(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 306 042 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
11.04.2018 Patentblatt 2018/15

(21) Anmeldenummer: **17020349.1**

(22) Anmeldetag: **09.08.2017**

(51) Int Cl.:
F01K 13/00 *(2006.01)* ***F22B 1/16*** *(2006.01)*
F28D 20/00 *(2006.01)* ***F01K 3/12*** *(2006.01)*
F22B 1/02 *(2006.01)*

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

(30) Priorität: **12.09.2016 DE 102016011205**

(71) Anmelder: **Löffler, Michael**
76751 Jockgrim (DE)

(72) Erfinder: **Löffler, Michael**
76751 Jockgrim (DE)

(54) **WÄRMEKRAFTMASCHINE MIT BATCHPROZESS**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf eine Wärmekraftmaschine, die zur Realisierung von Batchprozessen verwendet werden kann, sowie auf ihren Aufbau und ihre Funktion. Die Wärmekraftmaschine erlaubt die weitgehende Umsetzung eines hocheffizienten Dreiecksprozesses. Der Batchbetrieb mit einer Wärmekraftmaschine kann unter Verwendung eines oder mehrerer Speicherbehälter erfolgen. Die Wärmekraftmaschine enthält einen Wärmeübertrager (40) zur Verdampfung von Arbeitsmittel. Der Wärmeübertrager (40) vereinigt Vorwärmer, Verdampfer und Überhitzer. Der Behälter (1a) kann je nach Ventilöffnung der Ventile (19) oder (20) mit der Wärmequelle (21) oder den Wärmeübertrager (40) hydraulisch in Verbindung gebracht werden, so dass dann ein Austausch von Wärmeträgermedium ermöglicht wird. Bei geöffnetem Ventil (19) gelangt von der Wärmequelle (21) warmes Wärmeträgermedium über das Ventil (19) oben in den Behälter (1a). Vom unteren Anschluss des Behälters (1a) gelangt kälteres Wärmeträgermedium über die Pumpe (17) zurück zur Wärmequelle (21). Bei geöffnetem Ventil (20) gelangt Wärmeträgermedium vom Wärmeübertrager (40) über die Pumpe (41) zum unteren Anschluss des Behälters (1a). Vom oberen Anschluss des Behälters (1a) gelangt Wärmeträgermedium über das Ventil (20) zurück zum Wärmeübertrager (40).

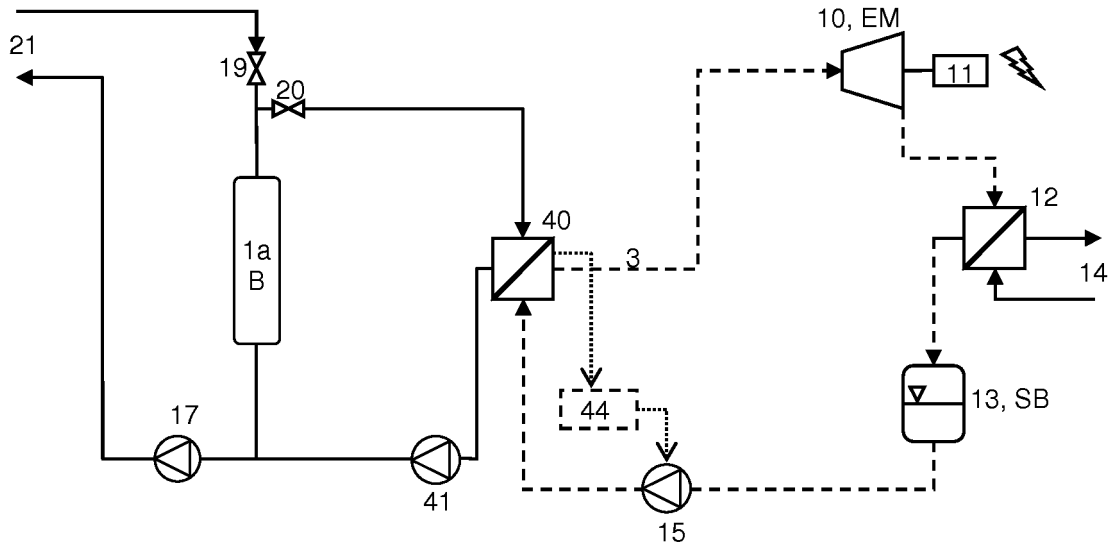


Abbildung 2: Batchbetrieb bei einer Wärmekraftmaschine mit einem Behälter

EP 3 306 042 A1

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Zurzeit verfügbare Wärmekraftmaschinen (**WKM**) bestehen im Kern aus einem Verdampfer, einer Entspannungsmaschine, einem Kondensator und einer Flüssigkeitspumpe. Zusätzlich umfasst eine WKM eine Wärmequelle, eine Wärmesenke, Ventile, Rohre und Regelungsorgane.

[0002] Im Verdampfer wird zugeführte Wärme dazu verwendet, ein Arbeitsmittel, oft Wasser, bei erhöhtem Druck zu verdampfen. Dabei wird das flüssige Arbeitsmittel in einem oder mehreren Wärmeübertragern zunächst vorgewärmt, verdampft und in den meisten Fällen überhitzt.

[0003] Der in Wärmeübertragern erzeugte Dampf wird der Entspannungsmaschine zugeführt (Speisedampf) und in dieser entspannt. Die mit der Entspannungsmaschine gewonnene mechanische Energie wird meistens in elektrische Energie umgewandelt und in Stromnetze eingespeist. Der entspannte Dampf wird meistens einem Kondensator zugeführt und dort kondensiert. Das vollständig kondensierte Arbeitsmittel wird mittels der Flüssigkeitspumpe auf einen erhöhten Druck gebracht und wieder dem Verdampfer zugeführt. Hiermit schließt sich der Kreislauf des Arbeitsmittels. Der Prozess wird Kreisprozess genannt.

