(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
21. Dezember 2017 (21.12.2017)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/215776 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F01K 23/06 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/000518

(22) Internationales Anmeldedatum:
25. April 2017 (25.04.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 007 494.9
18. Juni 2016 (18.06.2016) DE

(71) Anmelder: **DAIMLER AG** [DE/DE]; Mercedesstraße 137, 70327 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: **BRUNSCHIER, Moritz**; Fleckenweinberg 57, 70192 Stuttgart (DE). **BUNZ, Christof**; Narzissenweg 30, 73730 Esslingen (DE). **GEHRING, Ottmar**; Tannenbergstr. 68, 70374 Stuttgart (DE). **KOK, Wilhelmus**; Theodor-Heuss-Strasse 7, 71384 Weinstadt (DE). **SCHRAFT, Dominik**; Lauffener Str. 35, 70435 Stuttgart (DE). **WAMSLER, Frank**; Scheffeldstrasse 23, 73529 Bärenhof (DE).

(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, 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,

WO 2017/215776 A1

(54) **Title:** DEVICE AND METHOD FOR OPERATING A WASTE-HEAT UTILIZATION SYSTEM

(54) **Bezeichnung:** VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES ABWÄRMENUTZUNGSSYSTEMS

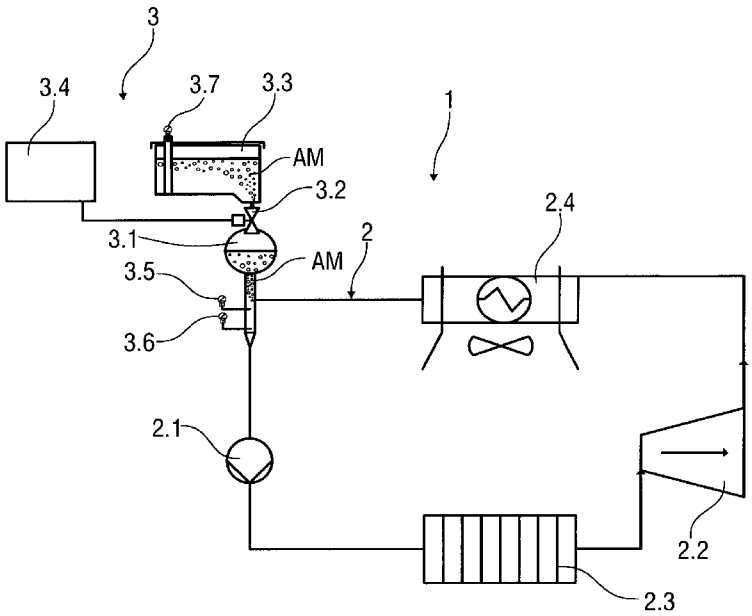


FIG 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a device (3) for operating a waste-heat utilization system (1) having a waste-heat utilization circuit (2), wherein the waste-heat utilization circuit (2) comprises a delivery unit (2.1) for delivering a liquid working medium (AM), at least one evaporator (2.2) for evaporating the working medium (AM) by means of waste heat from a waste-heat source, at least one expansion machine (2.3) for expanding the evaporated working medium (AM), and a condenser (2.4) for condensing the expanded working medium (AM). The device (3) furthermore comprises an expansion vessel (3.3) which is coupled in terms of flow to the waste-heat utilization circuit (2) in a region between the condenser (2.4) and the delivery unit (2.1), which expansion vessel serves for the compensation of volume and/or pressure fluctuations of the working medium (AM) circulating within the waste-heat utilization circuit

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, 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).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

circuit (2). According to the invention, the expansion vessel (3.3) is open to the surroundings for gases and, between the expansion vessel (3.3) and the waste-heat utilization circuit (2), an air collector (3.1) is coupled in terms of flow to the expansion vessel (3.3) and to the waste-heat utilization circuit (2). The invention also relates to a method for operating a waste-heat utilization system (1).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (3) zum Betrieb eines Abwärmenutzungssystems (1) mit einem Abwärmenutzungskreislauf (2), wobei der Abwärmenutzungskreislauf (2) eine Fördereinheit (2.1) zur Förderung eines flüssigen Arbeitsmediums (AM), zumindest einen Verdampfer (2.2) zur Verdampfung des Arbeitsmediums (AM) mittels Abwärme einer Abwärmequelle, zumindest eine Expansionsmaschine (2.3) zur Expansion des verdampften Arbeitsmediums (AM) und einen Kondensator (2.4) zum Kondensieren des expandierten Arbeitsmediums (AM) umfasst. Die Vorrichtung (3) umfasst weiterhin einen mit dem Abwärmenutzungskreislauf (2) in einem Bereich zwischen dem Kondensator (2.4) und der Fördereinheit (2.1) strömungstechnisch gekoppelten Ausgleichsbehälter (3.3) zum Ausgleich von Volumen- und/oder Druckschwankungen des innerhalb des Abwärmenutzungskreislaufs (2) zirkulierenden Arbeitsmediums (AM). Erfindungsgemäß ist der Ausgleichsbehälter (3.3) zur Umgebung offen für Gase und zwischen dem Ausgleichsbehälter (3.3) und dem Abwärmenutzungskreislauf (2) ist ein Luftsammler (3.1) strömungstechnisch mit dem Ausgleichsbehälter (3.3) und dem Abwärmenutzungskreislauf (2) gekoppelt. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Betrieb eines Abwärmenutzungssystems (1).

Vorrichtung und Verfahren zum Betrieb eines Abwärmenutzungssystems

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Betrieb eines Abwärmenutzungssystems gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Betrieb eines Abwärmenutzungssystems gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 6.

