



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**28.10.2015 Patentblatt 2015/44**

(51) Int Cl.:  
**F22B 35/10<sup>(2006.01)</sup> F22B 29/06<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **15000459.6**

(22) Anmeldetag: **16.02.2015**

(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**

- **Fast, Gerald, Dr.**  
**88677 Markdorf (DE)**
- **Horbach, Tim**  
**88048 Friedrichshafen (DE)**
- **Niemeyer, Jens**  
**88045 Friedrichshafen (DE)**
- **Lorenz, Max**  
**88048 Friedrichshafen (DE)**
- **Müller, Mathias**  
**88045 Friedrichshafen (DE)**

(30) Priorität: **31.03.2014 DE 102014206043**

(71) Anmelder: **MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH**  
**88045 Friedrichshafen (DE)**

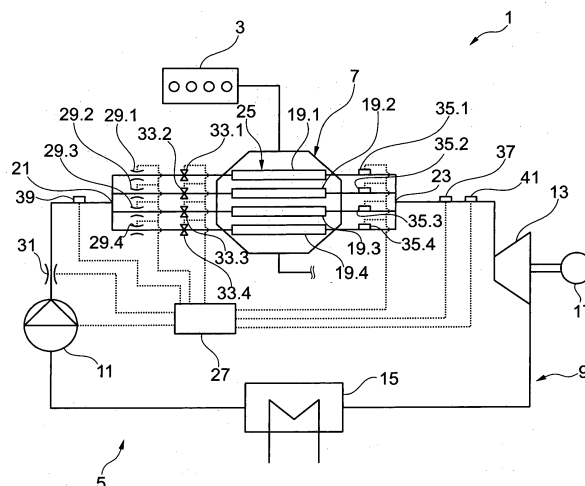
(72) Erfinder:  
• **Waibel, Niklas**  
**88045 Friedrichshafen (DE)**  
• **Stecher, Daniel**  
**88630 Pfullendorf (DE)**

(74) Vertreter: **RRPS European Patent Attorneys**  
**C/o Rolls-Royce Power Systems AG**  
**Intellectual Property / TRI**  
**Maybachplatz 1**  
**88045 Friedrichshafen (DE)**

(54) **Verfahren zum Betreiben eines Systems für einen thermodynamischen Kreisprozess mit einem mehrflutigen Verdampfer, Steuereinrichtung für ein System, System für einen thermodynamischen Kreisprozess mit einem mehrflutigen Verdampfer, und Anordnung einer Brennkraftmaschine und eines Systems**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Systems (5) für einen thermodynamischen Kreisprozess mit einem mehrflutigen Verdampfer (7), der mindestens zwei Verdampferfluten (19.1,19.2,19.3, 19.4) aufweist, wobei die Verdampferfluten (19.1,19.2,

19.3,19.4) bezüglich wenigstens eines Betriebsparameters der einzelnen Verdampferfluten (19.1,19.2,19.3, 19.4) aneinander angeglichen werden, und/oder wobei ein Druckabfall über dem Verdampfer (7) geregelt wird.



**Fig. 1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Systems für einen thermodynamischen Kreisprozess gemäß Anspruch 1, eine Steuereinrichtung für ein System für einen thermodynamischen Kreisprozess gemäß Anspruch 13, ein System für einen thermodynamischen Kreisprozess gemäß Anspruch 14, und eine Anordnung aus einer Brennkraftmaschine und einem entsprechenden System gemäß Anspruch 15.