[0004] Als Entspannungsmaschinen werden überwiegend Turbinen eingesetzt. Möglich sind aber auch z.B. Kolbenmaschinen, Schraubenmaschinen und Flügelzellenmaschinen (Drehkolbenmaschinen). Kontinuierlich arbeitende Entspannungsmaschinen wie z.B. Turbinen arbeiten bei einem bestimmten (Entspannungs-) Druckverhältnis π besonders effektiv. Weicht man von diesem Druckverhältnis π ab, so sinkt die exergetische Güte der Entspannung rasch ab. Diskontinuierlich arbeitende Entspannungsmaschinen, wie z.B. Kolbenmaschinen und Schraubenmaschinen, weisen selbst bei stark variierendem Druckverhältnis π hohe exergetische Güten auf. Dies folgt bei Kolbenmaschinen und Schraubenmaschinen aus der Variabilität des Befüllungsgrades des Zylinders. Wird der Zylinder während der Beladung nur in einem geringen Verhältnis (z.B. 10 %) gefüllt, so erreicht man ein hohes Druckverhältnis π (z.B. $\pi = 20$ bei Adiabatenexponent $\kappa = 1{,}3$). Wird der Zylinder stark gefüllt (z.B. 50 %) so erhält man ein geringes Druckverhältnis π (z.B. $\pi = 2{,}5$ bei $\kappa = 1{,}3$). Dieser Zusammenhang wird in den späteren Ausführungen noch eine Rolle spielen.

[0005] Im Fall von Wasser als Arbeitsmittel heißt der oben beschriebene Wärmekraftmaschinenprozess Clasusius-Rankine-Prozess (CRC). Werden andere Arbeitsmittel benutzt, heißt der Prozess Organic-Rankine-Prozess (ORC). Beide Prozessarten beschreiben im T-S-Diagramm in etwa ein Rechteck. Aus diesem Grund zählen CRC und ORC zu den carnotähnlichen Prozessen. Die Effektivität der Prozesse kann durch mehrstufige Verdampfung, interne Wärmeübertrager und die Verwendung von Arbeitsmittelgemischen (Kalina-Prozess) gesteigert werden.

[0006] Wärmequellen für sensible Wärme mit niedriger Temperatur können beispielsweise geothermische Anlagen, Solaranlagen oder Abwärmeströme aus Industrieprozessen sein. Bei der Nutzung von sensibler Niedertemperaturwärme hat ein idealer WKM-Prozess im T-s-Diagramm die Form eines Dreiecks. Diese Prozessform wird in der Literatur Dreiecksprozess oder triangle cycle oder trilateral cycle [1] genannt. Ist ein Dreiecksprozess realisierbar, so kann der Dreiecksprozess im Vergleich zu ORC oder CRC, die den Stand der Technik darstellen, beispielsweise 30% mehr mechanische Leistung aus der zur Verfügung stehenden Wärme erzeugen [2, 3]. Es ist bisher jedoch noch nicht gelungen, einen Dreiecksprozess zu realisieren.

Zu lösende Probleme

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, einen Aufbau und die Funktion einer Wärmekraftmaschine darzustellen, wobei die Wärmekraftmaschine die weitgehende Umsetzung eines Dreieckprozesses erlaubt. Kern der Erfindung ist die Bereitstellung von Wärmeträgermedium aus einem oder mehrere Behälter im Batchbetrieb. Die Wärmeenergie für die Verdampfung wird dabei aus einem Behälter, der mit Wärmeträgermedium gefüllt ist (1a oder 1b), an den Verdampfer 40 übertragen. Dabei werden folgende Probleme gelöst:

1. Kontinuierlicher Betrieb der Wärmekraftmaschine wird dadurch erreicht, dass zwei Behälter verwendet werden, von denen beide abwechselnd über Ventile 19, 20, 21, 22 mit der Wärmequelle oder mit dem Verdampfer verbunden werden können.
2. Schädliche Kondensation von Dampf in der Entspannungsmaschine EM, 10, wird dadurch vermieden, dass das Arbeitsmedium nach der Verdampfung überhitzt wird.
3. Überhitzung und Vorwärmen des Arbeitsmediums erfolgen durch Wärmeträgermedium aus der Wärmequelle 21 und nicht aus den Behältern 1a, 1b. Auf diese Weise wird das Arbeitsmedium vorgewärmt und stets bis annähernd zur Maximaltemperatur der Wärmequelle 21 überhitzt.
4. Die nach der Entspannung noch im Arbeitsmedium vorhandene Wärme wird durch Wärmeübertrager (Enthitzer) 32 aus dem entspannten Dampf entnommen und dem Prozess in einem weiteren Batchprozess mit Behältern 50a und 50b und dem Vorwärmer 45 bei geringer Dissipation wieder zugeführt.

Beschreibung der Erfindung

[0008] Die Erfindung basiert auf der Realisierung von Batchprozessen im Bereich der thermodynamischen Kreisprozesse. Es existieren im Wesentlichen zwei For-

men von Kreisprozessen: Wärmepumpen und Wärmekraftmaschinen. Im Bereich der Wärmepumpen werden Batchprozesse bereits erfolgreich umgesetzt (EP EP2470850 A2). Die Technik der Batchprozesse wird mit der vorliegenden Erfindung auf Wärmekraftmaschinen übertragen.

[0009] Wärmekraftmaschinen arbeiten üblicherweise mit konstantem Verdampfungsdruck. Die Wärmequelle stellt dabei über ein Wärmeträgermedium im Wesentlichen sensible Wärme bereit. Wärmeträgermedium ist beispielsweise Wasser oder Thermoöl. Liegt die Wärmequelle als Abgas oder als Thermalwasser vor, muss die Wärme zuerst von der Wärmequelle an Wasser oder Thermoöl übertragen werden (nicht dargestellt). Die Wärme wird in Wärmeübertragern für die Vorwärmung, Verdampfung und Überhitzung von Arbeitsmedium verwendet. Bei Batchprozessen wird das Wärmeträgermedium in einem Behälter 1a zwischengespeichert. Dieser Behälter kann über Ventile entweder zur Beladung mit der Wärmequelle 21 oder zur Entladung mit dem Verdampfer 40 verbunden werden. Bei der Beladung strömt wärmeres Arbeitsmittel von der Wärmequelle 21 oben in den Behälter 1a oder 1b ein und kälteres Arbeitsmittel unten aus dem Behälter aus. Bei der Entladung strömt wärmeres Wärmeträgermedium oben am Behälter 1a aus und in den Verdampfer 40 ein, und um wenige Kelvin abgekühltes Wärmeträgermedium unten aus dem Verdampfer 40 aus und über eine Pumpe 41 unten in den Behälter 1a ein. Auf diese Weise wird der Behälter 1a sukzessive abgekühlt wodurch der Dampfdruck des Arbeitsmittels sukzessive sinkt. Die Abkühlung wird soweit fortgeführt, bis eine Mindesttemperatur des Wärmeträgermediums erreicht ist. Die Zeit vom Beginn der Abkühlung des Behälters 1a bis zum Erreichen der Mindesttemperatur nennen wir einen Takt.