Aus der DE 10 2009 050 068 A1 ist ein Verbrennungsmotor mit einem Kühlkreis und einem Clausius-Rankine-Kreis zur Abwärmerückgewinnung bekannt, wobei der Clausius-Rankine-Kreis über eine Wärmetauschereinrichtung Wärme übertragend mit dem Kühlkreis verbunden ist und in dem Clausius-Rankine-Kreis ein Kondensator, eine Pumpe und eine Expansionseinheit angeordnet sind. Weiterhin sind ein Ausgleichsbehälter zum Ausgleich von Volumen-/Druckschwankungen eines innerhalb des Clausius-Rankine-Kreis zirkulierenden Arbeitsmediums und eine Druckregeleinrichtung vorgesehen, wobei die Druckregeleinrichtung einen im Ausgleichsbehälter herrschenden Druck des Arbeitsmediums aktiv reguliert.

Weiterhin ist aus der DE 10 2010 053 835 A1 eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Betrieb eines Abwärmenutzungskreislaufs für eine Verbrennungsmaschine in einem Fahrzeug, insbesondere eines Clausius-Rankine-Kreislaufs oder eines Organic-Clausius-Rankine-Kreislaufs, bekannt. Der Abwärmenutzungskreislauf umfasst ein zumindest zeit- und/oder abschnittsweise flüssiges Arbeitsmedium, wobei im Abwärmenutzungskreislauf eine Entgasungsvorrichtung angeordnet ist, welche passiv und zu einer automatischen Entlüftung des Arbeitsmediums ausgebildet ist. Die Entgasungsvorrichtung umfasst ein Membranventil oder Schwimmerventil und ist in einem Niederdruckabschnitt des Abwärmenutzungskreislaufs in einem flüssigen Arbeitsmediumstrom zwischen einem Ausgang eines Kondensators und einem Eingang einer Fördereinheit an einer gegenüber

einer Position des Ausgangs des Kondensators und einer Position des Eingangs der Fördereinheit erhöhten Position angeordnet. Die Entgasungsvorrichtung öffnet, wenn ein Druck in dem Niederdruckabschnitt einen vorgebbaren Wert über einem Umgebungsdruck liegt. Dabei wird die Entgasungsvorrichtung während eines Betriebs des Abwärmenutzungskreislaufs kontinuierlich betrieben und trennt das Arbeitsmedium von Gasen oder Gasgemischen. Das vom Arbeitsmedium separierte oder aus dem Arbeitsmedium abgeschiedene Gas oder Gasgemisch wird von der Entgasungsvorrichtung geregelt oder gesteuert an oder in eine Umgebung des Abwärmenutzungskreislaufs abgegeben.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine gegenüber dem Stand der Technik verbesserte Vorrichtung und ein verbessertes Verfahren zum Betrieb eines Abwärmenutzungssystems anzugeben.

Hinsichtlich der Vorrichtung wird die Aufgabe erfindungsgemäß durch die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale und hinsichtlich des Verfahrens durch die im Anspruch 6 angegebenen Merkmale gelöst.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Die Vorrichtung zum Betrieb eines Abwärmenutzungssystems, insbesondere in einem Kraftfahrzeug, umfasst einen Abwärmenutzungskreislauf, welcher eine Fördereinheit zur Förderung eines flüssigen Arbeitsmediums, zumindest einen Verdampfer zur Verdampfung des Arbeitsmediums mittels Abwärme einer Abwärmequelle, zumindest eine Expansionsmaschine zur Expansion des verdampften Arbeitsmediums und einen Kondensator zum Kondensieren des expandierten Arbeitsmediums umfasst. Weiterhin umfasst die Vorrichtung einen mit dem Abwärmenutzungskreislauf in einem Bereich zwischen dem Kondensator und der Fördereinheit strömungstechnisch gekoppelten Ausgleichsbehälter zum Ausgleich von Volumen- und/oder Druckschwankungen des innerhalb des Abwärmenutzungskreislaufs zirkulierenden Arbeitsmediums.

Erfindungsgemäß ist der Ausgleichsbehälter zur Umgebung offen für Gase und zwischen dem Ausgleichsbehälter und dem Abwärmenutzungskreislauf ist ein Luftsammler strömungstechnisch mit dem Ausgleichsbehälter und dem Abwärmenutzungskreislauf gekoppelt.

Aufgrund des Ausgleichsbehälters mit der Offenheit für Gase zur Umgebung hin und aufgrund des mit dem Ausgleichsbehälter gekoppelten Luftsammlers ist keine absolute Dichtheit des Abwärmenutzungssystems erforderlich, wodurch kostengünstige Komponenten verwendbar sind.

Mittels des Ausgleichsbehälters und des Luftsammlers ist in einfacher Weise eine effektive Entlüftung des Abwärmenutzungskreislaufs möglich, so dass eine vorhandene und einen Betrieb des Abwärmenutzungssystems beeinträchtigende Luft entfernt werden kann. Eine Erzeugung einer absoluten, d. h. hermetischen, Dichtheit des Abwärmenutzungssystems ist sowohl für einen Betrieb mit Unterdruck als auch für einen Betrieb mit Überdruck technologisch und im Hinblick auf die Kosten sehr aufwendig.

Aufgrund der Entlüftung kann eine Leistungsausbeute des Abwärmenutzungssystems durch Reduzierung des Luftanteils und Einstellung eines optimalen Füllstands des Arbeitsmediums im Abwärmenutzungssystem erhöht werden.

Bei einer Verwendung des Abwärmenutzungssystems in einem Kraftfahrzeug sind aufgrund der mittels der Vorrichtung automatisch durchführbaren Entlüftung und Befüllung des Abwärmenutzungskreislaufs mit dem Arbeitsmedium die Entlüftung und Befüllung individuell ohne das Erfordernis einer Wartungsmaßnahme möglich.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im Folgenden anhand von Zeichnungen näher erläutert.

