | | | | KR | 20180084080 | A | 24 July 2018 | | | | |
| | | | | US | 2019093518 | A1 | 28 March 2019 | | | | |
| | | | | WO | 2017215804 | A1 | 21 December 2017 | | | | |
| US | 2014060047 | A1 | 06 March 2014 | NONE | | | | | | | |
| US | 5806317 | A | 15 September 1998 | AU | 687519 | B2 | 26 February 1998 | | | | |
| | | | | DE | 4409197 | A1 | 21 September 1995 | | | | |
| | | | | DZ | 1866 | A1 | 17 February 2002 | | | | |
| | | | | EG | 20580 | A | 30 August 1999 | | | | |
| | | | | EP | 0750730 | A1 | 02 January 1997 | | | | |
| | | | | ES | 2128716 | T3 | 16 May 1999 | | | | |
| | | | | GR | 3030089 | T3 | 30 July 1999 | | | | |
| | | | | IL | 112875 | A | 27 December 1998 | | | | |
| | | | | MA | 23480 | A1 | 01 October 1995 | | | | |
| | | | | US | 5806317 | A | 15 September 1998 | | | | |
| | | | | WO | 9525247 | A1 | 21 September 1995 | | | | |
| | | | | US | 2011259010 | A1 | 27 October 2011 | AU | 2011244070 | A1 | 13 December 2012 |
| | | | | | | | | CA | 2796831 | A1 | 27 October 2011 |
| EP | 2561188 | A2 | 27 February 2013 | | | | | | | | |
| US | 2011259010 | A1 | 27 October 2011 | | | | | | | | |
| WO | 2011132047 | A2 | 27 October 2011 | | | | | | | | |
| US | 2005045416 | A1 | 03 March 2005 | AR | 046405 | A1 | 07 December 2005 | | | | |
| | | | | AU | 2004270132 | A1 | 17 March 2005 | | | | |
| | | | | BR | PI0413137 | A | 03 October 2006 | | | | |
| | | | | CA | 2532039 | A1 | 17 March 2005 | | | | |
| | | | | EP | 1673159 | A1 | 28 June 2006 | | | | |
| | | | | MX | PA06001912 | A | 31 May 2006 | | | | |
| | | | | MY | 137936 | A | 30 April 2009 | | | | |
| | | | | RU | 2336423 | C2 | 20 October 2008 | | | | |
| | | | | US | 2005045416 | A1 | 03 March 2005 | | | | |
| | | | | WO | 2005023405 | A1 | 17 March 2005 | | | | |
| US | 4732004 | A | 22 March 1988 | CA | 1240159 | A | 09 August 1988 | | | | |
| | | | | CH | 665451 | A5 | 13 May 1988 | | | | |
| | | | | DE | 3468720 | D1 | 18 February 1988 | | | | |
| | | | | EP | 0134457 | A1 | 20 March 1985 | | | | |
| | | | | ES | 8601548 | A1 | 16 October 1985 | | | | |
| | | | | JP | H0555761 | B2 | 17 August 1993 | | | | |
| | | | | JP | S6038506 | A | 28 February 1985 | | | | |
| | | | | US | 4732004 | A | 22 March 1988 | | | | |
| | | | | ZA | 8405430 | B | 27 March 1985 | | | | |
| | | | | WO | 2017068176 | A1 | 27 April 2017 | DE | 102015118098 | A1 | 27 April 2017 |
| EP | 3365534 | A1 | 29 August 2018 | | | | | | | | |
| WO | 2017068176 | A1 | 27 April 2017 | | | | | | | | |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT2019/060179

| A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. F01K7/34 F01K19/10 F01K7/36 F01K7/38 F01K25/10 ADD. | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC | | |
| B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) F01K | | |
| Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen | | |
| Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data | | |
| C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN | | |
| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
| X | WO 2017/215804 A1 (SIEMENS AG [DE]) 21. Dezember 2017 (2017-12-21) Seite 8, Zeile 23 - Seite 11, Zeile 14; Abbildung 1 ----- | 1-10, 12-14, 23, 30-32, 34-36, 45,52 |
| X | US 2014/060047 A1 (KIM KIHYUNG [US] ET AL) 6. März 2014 (2014-03-06) Absätze [0013] - [0016]; Abbildung 1 ----- | 1,31 |
| A | US 5 806 317 A (KOEHLER WOLFGANG [DE] ET AL) 15. September 1998 (1998-09-15) Spalte 4, Zeile 16 - Spalte 5, Zeile 65; Abbildung 1 ----- -/-- | 1-52 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie | | |
| * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist | | |
| Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 21. August 2019 | | Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 30/08/2019 |
| Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016 | | Bevollmächtigter Bediensteter Röberg, Andreas |