**[0002]** Systeme der hier angesprochenen Art und Verfahren zu deren Betrieb sind bekannt. Typischerweise weist ein solches System einen Kreislauf auf, entlang dessen durch eine Speisepumpe ein Arbeitsmedium gefördert wird. Dieses wird in einem Verdampfer verdampft und einer Expansionseinrichtung zugeführt, in welcher es expandiert wird. Hierbei wird durch das Arbeitsmedium in dem Verdampfer aufgenommene Wärme teilweise in mechanische Arbeit umgewandelt. Im Anschluss an die Expansion wird das Arbeitsmedium in einem Kondensator abgekühlt, insbesondere kondensiert, worauf es wiederum der Speisepumpe zugeführt wird. Ein typischer Kreisprozess für ein solches System ist der Clausius-Rankine-Kreisprozess. Eine Abwandlung hiervon stellt der organische Rankine-Kreisprozess dar, bei welchem typischerweise ein organisches Arbeitsmedium verwendet wird, welches bei einem niedrigeren Temperaturniveau verdampft werden kann als Wasser. Somit eignet sich der organische Rankine-Kreisprozess in besonderer Weise zur Abwärmenutzung, beispielsweise im industriellen Bereich oder zur Abwärmenutzung von Brennkraftmaschinen, oder auch zu einem Einsatz in Geothermiekraftwerken. Es sind Systeme bekannt, bei welchen der Verdampfer mehrflutig ausgebildet ist. Dies kann zum einen dazu dienen, mehrere Wärmequellen in den Kreisprozess einbeziehen zu können, zum anderen kann auch ein mehrflutiger Aufbau eines einzigen, integralen Verdampfers herstellungsbedingt vorteilhaft sein. Bei einem solchen Parallelbetrieb mehrerer Verdampferfluten besteht allerdings das Problem einer erhöhten Anfälligkeit für thermodynamische Instabilitäten. Insbesondere kann die sogenannte Ledinegg-Instabilität auftreten: Wenn in einer der Verdampferfluten frühzeitig die Verdampfung einsetzt, steigt der Druckabfall in dieser Flut stark an. Dies wiederum hat zur Folge, dass der Durchfluss durch diese Verdampferflut aufgrund der Druckverhältnisse stark abnimmt, wodurch sich der Effekt weiter verstärkt. Eine Wärmeübertragung in dem Verdampfer wird stark reduziert, da die betroffene Verdampferflut praktisch vollständig blockiert wird. Somit sinken der Wirkungsgrad und die Leistungsabgabe des Systems. Zudem besteht die Gefahr einer unzulässigen Überhitzung des Arbeitsmediums in der blockierten Flut. In diesem Fall können auch Ablagerungen entstehen, welche die Wärmeübertragung im Verdampfer dauerhaft herabsetzen und so die Energieausbeute des Gesamtsystems langfristig reduzieren. Wenn die blockierte Verdampferflut schlagartig wieder mit Arbeitsmedium durch-

strömt wird, kann es zu einem Thermoschock und damit zu einer irreversiblen Schädigung zumindest der betroffenen Verdampferflut, wenn nicht sogar des gesamten Verdampfers kommen.

**[0003]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben eines Systems für einen thermodynamischen Kreisprozess zu schaffen, wobei das System trotz eines mehrflutigen Verdampfers eine reduzierte Neigung zu thermodynamischen Instabilitäten zeigt, so dass das Verfahren einen stabilen und sicheren Betrieb des Systems ermöglicht. Der Erfindung liegt weiterhin die Aufgabe zugrunde, eine Steuereinrichtung für ein System, ein System für einen thermodynamischen Kreisprozess und eine Anordnung aus einer Brennkraftmaschine und einem solchen System zu schaffen, wobei ebenfalls eine verringerte Neigung zu thermodynamischen Instabilitäten erzielt und ein sicherer Betrieb bei hoher Leistungsausbeute gewährleistet wird.

**[0004]** Die Aufgabe wird gelöst, indem ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 geschaffen wird. Im Rahmen des Verfahrens wird ein System für einen thermodynamischen Kreisprozess mit einem mehrflutigen Verdampfer betrieben, wobei der Verdampfer mindestens zwei Verdampferfluten aufweist. Die Verdampferfluten werden gemäß einer ersten Ausführungsform des Verfahrens bezüglich wenigstens eines Betriebsparameters der einzelnen Verdampferfluten aneinander angeglichen. Insbesondere werden die Verdampferfluten bezüglich des wenigstens einen Betriebsparameters gleichgestellt. Dadurch wird verhindert, dass die verschiedenen Verdampferfluten sich zu stark voneinander abweichenden Betriebszuständen entwickeln, wodurch zugleich das Risiko minimiert wird, dass eine der Verdampferfluten instabil wird, insbesondere eine Ledinegg-Instabilität aufweist.