[0010] Entsprechend EP EP2470850 A2 für Wärmepumpen werden bei der Wärmekraftmaschine ebenfalls zwei Behälter 1a und 1b verwendet, damit die Wärmekraftmaschine ohne Unterbrechung in Betrieb gehalten werden kann. Dabei werden die Behälter so aufgebaut, dass sie mit der Wärmequelle 21, oder mit dem Verdampfer 40 verbunden werden können und sich bei diesem Vorgang warmes und kaltes Wärmeträgermedium möglichst wenig vermischt.

[0011] Ist ein die Abkühlung einer der Behälter 1a oder 1b mit kaltem Wärmeträgermedium durch den Verdampfer 40 beendet, so kann in einem Zwischentakt, der Verdampfer 40 mittels eins Ventils 60 mit der Wärmequelle 21 verbunden werden. Dadurch strömt warmes Wärmeträgermedium von der Wärmequelle zum Verdampfer 40 und erhitzt diesen, strömt dann über die Pumpen 41 und 17 und die Rückschlagventile 27, 18. Der Verdampfer ist also vorgewärmt, bevor er an den zweiten, erwärmten Behälter angeschlossen wird. Auf diese Weise wird vermieden, dass sich warmes Wärmeträgermedium aus dem Behälter mit kaltem Wärmeträgermedium aus dem Verdampfer 40 vermischt. Die Ventile 19, 20, 21 und 22 sind während des Zwischentakts geschlossen.

[0012] Bei Wärmekraftmaschinen ist von Bedeutung, dass das Arbeitsmittel in der Entspannungsmaschine 10 nicht kondensiert. Um eine Kondensation zu vermeiden wird das Arbeitsmittel nach dem Verdampfung üblicherweise überhitzt. Zusätzlich sorgt Reibung in den Entspannungsmaschinen (z.B. Kolbenreibung) und Umsetzung der Wirbelenergie im Arbeitsmittel in Wärme einer Kondensation entgegen. Bei Wärmekraftmaschinen mit Batchprozess sinkt die Verdampfungstemperatur des Arbeitsmittels im Prozessverlauf stark ab und die Gefahr der Auskühlung der Entspannungsmaschine 10 und der Arbeitsmittelkondensation in der Entspannungsmaschine nimmt zu. Aus diesem Grund sind die erfindungsgemäßen Maßnahmen gegen Kondensation bei Batchprozessen von besonderer Bedeutung. Zum einen wird dem Überhitzer Wärmeträgermedium direkt von der Wärmequelle zugeführt und dadurch eine möglichst hohe Überhitzung realisiert. Das Wärmeträgermedium hat dabei möglichst den gleichen Kapazitätenstrom (spez. Wärmekapazität mal Massenstrom) wie das gasförmige Arbeitsmittel. Nach dem Überhitzer strömt das Wärmeträgermedium in den Vorwärmer. Hier liegt das Arbeitsmittel flüssig, und somit mit einer höheren spezifischen Wärmekapazität und folglich höherem Kapazitätenstrom vor, was zu Dissipation im Vorwärmer führt. Zur Verringerung der Dissipation wird, was später gezeigt wird, Wärmeträgermedium vom Enthitzer-Wärmeübertrager in den Vorwärmer gepumpt.

[0013] Zur Vermeidung von Kondensation in der Entspannungsmaschine wird in einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung die Entspannungsmaschine geheizt und gedämmt ausgeführt.

[0014] Bei vielen realisierten kontinuierlichen Prozessen verlässt das Arbeitsmittel die WKM in überhitztem Zustand. Die Überhitzungswärme kann nach dem Stand der Technik über einen Wärmeübertrager 32, Enthitzer genannt, aus dem Prozess entnommen und z.B. zur Vorwärmung des flüssigen Arbeitsmittels verwendet werden. Es ist anhand eines T-s-Diagramms einfach erklärbar, dass das Maß der Überhitzung am Ende der Entspannung in erster Näherung proportional zur Überhitzung vor Eintritt in die Entspannungsmaschine ist. Beim Batchprozess ist die Überhitzung des Arbeitsmittels vor der Entspannungsmaschine am Anfang des Taktes gering und am Ende des Taktes groß. Ebenso verhält es sich mit der Überhitzung nach der Entspannung. Entsprechend der Erfindung wird die Überhitzungswärme nach der Entspannung beim Batchprozess durch einen Wärmeübertrager am Ausgang der Entspannungsmaschine ausgekoppelt und in ein weiteres Paar von Behältern, Enthitzer-Behälter genannt eingespeichert. Jeder dieser beiden Behälter kann dabei taktweise entweder mit dem Enthitzer 32 oder mit dem Vorwärmer 45 verbunden werden. Auf diese Weise kann die Überhitzungswärme zur Reduktion der Ungleichheit der Kapazitätenströme im Vorwärmer genutzt werden.

[0015] Entsprechend der steigenden Temperatur des Arbeitsmittels am Ausgang der Entspannungsmaschine

10 wird der jeweils angeschlossene Enthitzer-Behälter 50a oder 50b von oben mit immer wärmer werdendem Wärmeträgermedium gefüllt. Am Ende eines Taktes ist der Enthitzer-Behälter oben am wärmsten und die Temperatur nimmt in erster Näherung linear mit der Behälterhöhe ab. Bei der Entladung in den Vorwärmer 45 wird warmes Wärmeträgermedium oben aus dem Überhitzer-Behälter 50a oder 50b entnommen und entsprechend der am Wärmeträger-Ausgang des Überhitzers 9 vorliegenden Temperatur dem Vorwärmer 45 zugeführt. Die dabei sinkende Temperatur am oberen Ausgang des Enthitzer-Behälters 50a oder 50b stimmt dabei bei geeignetem Massenstrom der Pumpe 15 mit der ebenfalls sinkenden Temperatur am Wärmeträgermedium-Ausgang des Überhitzers 9 überein.

[0016] Ist ein die Füllung einer der Behälter 50a oder 50b mit warmem Wärmeträgermedium durch den Enthitzer 32 beendet, so kann der Behälter in einem Zwischentakt mittels eins Ventils 61 mit dem Vorwärmer 45 verbunden werden. Dadurch strömt kaltes Wärmeträgermedium vom Vorwärmer 45 über die Pumpen 59 und 51 und die Rückschlagventile 57, 58 zum Enthitzer 32 und kühlt diesen aus, bevor er an den zweiten, kühlen Behälter angeschlossen wird. Auf diese Weise wird vermieden, dass sich warmes Wärmeträgermedium aus dem Enthitzer mit kaltem Wärmeträgermedium aus dem Behälter vermischt. Die Ventile 53, 54, 55 und 56 sind während des Zwischentakts geschlossen.