Dabei zeigen:

Fig. 1 schematisch ein Blockschaltbild eines Abwärmenutzungssystems mit einer Vorrichtung zum Betrieb desselben und

Fig. 2 schematisch einen Programmablaufplan eines Verfahrens zum Betrieb eines Abwärmenutzungssystems.

Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

In Figur 1 ist ein Blockschaltbild eines möglichen Abwärmenutzungssystems 1 mit einem Abwärmenutzungskreislauf 2 und einer Vorrichtung 3 zum Betrieb des

Abwärmenutzungssystem 1, welches auf einem geschlossenen thermodynamischen Kreisprozess, beispielsweise auf einem so genannten Clausius-Rankine-Kreisprozess, basiert, dargestellt.

Das Abwärmenutzungssystem 1 ist insbesondere zur Nutzung von Abwärme in einem nicht gezeigten Kraftfahrzeug, beispielsweise eines Nutzfahrzeugs, vorgesehen. Insbesondere wird als Abwärmequelle (nicht näher dargestellt) eine nicht näher dargestellte Verbrennungskraftmaschine des Kraftfahrzeugs verwendet, wobei die Abwärme Verlustwärme der Verbrennungskraftmaschine ist.

Der Abwärmenutzungskreislauf 2 umfasst eine Fördereinheit 2.1 zur Förderung eines flüssigen Arbeitsmediums AM, beispielsweise Wasser oder Ethanol, einen Verdampfer 2.2 zur Verdampfung des Arbeitsmediums AM mittels Abwärme der Abwärmequelle, eine Expansionsmaschine 2.3, beispielsweise eine Turbine, zur Erzeugung mechanischer Energie durch Expandieren des verdampften Arbeitsmediums AM und einen Kondensator 2.4 zum Kondensieren des expandierten Arbeitsmediums AM.

In bekannter Weise erfolgt mittels der Fördereinheit 2.1 eine insbesondere adiabate und isentrope Druckerhöhung des Arbeitsmediums AM, bevor diesem innerhalb des Verdampfers 2.2 isobar Wärme zugeführt wird. Diese Wärme ist Abwärme der beispielsweise als Verbrennungskraftmaschine ausgebildeten Abwärmequelle, welche thermisch mit dem Verdampfer 2.2 gekoppelt ist. Die Abwärme wird mittels des Verdampfers 2.2 auf das Arbeitsmedium AM übertragen. Hierbei wird das Arbeitsmedium AM insbesondere zunächst bis zu einem Verdampfungspunkt erwärmt, anschließend isotherm verdampft und gegebenenfalls zusätzlich überhitzt. In nicht näher dargestellten Ausführungsbeispielen können mehrere Verdampfer 2.2 zur Realisierung einer oder mehrerer so genannter Zwischenüberhitzungen vorgesehen sein.

Anschließend wird das verdampfte Arbeitsmedium AM der Expansionsmaschine 2.3 zugeführt, mittels welcher eine insbesondere adiabat ausgebildete Expansion des dampfförmigen Arbeitsmediums AM durchgeführt wird. Die hierbei aus der Expansion resultierende und mittels der Expansionsmaschine 2.3 erzeugte mechanische Energie wird beispielsweise direkt zur Unterstützung der Verbrennungskraftmaschine beim Antrieb des Kraftfahrzeugs oder zum Antrieb weiterer Aggregate des Kraftfahrzeugs verwendet. Alternativ oder zusätzlich wird zumindest ein Teil der mechanischen Energie mittels eines

Generators in elektrische Energie umgewandelt, gespeichert und/oder unmittelbar zum Betrieb elektrischer Verbraucher des Kraftfahrzeugs verwendet.

Nach der Expansion wird das expandierte oder entspannte Arbeitsmedium AM dem Kondensator 2.4 zugeführt, in welchem eine insbesondere isobar ausgebildete Kondensation des dampfförmigen Arbeitsmediums AM durch Kühlung erfolgt. Für diese Kühlung ist der Kondensator 2.4 beispielsweise mit einem Kühlkreislauf der Verbrennungskraftmaschine und/oder einem Kältemittelkreislauf einer Klimaanlage des Kraftfahrzeugs gekoppelt.

Das Arbeitsmedium AM ist dabei derart ausgebildet, dass innerhalb des Abwärmenutzungskreislaufs 2 Betriebszustände auftreten können, in welchen Unterdruck herrscht, d. h. ein Systemdruck ist kleiner als ein Umgebungsdruck, oder in welchen Überdruck herrscht, d. h. der Systemdruck ist größer als der Umgebungsdruck.

Das Abwärmenutzungssystem 1 ist dabei hermetisch nicht dicht ausgebildet, so dass im Ruhezustand des Abwärmenutzungssystem 1, in welchem der Systemdruck kleiner als der Umgebungsdruck ist, Luft in den Abwärmenutzungskreislauf 2 eintreten kann. Diese Luft kann im Betrieb zu einer Beeinträchtigung des thermodynamischen Kreisprozesses und somit zu einer Verringerung eines Wirkungsgrades des Abwärmenutzungssystems 1 führen. Zur Steigerung des Wirkungsgrades ist deshalb ein Herausführen der Luft aus dem Abwärmenutzungskreislauf 2, d. h. eine so genannte Entlüftung, erforderlich.

Zu dieser Entlüftung umfasst die Vorrichtung 3 einen mit dem Abwärmenutzungskreislauf 2 in einem Bereich zwischen dem Kondensator 2.4 und der Fördereinheit 2.1 strömungstechnisch gekoppelten Luftsammler 3.1, welcher mittels eines Ventils 3.2 strömungstechnisch mit einem zum Ausgleich von Volumen- und/oder Druckschwankungen des Arbeitsmediums AM vorgesehenen Ausgleichsbehälter 3.3 koppelbar und von diesem trennbar ist.