| C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN | | |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
| A | US 2011/259010 A1 (BRONICKI LUCIEN Y [IL] ET AL) 27. Oktober 2011 (2011-10-27) Absätze [0026] - [0028]; Abbildung 1 ----- | 1-52 |
| A | US 2005/045416 A1 (MCCARTY MICHAEL W [US]) 3. März 2005 (2005-03-03) Absätze [0024], [0025]; Abbildung 1A ----- | 1-52 |
| A | US 4 732 004 A (BRAND ANDREAS [CH] ET AL) 22. März 1988 (1988-03-22) Spalte 3, Zeile 15 - Spalte 6, Zeile 12; Abbildung 1 ----- | 1-52 |
| A | WO 2017/068176 A1 (MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS EUROPE GMBH [DE]) 27. April 2017 (2017-04-27) Seite 12, Zeile 31 - Seite 14, Zeile 20; Abbildung 1 ----- | 1-52 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT2019/060179

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung | |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|------------|
| WO 2017215804 | A1 | 21-12-2017 | CN 109312635 A | 05-02-2019 |
| | | | EP 3420202 A1 | 02-01-2019 |
| | | | JP 2019507269 A | 14-03-2019 |
| | | | KR 20180084080 A | 24-07-2018 |
| | | | US 2019093518 A1 | 28-03-2019 |
| | | | WO 2017215804 A1 | 21-12-2017 |
| ----- | | | | |
| US 2014060047 | A1 | 06-03-2014 | KEINE | |
| ----- | | | | |
| US 5806317 | A | 15-09-1998 | AU 687519 B2 | 26-02-1998 |
| | | | DE 4409197 A1 | 21-09-1995 |
| | | | DZ 1866 A1 | 17-02-2002 |
| | | | EG 20580 A | 30-08-1999 |
| | | | EP 0750730 A1 | 02-01-1997 |
| | | | ES 2128716 T3 | 16-05-1999 |
| | | | GR 3030089 T3 | 30-07-1999 |
| | | | IL 112875 A | 27-12-1998 |
| | | | MA 23480 A1 | 01-10-1995 |
| | | | US 5806317 A | 15-09-1998 |
| | | | WO 9525247 A1 | 21-09-1995 |
| ----- | | | | |
| US 2011259010 | A1 | 27-10-2011 | AU 2011244070 A1 | 13-12-2012 |
| | | | CA 2796831 A1 | 27-10-2011 |
| | | | EP 2561188 A2 | 27-02-2013 |
| | | | US 2011259010 A1 | 27-10-2011 |
| | | | WO 2011132047 A2 | 27-10-2011 |
| ----- | | | | |
| US 2005045416 | A1 | 03-03-2005 | AR 046405 A1 | 07-12-2005 |
| | | | AU 2004270132 A1 | 17-03-2005 |
| | | | BR PI0413137 A | 03-10-2006 |
| | | | CA 2532039 A1 | 17-03-2005 |
| | | | EP 1673159 A1 | 28-06-2006 |
| | | | MX PA06001912 A | 31-05-2006 |
| | | | MY 137936 A | 30-04-2009 |
| | | | RU 2336423 C2 | 20-10-2008 |
| | | | US 2005045416 A1 | 03-03-2005 |
| | | | WO 2005023405 A1 | 17-03-2005 |
| ----- | | | | |
| US 4732004 | A | 22-03-1988 | CA 1240159 A | 09-08-1988 |
| | | | CH 665451 A5 | 13-05-1988 |
| | | | DE 3468720 D1 | 18-02-1988 |
| | | | EP 0134457 A1 | 20-03-1985 |
| | | | ES 8601548 A1 | 16-10-1985 |
| | | | JP H0555761 B2 | 17-08-1993 |
| | | | JP S6038506 A | 28-02-1985 |
| | | | US 4732004 A | 22-03-1988 |
| | | | ZA 8405430 B | 27-03-1985 |
| ----- | | | | |
| WO 2017068176 | A1 | 27-04-2017 | DE 102015118098 A1 | 27-04-2017 |
| | | | EP 3365534 A1 | 29-08-2018 |
| | | | WO 2017068176 A1 | 27-04-2017 |
| ----- | | | | |