[0017] Mit den erfindungsgemäßen Wärmekraftmaschinen mit Batchprozess werden nach **Anspruch 1** und den Unteransprüchen die Umsetzung von Dreiecksprozessen ermöglicht. Die Steigerung des elektrischen Wirkungsgrads der Wärmekraftmaschine um ca. 30% bis 50 % und die Verwendung von kostengünstigen und langlebigen Bauteilen wie Behälter, Ventilen, Rückschlagventilen und Pumpen verspricht eine sehr gute Vermarktbarkeit der Erfindung mit geringen Amortisationszeiten für die Mehrinvestition.

Abbildung 1 zeigt den Aufbau einer Wärmekraftmaschine nach dem Stand der Technik für stationären Betrieb. Von einer Wärmequelle 21 gelangt erwärmtes Wärmeträgermedium in den Überhitzer 9, von dort in den Verdampfer 40, von dort in den Vorwärmer 45 und von dort über eine Pumpe 17 zurück zur Wärmequelle 21. Im Überhitzer 9, Verdampfer 40 und Vorwärmer 45 gibt das Wärmeträgermedium Wärme an das verdampfbare Arbeitsmedium ab. Das flüssige Arbeitsmittel gelangt von der Arbeitsmittelpumpe 15 zum Vorwärmer 45, von dort zum Verdampfer 40 und von dort in gasförmigem Zustand zum Überhitzer 9 und von dort in die Entspannungsmaschine 10, EM in der das Arbeitsmittel entspannt und Arbeit verrichtet, welche von der EM 10 an einen Generator 11 abgegeben und in elektrische Energie umgewandelt und an el. Verbraucher weitergeleitet wird. Der in der EM 10 entspannte Dampf 32 wird zu einem Kondensator 12 geleitet, dort verflüssigt und in einen Sammelbehälter 13, SB gesammelt. Vom Sammelbehälter 13 wird je nach Bedarf flüssiges Arbeitsmittel an die Pumpe 15 abgegeben, womit sich der Arbeitsmittelkreislauf schließt.

Abbildung 2 zeigt den Batchbetrieb bei einer Wärmekraftmaschine. Der Arbeitsmittelkreislauf ist in dieser Abbildung gestrichelt dargestellt zur Unterschidung zum Kreislauf des Wärmeträgermediums. Der Wärmeübertrager 40 vereinigt Vorwärmer, Verdampfer und Überhitzer. Gegenüber Abbildung 1 ist zwischen der Wärmequelle 21 und dem Wärmeübertrager 40 ein Behälter 1a eingefügt. Der Behälter kann je nach Ventilöffnung der Ventile 19 oder 20 mit der Wärmequelle 21 oder den Wärmeübertrager 40 hydraulisch in Verbindung gebracht werden, so dass dann ein Austausch von Wärmeträgermedium ermöglicht wird. Bei geöffnetem, Ventil 19 gelangt von der Wärmequelle 21 warmes Wärmeträgermedium über das Ventil 19 oben in den Behälter 1a. Vom unteren Anschluss des Behälters 1a gelangt kälteres Wärmeträgermedium über die Pumpe 17 zurück zur Wärmequelle 21. Bei geöffnetem Ventil 20 gelangt Wärmeträgermedium vom Wärmeübertrager 40 über die Pumpe 41 zum unteren Anschluss des Behälters 1a. Vom oberen Anschluss des Behälters 1a gelangt Wärmeträgermedium über das Ventil 20 zurück zum Wärmeübertrager 40. Eine Regeleinrichtung 44 erfasst den Füllstand des flüssigen Arbeitsmittels im Wärmeübertrager 40 (gepunktete Linien) und regelt mit der Sollwertabweichung des Füllstandes beispielhaft den Massenstrom des Arbeitsmittels in der Pumpe 15. Bei diesem Aufbau kann die Temperatur des Arbeitsmittels am Eingang der Entspannungsmaschine 10 stark abfallen, was zu einer Auskühlung der EM 10 und Kondensation von Arbeitsmittel in der EM 10 führen kann. **Abbildung 3** zeigt einen Aufbau zur Realsierung des Batch-Betriebs mit separatem Vorwärmer 45 und Überhitzer 9. Dabei wird ein Teilstrom 33 des warmen Wärmeträgermediums von der Wärmequelle 21 in den Überhitzer 9 geleitet, von dort in den Vorwärmer 45 und über eine Pumpe 46 zurück zur Wärmequelle 21. Das Arbeitsmittel wird von der Pumpe 15 wie beim Stand der Technik über den Vorwärmer 45, den Verdampfer 40 und den Überhitzer 9 zur Entspannungsmaschine EM 10 geleitet. Dabei wird das Arbeitsmittel auf hohe Temperaturen vor dem Eintritt in die EM 10 gebracht, was eine Auskühlung der EM 10 und Kondensation in der EM 10 sicher vermeidet.

Abbildung 4 zeigt den Batchbetrieb einer Wärmekraftmaschine mit einem Paar von Behältern 1a und 1b. Zusätzlich zu Abbildung 3 wurde ein zweiter Behälter 1b, zwei Ventile 21 und 22 und zwei Rückschlagventile 18 und 27 eingefügt. Die Ventile 21 und 22 erlauben es, in Analogie zum Aufbau des

Behälters 1a, den Behälter 1b hydraulisch an die Wärmequelle 21 oder den Verdampfer 40 anzukoppeln. Während Behälter 1a beispielsweise an die Wärmequelle 21 angeschlossen ist, ist Behälter 1b an den Verdampfer 40 angeschlossen. D.h. Ventile 19 und 22 sind offen, Ventile 20 und 21 sind geschlossen. Nachdem Behälter 1a mit warmem Wärmeträgermedium gefüllt ist und Behälter 1b seine Wärme an den Verdampfer abgegeben hat, werden die Ventile so geschalten, dass Behälter 1a an den Verdampfer 40 und 1b an die Wärmequelle 21 angekoppelt wird. D.h. Ventile 20 und 21 sind offen, Ventile 19 und 22 sind geschlossen. Die Rückschlagventile 18 und 27 verhindern eine Vermischung der Ströme. Nachteilig bei diesem Aufbau ist, dass Überhitzungswärme, die im Arbeitsmittel nach der Entspannung in der Entspannungsmaschine EM 10 noch vorhanden ist nicht genutzt wird.