Das Ventil 3.2 ist dabei steuerbar und/oder regelbar und zu diesem Zweck mit einer Steuereinheit 3.4 verbunden, wobei die Ansteuerung des Ventils 3.2 mittels der Steuereinheit 3.4 unter Bezugnahme auf den in Figur 2 dargestellten Programmablaufplan näher beschrieben wird.

Weiterhin umfasst die Vorrichtung 3 eine innerhalb des Abwärmenutzungskreislaufs 2 im Bereich zwischen dem Kondensator 2.4 und der Fördereinheit 2.1 vor dem

Luftsammler 3.1 angeordnete Temperaturerfassungseinheit 3.5 zur Erfassung einer Temperatur des Arbeitsmediums AM und eine ebenfalls im Bereich zwischen dem Kondensator 2.4 und der Fördereinheit 2.1 vor dem Luftsammler 3.1 angeordnete Druckerfassungseinheit 3.6 zur Erfassung eines Drucks des Arbeitsmediums AM.

Ferner umfasst der Ausgleichsbehälter 3.3 einen Füllstandssensor 3.7 zur Erfassung eines Füllstands von innerhalb des Ausgleichsbehälters 3.3 befindlichem Arbeitsmedium AM.

Figur 2 zeigt einen Programmablaufplan eines möglichen Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Steuerung des in Figur 1 dargestellten Abwärmenutzungssystems 1.

Das Verfahren wird dabei derart ausgeführt, dass wie bereits beschrieben mittels der Fördereinheit 2.1 eine insbesondere adiabate und isentrope Druckerhöhung des Arbeitsmediums AM durchgeführt wird, bevor diesem innerhalb des Verdampfers 2.2 isobar Wärme zugeführt wird. Diese Wärme ist Abwärme der beispielsweise als Verbrennungskraftmaschine ausgebildeten Abwärmequelle, welche thermisch mit dem Verdampfer 2.2 gekoppelt ist. Die Abwärme wird mittels des Verdampfers 2.2 auf das Arbeitsmedium AM übertragen. Hierbei wird das Arbeitsmedium AM insbesondere zunächst bis zu einem Verdampfungspunkt erwärmt, anschließend isotherm verdampft und gegebenenfalls zusätzlich überhitzt. In nicht näher dargestellten Ausführungsbeispielen können mehrere Verdampfer 2.2 zur Realisierung einer oder mehrerer so genannter Zwischenüberhitzungen vorgesehen sein.

Anschließend wird das verdampfte Arbeitsmedium AM der Expansionsmaschine 2.3 zugeführt, mittels welcher eine insbesondere adiabat ausgebildete Expansion des dampfförmigen Arbeitsmediums AM durchgeführt wird. Die hierbei aus der Expansion resultierende und mittels der Expansionsmaschine 2.3 erzeugte mechanische Energie wird beispielsweise direkt zur Unterstützung der Verbrennungskraftmaschine beim Antrieb des Kraftfahrzeugs oder zum Antrieb weiterer Aggregate des Kraftfahrzeugs verwendet. Alternativ oder zusätzlich wird zumindest ein Teil der mechanischen Energie mittels eines Generators in elektrische Energie umgewandelt, gespeichert und/oder unmittelbar zum Betrieb elektrischer Verbraucher des Kraftfahrzeugs verwendet.

Nach der Expansion wird das expandierte oder entspannte Arbeitsmedium AM dem Kondensator 2.4 zugeführt, in welchem eine insbesondere isobar ausgebildete

Kondensation des dampfförmigen Arbeitsmediums AM durch Kühlung erfolgt. Für diese Kühlung ist der Kondensator 2.4 beispielsweise mit einem Kühlkreislauf der Verbrennungskraftmaschine und/oder einem Kältemittelkreislauf einer Klimaanlage des Kraftfahrzeugs gekoppelt.

Eine Entlüftung des Abwärmenutzungskreislaufs 2 und eine Befüllung desselben werden wie im Folgenden beschrieben durchgeführt.

Nach einem Start des Verfahrens erfolgt zunächst in einem ersten Schritt S1 eine Bestimmung einer aktuellen Luftmenge im Abwärmenutzungskreislauf 2. Diese erfolgt bei ruhendem Abwärmenutzungskreislauf 2 wobei in einer ersten Verzweigung V1 überprüft wird, ob stationäre Bedingungen vorliegen (gekennzeichnet durch das Bezugszeichen J für "Ja") oder ob keine stationären Bedingungen vorliegen (gekennzeichnet durch das Bezugszeichen N für "Nein").

Zur Bestimmung der Luftmenge im Schritt S1 dient ein Verfahren, welches im Ruhezustand des Abwärmenutzungskreislaufs 2 anhand eines mittels der Druckerfassungseinheit 3.6 gemessenen Drucks die Luftmenge im Abwärmenutzungskreislauf 2 bestimmt. Dazu wird der gemessene Druck mit einem aus einer Datenbank entnommenen Referenzdruck verglichen. Der Referenzdruck wird dabei in der Datenbank aus einer so genannten Dampfdruckkurve anhand einer mittels der Temperaturerfassungseinheit 3.5 ermittelten Temperatur und hinterlegten Stoffkenndaten ermittelt. Wenn sich keine Luft im Abwärmenutzungskreislauf 2 befindet, sind der gemessene Druck und der Referenzdruck identisch. Liegt der gemessene Druck über dem Referenzdruck, wird ein vorhandener Differenzdruck zur Berechnung eines Luft-Partialdrucks und damit der vorhandenen Luftmenge im Abwärmenutzungskreislauf 2 verwendet. Diese Berechnung im Ruhezustand dient als Initialisierung einer im Systembetrieb laufend im zweiten Schritt S2 durchgeführten Partialdruckberechnung.

In diesem Schritt S2 wird während des Betriebs des Abwärmenutzungskreislaufs 2 gemäß analog zum Schritt S1 die aktuelle Luftmenge im Abwärmenutzungskreislauf 2 ermittelt. In einem darauffolgenden dritten Schritt S3 erfolgt ein Abgleich der im Schritt S1 und Schritt S2 ermittelten Werte der Luftmenge, wobei anhand des Abgleichs in einer weiteren Verzeigung V2 ermittelt wird, ob eine Entgasung und/oder eine Verringerung einer Füllmenge an Arbeitsmedium AM, im Folgenden als Entleerung bezeichnet, möglich ist.

Ist keine Entgasung oder Entleerung möglich, wird in einer weiteren Verzweigung V3 ermittelt, ob eine Befüllung des Abwärmenutzungskreislaufs 2 mit Arbeitsmedium AM möglich ist.

Ist die Befüllung nicht möglich, erfolgt eine unmittelbare Rückführung des Verfahrens zu Schritt S2. Ist die Befüllung möglich, wird in einer weiteren Verzweigung V4 überprüft, ob die Befüllung erforderlich ist. Ist dies der Fall, erfolgt in einem vierten Schritt S4 eine Ansteuerung einer Wiederbefüllung des Abwärmenutzungskreislaufs 2 und anschließend eine Rückführung zu Schritt S2. Ist eine Befüllung nicht erforderlich, erfolgt die Rückführung des Verfahrens zu Schritt S2 unmittelbar.

Wird dagegen in der Verzweigung V2 ermittelt, dass die Entgasung und/oder Entleerung möglich ist bzw. sind, wird in einer weiteren Verzweigung V5 ermittelt, ob die Entleerung erforderlich ist. Ist dies der Fall, erfolgt in einem fünften Schritt S5 eine Ansteuerung der Entleerung und anschließend eine Rückführung des Verfahrens zu Schritt S2.

Ist eine Entleerung nicht erforderlich, wird in einer weiteren Verzweigung V6 ermittelt, ob die Entgasung erforderlich ist. Ist dies der Fall, erfolgt in einem sechsten Schritt S6 eine Ansteuerung der Entgasung und anschließend eine Rückführung des Verfahrens zu Schritt S2. Ist keine Entgasung erforderlich, erfolgt eine Weiterführung des Verfahrens zur Verzweigung V3.

Dabei erfolgt die Entgasung bei erfasstem Überdruck, das heißt die Verringerung der Luftmenge im Abwärmenutzungskreislauf 2, derart, dass das Ventil 3.2 geöffnet wird und innerhalb des Luftsammlers 3.1 aufgenommene Luft in den Ausgleichsbehälter 3.3 strömt. Hierbei wird das Ventil 3.2 taktweise angesteuert und eine im Luftsammler 3.1 gebildete Luftblase entweicht jeweils stückweise in den Ausgleichsbehälter 3.3. Dabei folgen in kurzen Zeitabschnitten des Ventilöffnens längere Zeitabschnitte mit geschlossenem Ventil 3.2, damit sich die Luft wieder im Luftsammler 3.1 ansammeln kann und eine Menge an entweichendem Arbeitsmedium AM minimiert wird. Eine dennoch mit der Luft entweichende Menge des Arbeitsmediums AM wird im Ausgleichsbehälter 3.3 gesammelt, wobei mittels des in den Ausgleichsbehälter 3.3 eintretenden Arbeitsmediums AM im zur Umgebung geöffneten Ausgleichsbehälter 3.3 vorhandene Luft in die Umgebung verdrängt. Diese zuvor beschriebene Ansteuerung des Ventils 3.2 erfolgt in wiederkehrenden Abfolgen bis entweder der Ausgleichsbehälter 3.3 vollständig mit Arbeitsmedium AM gefüllt ist und dies vom Füllstandsensor 3.7 erfasst wird oder bis eine

berechnete Luftmenge im Abwärmenutzungskreislauf 2 einen vorgegebenen Wert erreicht hat.

Ist bei erfasstem Überdruck eine Entleerung, d. h. eine Verringerung der Füllmenge im Abwärmenutzungskreislauf 2, erforderlich, wird das Ventil 3.2 derart, insbesondere ohne Taktung, angesteuert, dass das Arbeitsmedium AM in den Ausgleichsbehälter 3.3 transportiert wird.

Um die Entlüftungsfunktion erneut durchzuführen, werden Betriebsphasen mit vorherrschendem Unterdruck im Abwärmenutzungskreislauf 2 genutzt. Dieser Unterdruck kann sich entweder durch Betriebssituationen selbständig ergeben oder auch gezielt durch entsprechende Ansteuerung des Kondensators 2.4, insbesondere eine Erhöhung einer Kühlleistung, und/oder eine Ansteuerung der Fördereinheit 2.1, insbesondere eine Verringerung der Fördermenge, erzeugt werden. Bei erfasstem Unterdruck wird das Ventil 3.2 geöffnet und aufgrund des Unterdrucks wird in dem Ausgleichsbehälter 3.3 befindliches Arbeitsmedium AM zurück in den Abwärmenutzungskreislauf 2 gesaugt. Dies erfolgt insbesondere so lange, bis mittels des Füllstandssensors 3.7 ein vorgegebener minimaler Füllstand des Ausgleichsbehälters 3.3 erfasst wird oder eine vorgegebene Füllmenge des Abwärmenutzungskreislaufs 2 eingestellt ist. Es verbleibt immer eine Restmenge Arbeitsmedium AM im Ausgleichsbehälter 3.3, um ein Ansaugen von Luft aus diesem in den Abwärmenutzungskreislauf 2 zu vermeiden.