Abbildung 5 zeigt den Batchbetrieb mit einem zweiten Paar von Behältern 50a und 50b, welche die Überhitzungswärme nach der Entspannung des Arbeitsmittels in der Entspannungsmaschine 10 aufnehmen und an den Vorwärmer 45 abgeben. Dabei werden die Behälter 50a und 50b mit den Ventilen 53, 54, 55 und 56 in analoger Weise wie Behälter 1a und 1b, hier jedoch abwechselnd an den Enthitzer 32 und den Vorwärmer 45 angekoppelt. Die Pumpe 51 sorgt für den erforderlichen Massenstrom durch den Enthitzer, die Pumpe 59 sorgt für den erforderlichen Massenstrom durch den Vorwärmer 45 und die Rückschlagventile 57 und 58 sorgen für eine Trennung der Kreisläufe durch den Enthitzer 32 und durch den Vorwärmer 45. In diesem Aufbau kommt es bei geeigneter Auslegung der Behälter und der Massenströme in den Wärmeübertragern Vorwärmer, Verdampfer, Überhitzer und Enthitzer nur zu geringer Dissipation. Eine ideale Entspannungsmaschine vorausgesetzt, kann mit dem Aufbau annähernd die vollständige, in der Wärmequelle 21 enthaltene Exergie in mechanische Energie umgewandelt werden. Der Dreiecksprozess kann weitgehend erreicht werden.

Abbildung 5 zeigt eine Optimierung des Batchbetriebs mit Spülventilen 60 und 61. Hat z.B. der Behälter 1a seine Wärme an den Verdampfer 40 abgegeben, so ist der Verdampfer ausgekühlt. Wird jetzt direkt der zweite, aufgeheizte Behälter 1b mit dem Verdampfer 40 verbunden, so vermischt sich das kalte Wärmeträgermedium im Verdampfer 40 mit dem warmen aus Behälter 1b, was nachteilig für den Prozess ist. Zur Vermeidung der Vermischung wird der kalte Verdampfer 40 zunächst über Ventil 60 mit der Wärmequelle verbunden und erwärmt. Die Ventile 19 bis 22 sind geschlossen. Ist der Verdampfer 40 erwärmt, wird Ventil 60 geschlossen und Ventile 19 und 22 geöffnet. Jeder Auskühlung von Behälter 1a oder 1b wird also eine Spülphase über Ventil 60 nachgestellt. Der gleiche Vorgang gilt für Spülventil 61. Hier wird jeder Aufheizphase des Enthitzers 32 eine Kühlphase über Ventil 61 nachgeordnet, sodass ein erneuter Eintrag von Überhitzungswärme aus dem Arbeitsmedium in den Enthitzer 32 im neuen Takt beginnen kann.

Patentansprüche

1. Aufbau und Funktion einer Wärmekraftmaschine mit einer Wärmequelle, einer Entspannungsmaschine, einem Kondensator, einem Kondensatsammelbehälter, einer Arbeitsmittelpumpe, einem Verdampfer, einem Behälter für Wärmeträgermedium, und zweier Pumpen für Wärmeträgermedium und Ventilen, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Behälter hydraulisch über ein Ventil und eine erste Pumpe an die Wärmequelle oder alternativ über ein Ventil und eine zweite Pumpe an den Verdampfer angeschlossen werden kann, wobei beim Anschluss an die Wärmequelle wärmeres Wärmeträgermedium von der Wärmequelle oben in den Behälter gefüllt wird und kälteres Wärmeträgermedium im unteren Bereich des Behälters entnommen und an die Wärmequelle zurückgeführt wird und alternativ beim Anschluss des Behälters an den Verdampfer wärmeres Wärmeträgermedium vom oberen Bereich des Behälters entnommen wird, in den Verdampfer geleitet wird und vom Verdampfer mittels einer zweiten Pumpe in den unteren Bereich des Behälters gepumpt wird.

2. Aufbau und Funktion einer Wärmekraftmaschine nach Anspruch 1, mit einem zusätzlichen zweiten Behälter und Ventilen, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein zweiter Behälter wie der erste Behälter in derselben Weise an die Wärmequelle oder an den Verdampfer angeschlossen werden kann, wobei je ein Behälter an die Wärmequelle und der andere Behälter an den Verdampfer angeschlossen ist, so dass Verdampfungsenergie entweder vom einen oder vom anderen Behälter in den Verdampfer übertragen wird und die Entspannungsmaschine kontinuierlich mit Dampf versorgt werden kann und die Behälteranbindung an Wärmequelle und Verdampfer nach einiger Zeit mittels der Ventile vertauscht werden kann.

3. Aufbau und Funktion einer Wärmekraftmaschine nach Anspruch 1 oder 2, mit einem Vorwärmer, einem Überhitzer und einer weiteren Pumpe für Arbeitsmittel , **dadurch gekennzeichnet, dass** der Arbeitsmittel vom Vorwärmer vorgewärmt wird, dann in den Verdampfer strömt, dann in den Überhitzer und dann in die Entspannungsmaschine strömt und Wärmeträgermedium mittels der Pumpe direkt von der Wärmequelle in den Überhitzer und dann in den

Vorwärmer und dann mittels der Pumpe zurück zur Wärmequelle gepumpt wird.

4. Aufbau und Funktion einer Wärmekraftmaschine nach Anspruch 1, 2 oder 3, mit einem Enthitzer, einem zweiten Paar von Behältern für Wärmeträgermedium, Ventilen, zweier Pumpen für Wärmeträgermedium , **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Behälter mit Ventilen entweder an den Enthitzer oder an den Vorwärmer angeschlossen werden können, wobei im Wechsel ein erster Behälter an den Vorwärmer und ein zweiter Behälter an den Enthitzer angeschlossen ist, wobei der Enthitzer mit Arbeitsmittel aus der Entspannungsmaschine durchströmt wird und Restwärme aus dem Arbeitsmittel in dem Enthitzer an das Wärmeträgermedium abgegeben wird, das Wärmeträgermedium dann oben in den ersten Behälter und vom unteren Bereich des ersten Behälters mit der Pumpe wieder zum Enthitzer gepumpt wird, während Wärmeträgermedium vom Vorwärmer mittels der zweiten Pumpe unten in den zweiten Behälter gepumpt wird um vom oberen Anschluss des zweiten Behälters wieder zum Vorwärmer gepumpt wird, und wobei mittels der Ventile die hydraulische Anbindung des ersten und des zweiten Behälters an Enthitzer und Vorwärmer ausgetauscht werden kann.