Mittels des zuvor beschriebenen Verfahrensablaufs ist es möglich, dass der Abwärmenutzungskreislauf 2 im Ruhezustand vollständig mit dem Arbeitsmedium AM befüllt wird und eine Druckdifferenz zur Umgebung sowie dadurch eine Menge der möglicherweise eintretenden Luft in den Abwärmenutzungskreislauf 2 reduziert wird.

Weiterhin werden bei der Durchführung des Verfahrens vorherrschende Druckniveaus und Druckdifferenzen zwischen dem Abwärmenutzungskreislauf 2 und seiner Umgebung genutzt, um allein durch Ansteuerung des Ventils 3.2 ohne Nutzung einer Medienpumpe oder anderer aktiver Elemente die Luft aus dem Abwärmenutzungskreislauf 2 heraus oder das Arbeitsmedium AM in den Abwärmenutzungskreislauf 2 hinein oder heraus zu fördern.

Bezugszeichenliste

1	Abwärmenutzungssystem
2	Abwärmenutzungskreislauf
2.1	Fördereinheit
2.2	Verdampfer
2.3	Expansionsmaschine
2.4	Kondensator
3	Vorrichtung
3.1	Luftsammler
3.2	Ventil
3.3	Ausgleichsbehälter
3.4	Steuereinheit
3.5	Temperaturerfassungseinheit
3.6	Druckerfassungseinheit
3.7	Füllstandssensor
AM	Arbeitsmedium
J	Ja
N	Nein
S1 bis S6	Schritt
V1 bis V6	Verzweigung

Patentansprüche

1. Vorrichtung (3) zum Betrieb eines Abwärmenutzungssystems (1) mit einem Abwärmenutzungskreislauf (2), wobei der Abwärmenutzungskreislauf (2)
- eine Fördereinheit (2.1) zur Förderung eines flüssigen Arbeitsmediums (AM),
- zumindest einen Verdampfer (2.2) zur Verdampfung des Arbeitsmediums (AM) mittels Abwärme einer Abwärmequelle,
- zumindest eine Expansionsmaschine (2.3) zur Expansion des verdampften Arbeitsmediums (AM) und
- einen Kondensator (2.4) zum Kondensieren des expandierten Arbeitsmediums (AM) umfasst;
- mit einem mit dem Abwärmenutzungskreislauf (2) in einem Bereich zwischen dem Kondensator (2.4) und der Fördereinheit (2.1) strömungstechnisch gekoppelten Ausgleichsbehälter (3.3) zum Ausgleich von Volumen- und/oder Druckschwankungen des innerhalb des Abwärmenutzungskreislaufs (2) zirkulierenden Arbeitsmediums (AM),
dadurch gekennzeichnet, dass
- der Ausgleichsbehälter (3.3) zur Umgebung offen für Gase ist
- und zwischen dem Ausgleichsbehälter (3.3) und dem Abwärmenutzungskreislauf (2) ein Luftsammler (3.1) strömungstechnisch mit dem Ausgleichsbehälter (3.3) und dem Abwärmenutzungskreislauf (2) gekoppelt ist.

2. Vorrichtung (3) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
- zwischen dem Ausgleichsbehälter (3.3) und dem Luftsammler (3.1) zumindest ein Ventil (3.2) angeordnet ist,
- mittels welchem der Ausgleichsbehälter (3.3) und der Luftsammler (3.1)

strömungstechnisch miteinander koppelbar und strömungstechnisch voneinander trennbar sind.

3. Vorrichtung (3) nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
das zumindest eine Ventil (3.2) mit einer Steuereinheit (3.4) zur Steuerung und/oder Regelung des Ventils (3.2) gekoppelt ist.

4. Vorrichtung (3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
innerhalb des Abwärmenutzungskreislaufs (2) im Bereich zwischen dem Kondensator (2.4) und der Fördereinheit (2.1) vor dem Luftsammler (3.1) zumindest eine Druckerfassungseinheit (3.6) zur Erfassung eines Drucks des Arbeitsmediums (AM) und/oder zumindest eine Temperaturerfassungseinheit (3.5) zur Erfassung einer Temperatur des Arbeitsmediums (AM) angeordnet sind bzw. ist.

5. Vorrichtung (3) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Ausgleichsbehälter (3.3) einen Füllstandssensor (3.7) zur Erfassung eines Füllstands von innerhalb des Ausgleichsbehälters (3.3) befindlichem Arbeitsmedium (AM) umfasst.

6. Verfahren zum Betrieb eines Abwärmenutzungssystems (1), wobei das Abwärmenutzungssystem (1) einen Abwärmenutzungskreislauf (2) mit
- einer Fördereinheit (2.1), mittels welcher ein flüssiges Arbeitsmedium (AM) gefördert wird,
- zumindest einem Verdampfer (2.2), mittels welchem das Arbeitsmedium (AM) mittels Abwärme einer Abwärmequelle verdampft wird,
- zumindest einer Expansionsmaschine (2.3), mittels welcher das verdampfte Arbeitsmedium (AM) expandiert wird, und
- einem Kondensator (2.4), mittels welchem das expandierte Arbeitsmedium (AM) kondensiert wird, umfasst
und mittels eines mit dem Abwärmenutzungskreislauf (2) in einem Bereich zwischen dem Kondensator (2.4) und der Fördereinheit (2.1) strömungstechnisch gekoppelten Ausgleichsbehälters (3.3) Volumen- und/oder Druckschwankungen des innerhalb

des Abwärmenutzungskreislaufs (2) zirkulierenden Arbeitsmediums (AM) ausgeglichen werden,
dadurch gekennzeichnet, dass
- zwischen dem zur Umgebung offen für Gase ausgebildeten Ausgleichsbehälter (3.3) und dem Abwärmenutzungskreislauf (2) ein Luftsammler (3.1) strömungstechnisch mit dem Ausgleichsbehälter (3.3) und dem Abwärmenutzungskreislauf (2) gekoppelt ist, wobei mittels des Luftsammlers (3.1) innerhalb des Abwärmenutzungskreislaufs (2) vorhandene Luft bei Überdruck aufgenommen wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
bei erfasstem Überdruck innerhalb des Abwärmenutzungskreislaufs (2) zu einer Entlüftung des Abwärmenutzungskreislaufs (2) ein zwischen dem Ausgleichsbehälter (3.3) und dem Luftsammler (3.1) angeordnetes Ventil (3.2) geöffnet wird und innerhalb des Luftsammlers (3.1) aufgenommene Luft und/oder Arbeitsmedium (AM) in den Ausgleichsbehälter (3.3) strömt.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
bei erfasstem Unterdruck innerhalb des Abwärmenutzungskreislaufs (2) zu einer Befüllung des Abwärmenutzungskreislaufs (2) mit Arbeitsmedium (AM) ein zwischen dem Ausgleichsbehälter (3.3) und dem Luftsammler (3.1) angeordnetes Ventil (3.2) geöffnet wird und innerhalb des Ausgleichsbehälters (3.3) vorhandenes Arbeitsmedium (AM) durch den Luftsammler (3.1) in den Abwärmenutzungskreislauf (3.2) strömt.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Ventil (3.2) getaktet angesteuert wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
mittels einer Steuerung einer Kühlleistung des Kondensators (2.4) und/oder einer Steuerung einer Förderleistung der Fördereinheit (2.1) ein Zustand innerhalb des

Abwärmenutzungskreislaufs (2) derart eingestellt wird, dass ein definierter Unterdruck oder Überdruck innerhalb des Abwärmenutzungskreislaufs (2) erzeugt wird.