5. Aufbau und Funktion einer Wärmekraftmaschine nach Anspruch 1 bis 4, mit einem Ventil zwischen Wärmequelle und Verdampfer **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ventil eine Erwärmung des Verdampfers mit Wärmeträgermedium direkt aus der Wärmequelle ermöglicht, wobei die Erwärmung nach beendeter Abkühlung des Wärmeträgermediums eines der beiden Behälter, der mit dem Verdampfer verbunden war, erfolgt.

6. Aufbau und Funktion einer Wärmekraftmaschine nach Anspruch 1 bis 5, mit einem Ventil zwischen Enthitzer und Vorwärmer **dadurch gekennzeichnet, dass** das Ventil die Abkühlung des Enthitzers mit Wärmeträgermedium direkt aus dem Vorwärmer ermöglicht, wobei die Abkühlung nach beendeter Erwärmung des Wärmeträgermediums eines der beiden Behälter, der mit dem Vorwärmer verbunden war, erfolgt.

7. Aufbau und Funktion einer Wärmekraftmaschine nach Anspruch 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Entspannungsmaschine beheizt und gedämmt ausgeführt ist.

8. Aufbau und Funktion einer Wärmekraftmaschine nach Anspruch 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Behälter oben und unten verjüngt ausgeführt sind, wobei die Verjüngung einen wirbelfreien Eintrag von Wärmeträgermedium in den Behälter erlaubt.

9. Aufbau und Funktion einer Wärmekraftmaschine mit diskontinuierlicher Entspannungsverdampfung nach Anspruch 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Aufbau Rückschlagventile, Ausdehnungsgefäße und eine Regelung vorgesehen sind, die den Betrieb, die hydraulische Funktion und die Regelung der Wärmekraftmaschine ermöglichen.