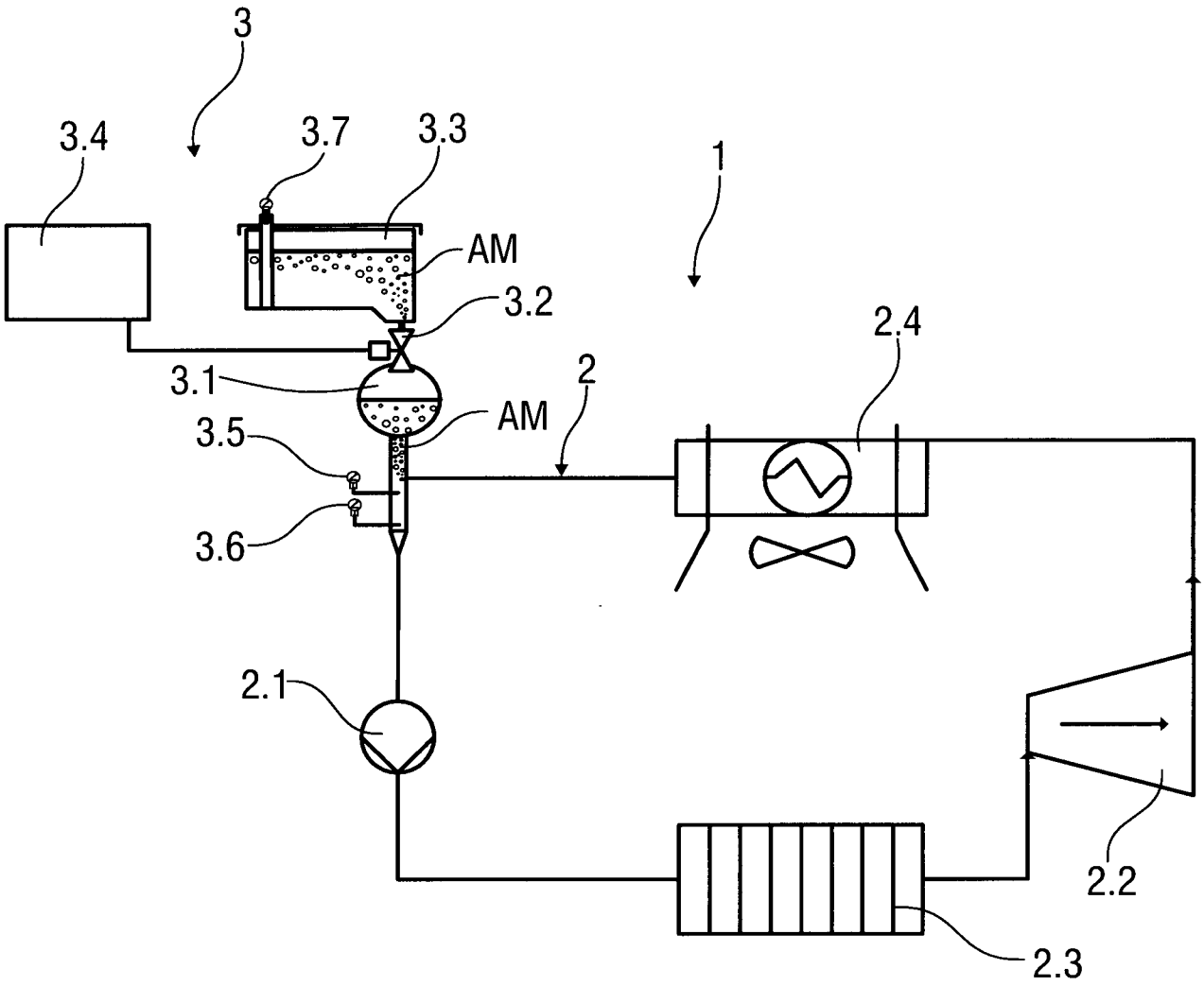


FIG 1

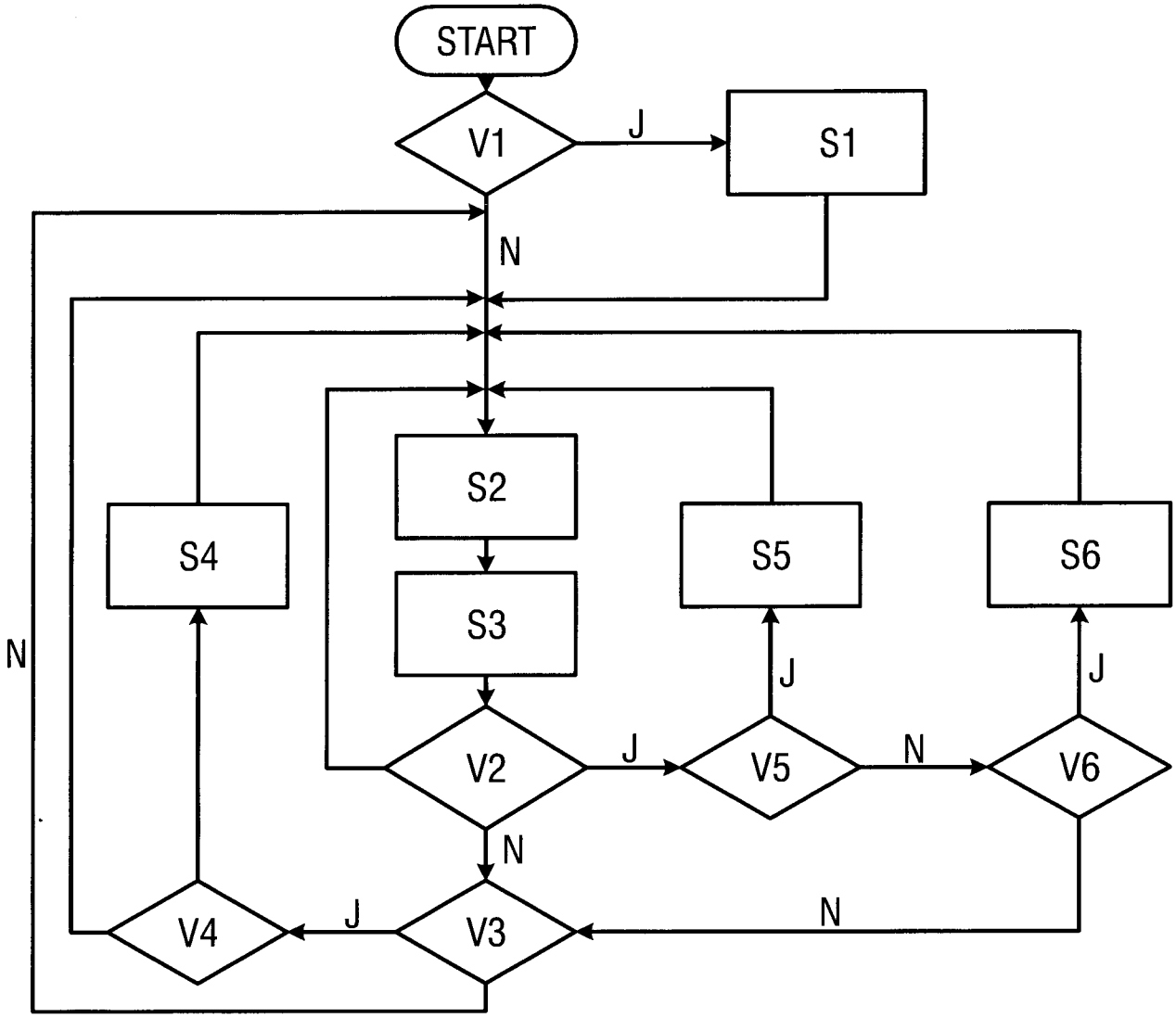


FIG 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/000518

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F01K23/06
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F01K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, 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	DE 10 2010 042558 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 19 April 2012 (2012-04-19) abstract; figures 1-3 paragraphs [0001] - [0009], [0022] - [0033], [0037] - [0039], [0044] - [0046]	1-10
A	DE 10 2011 122385 A1 (DAIMLER AG [DE]) 27 June 2013 (2013-06-27) abstract; figure 1 paragraphs [0029] - [0056]	1-10
A	EP 2 927 438 A1 (MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH [DE]) 7 October 2015 (2015-10-07) abstract; figure 2 paragraphs [0036] - [0048]	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
10 July 2017	18/07/2017

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Varelas, Dimitrios

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2017/000518

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102010042558 A1	19-04-2012	DE 102010042558 A1	19-04-2012
		WO 2012052226 A2	26-04-2012
DE 102011122385 A1	27-06-2013	NONE	
EP 2927438 A1	07-10-2015	DE 102014206038 A1	01-10-2015
		EP 2927438 A1	07-10-2015
		US 2015275778 A1	01-10-2015

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/000518

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F01K23/06
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	DE 10 2010 042558 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 19. April 2012 (2012-04-19) Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 Absätze [0001] - [0009], [0022] - [0033], [0037] - [0039], [0044] - [0046]	1-10
A	DE 10 2011 122385 A1 (DAIMLER AG [DE]) 27. Juni 2013 (2013-06-27) Zusammenfassung; Abbildung 1 Absätze [0029] - [0056]	1-10
A	EP 2 927 438 A1 (MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH [DE]) 7. Oktober 2015 (2015-10-07) Zusammenfassung; Abbildung 2 Absätze [0036] - [0048]	1-10

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
10. Juli 2017	18/07/2017

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Varelas, Dimitrios

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2017/000518

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102010042558 A1	19-04-2012	DE 102010042558 A1	19-04-2012
		WO 2012052226 A2	26-04-2012
DE 102011122385 A1	27-06-2013	KEINE	
EP 2927438 A1	07-10-2015	DE 102014206038 A1	01-10-2015
		EP 2927438 A1	07-10-2015
		US 2015275778 A1	01-10-2015