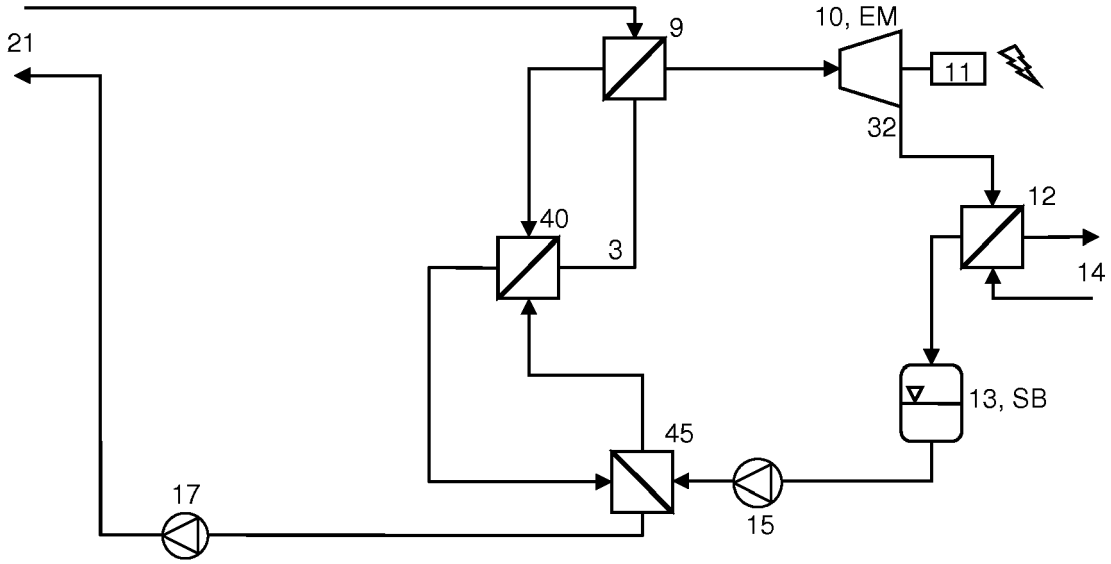


Abbildung 1: Wärmekraftmaschine, stationärer Betrieb, Stand der Technik

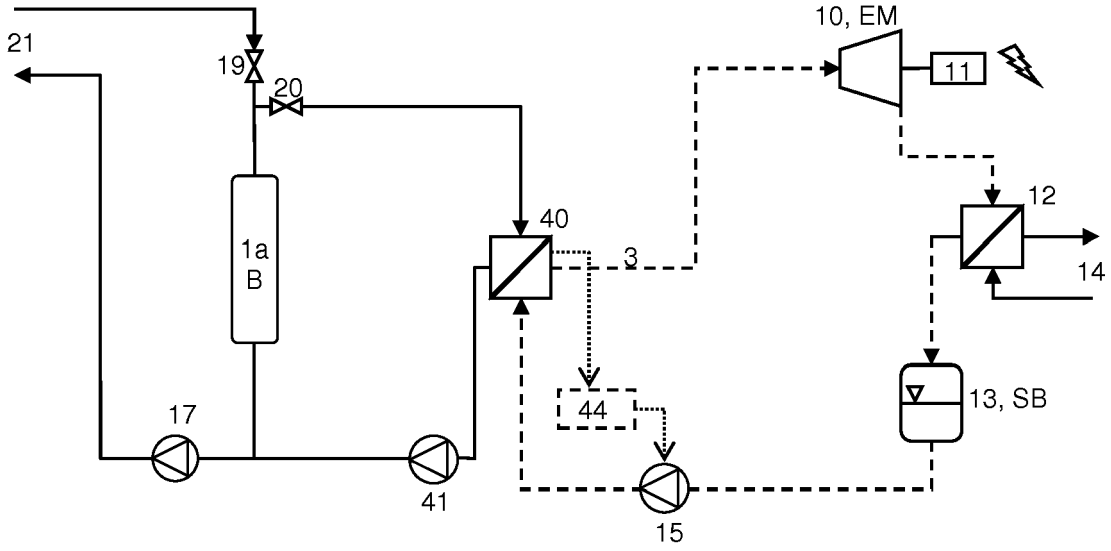


Abbildung 2: Batchbetrieb bei einer Wärmekraftmaschine mit einem Behälter

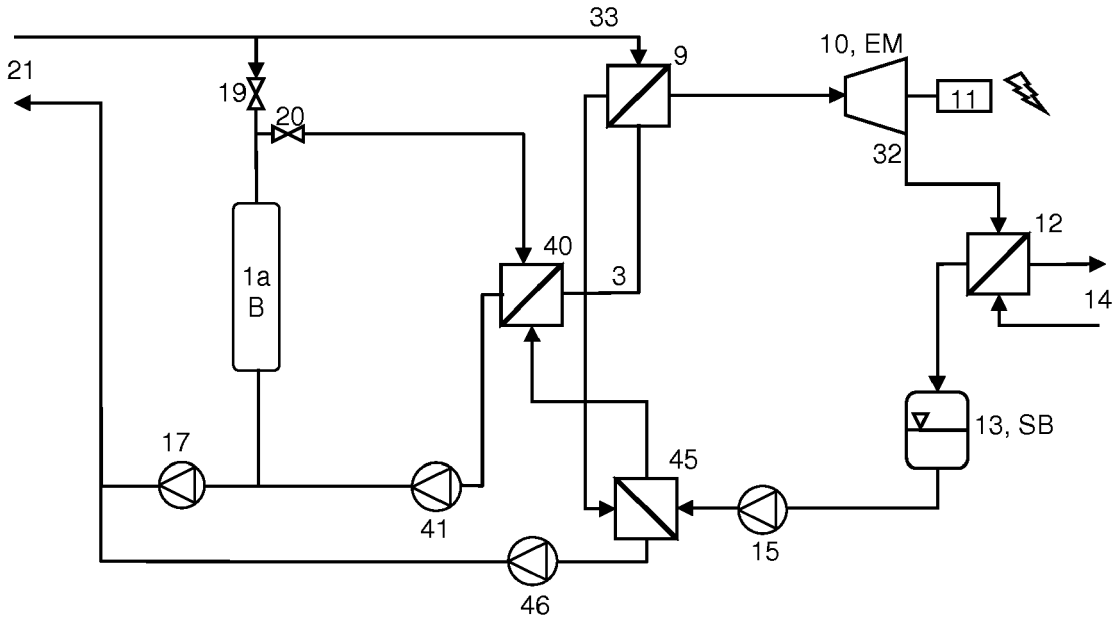


Abbildung 3: Batchbetrieb bei einer Wärmekraftmaschine mit Vorwärmer und Überhitzer

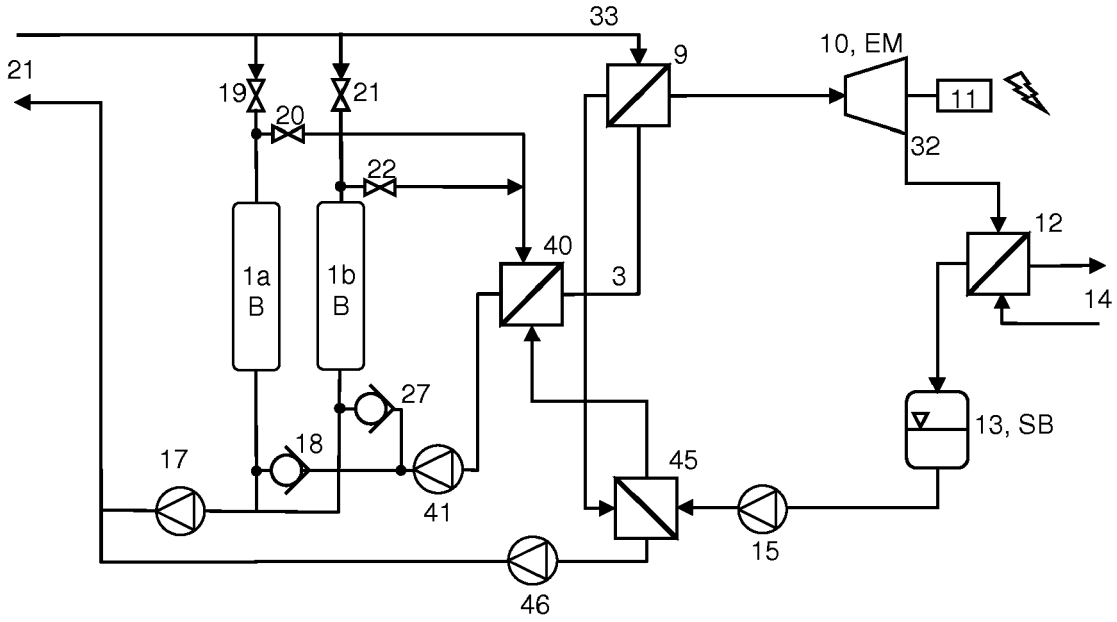


Abbildung 4: Batchbetrieb bei einer Wärmekraftmaschine mit Behälterpaar, Vorwärmer und Überhitzer

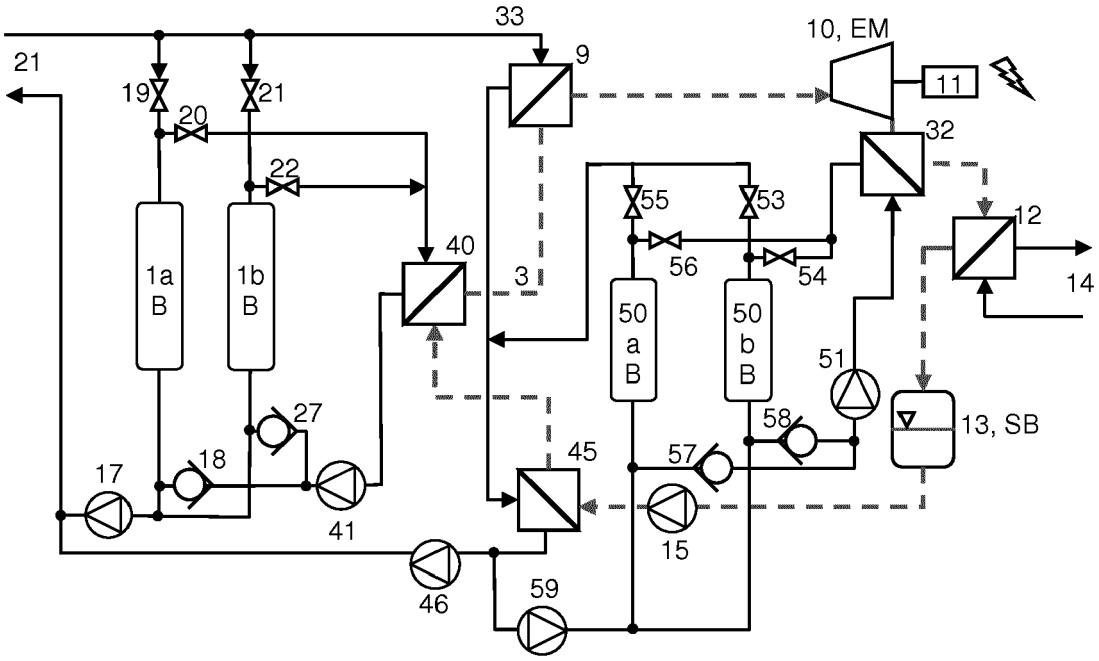


Abbildung 5: Batchbetrieb bei Wärmekraftmaschinen mit Behälterpaar, Vorwärmer und Überhitzer, und Überhitzer-Behälterpaar

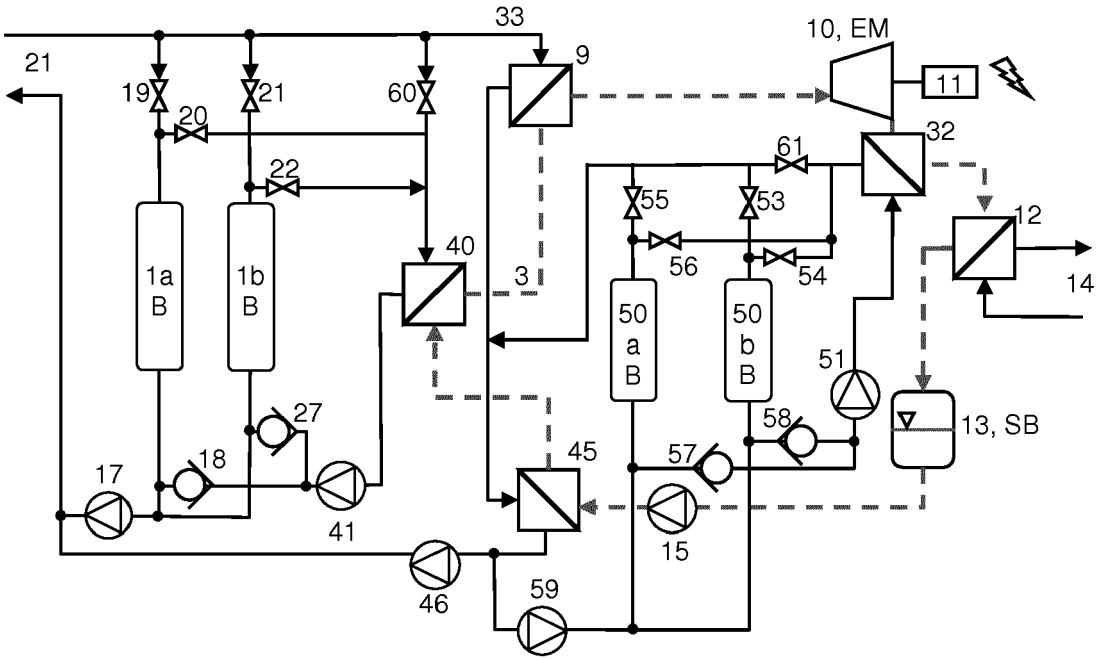


Abbildung 6: Batchbetrieb bei Wärmekraftmaschinen mit Spülventilen 60 und 61

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 17 02 0349

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2016/124709 A1 (BASF SE [DE]) 11. August 2016 (2016-08-11) * Seiten 11-16; Abbildungen 1, 3 *	1,3,7,9	INV. F01K13/00 F22B1/16 F28D20/00
X Y	DE 10 2012 007210 A1 (MAAS HANS JUERGEN [DE]) 23. August 2012 (2012-08-23) * Abbildungen 1, 2 *	1,5,7-9 6	F01K3/12 F22B1/02
X Y A	EP 2 703 764 A2 (HITACHI LTD [JP]) 5. März 2014 (2014-03-05) * Absätze [0013] - [0059]; Abbildungen 4A, 7A, 9, 10 *	1,5,7,9 2,6 4	
Y	DE 10 2009 012318 A1 (RAWEMA COUNTERTRADE HANDELSGMB [DE]) 16. September 2010 (2010-09-16) * Absatz [0009]; Abbildung 1 *	2	
Y A	WO 2010/001217 A1 (ORMAT TECHNOLOGIES INC [US]; KRIEGER ZVI [IL]; BRONICKI LUCIEN Y [IL];) 7. Januar 2010 (2010-01-07) * Abbildung 3 *	6 4	

RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)

F01K
F22B
F28D
F03G

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München	27. Februar 2018	Lepers, Joachim

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 17 02 0349

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

27-02-2018

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2016124709 A1	11-08-2016	AU 2016214399 A1	10-08-2017
		EP 3254035 A1	13-12-2017
		US 2018023421 A1	25-01-2018
		WO 2016124709 A1	11-08-2016
DE 102012007210 A1	23-08-2012	KEINE	
EP 2703764 A2	05-03-2014	CN 103673705 A	26-03-2014
		EP 2703764 A2	05-03-2014
		JP 2014047992 A	17-03-2014
		US 2014060046 A1	06-03-2014
DE 102009012318 A1	16-09-2010	BR PI1009520 A2	15-03-2016
		CA 2754547 A1	16-09-2010
		CN 102348950 A	08-02-2012
		DE 102009012318 A1	16-09-2010
		DE 202009018043 U1	02-12-2010
		EP 2273226 A1	12-01-2011
		ES 2604278 T3	06-03-2017
		HR P20161571 T1	30-12-2016
		JP 6055594 B2	27-12-2016
		JP 2012519829 A	30-08-2012
		MX 345913 B	23-02-2017
		PL 2273226 T3	28-02-2017
		RU 2011140846 A	20-04-2013
		US 2011146940 A1	23-06-2011
		WO 2010102787 A2	16-09-2010
WO 2010001217 A1	07-01-2010	AP 3620 A	01-03-2016
		AU 2009265313 A1	07-01-2010
		ES 2381471 A1	28-05-2012
		NZ 590707 A	29-11-2013
		PT 2010001217 W	20-07-2011
		TR 201011156 T1	21-04-2011
		US 2010242474 A1	30-09-2010
		US 2013312409 A1	28-11-2013
		WO 2010001217 A1	07-01-2010

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 2470850 A2 **[0008] [0010]**