**[0005]** Alternativ wird gemäß einer zweiten Ausführungsform des Verfahrens ein Druckabfall über dem Verdampfer geregelt. Auf diese Weise ist es möglich, zu jedem Zeitpunkt und in jedem Betriebspunkt des Systems zu gewährleisten, dass mindestens ein für einen sicheren Betrieb des Systems minimal notwendiger Differenzdruck oder Druckabfall über dem Verdampfer vorliegt. Es hat sich nämlich gezeigt, dass das System umso stabiler ist, je größer der Gesamtdruckabfall über dem Verdampfer ist. Allerdings ist der minimal sicherzustellende Gesamtdruckabfall abhängig von einem Betriebspunkt des Systems, insbesondere von einer Überhitzung des Arbeitsmediums stromabwärts des Verdampfers. Dabei zeigt sich, dass das System immer weniger zu Instabilitäten neigt, je größer die Überhitzung des Arbeitsmediums ist, je weiter das System also von der Satttdampfkurve des Arbeitsmediums entfernt betrieben wird. Daher kann der minimal vorzugebende Gesamtdruckabfall kleiner gewählt werden, je höher das Arbeitsmedium am Verdampferaustritt oder stromabwärts des Verdampfers überhitzt ist. Generell zeigt sich auch, dass bei höherem Gesamtdruckabfall Unterschiede im Druckabfall über die einzelnen Verdampferfluten prozentual weniger ins Gewicht

fallen, sodass bereits insoweit eine höhere Stabilität gegeben ist, wenn der Druckabfall über dem Verdampfer größer ist. Insgesamt kann so also durch eine geeignete Regelung des Druckabfalls über dem Verdampfer die Neigung des Systems zu Instabilitäten, insbesondere zur Ledinegg-Instabilität, verringert werden. Wie bereits angedeutet, wird dabei der Druckabfall bevorzugt in Abhängigkeit von einem Betriebspunkt des Systems auf einen geeigneten Soll-Druckabfall geregelt.

**[0006]** Der Druckabfall über dem Verdampfer insgesamt wird hier und im Folgenden auch als Gesamtdruckabfall bezeichnet. Hiervon zu unterscheiden ist der Druckabfall über den einzelnen Verdampferfluten, der sich durch Verdampferflut-individuelle Schwankungen von dem Gesamtdruckabfall unterscheiden kann.

**[0007]** Es wird besonders eine dritte Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, bei der sowohl die Verdampferfluten bezüglich wenigstens eines Betriebsparameters der einzelnen Verdampferfluten aneinander angeglichen, insbesondere gleichgestellt werden, als auch ein Druckabfall über dem Verdampfer geregelt wird. Auf diese Weise kann besonders effizient die Neigung des Systems zu Instabilitäten, insbesondere zur Ledinegg-Instabilität, reduziert und ein sicherer Betrieb bei hoher Leistungsausbeute gewährleistet werden. Dabei ist bevorzugt ein übergeordneter Regelkreis zur Regelung des Gesamtdruckabfalls vorgesehen, wobei durch eine unterlagerte Regelung die Angleichung oder Gleichstellung der Verdampferfluten erreicht wird.

**[0008]** Es wird auch eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass die Verdampferfluten bezüglich eines Durchflusses von Arbeitsmedium aneinander angeglichen werden. Insbesondere werden die Verdampferfluten bezüglich des Durchflusses gleichgestellt. Dabei ist mit dem Begriff "Durchfluss" insbesondere ein Massenstrom des Arbeitsmediums durch die Verdampferfluten angesprochen. Es wird so bevorzugt sichergestellt, dass auf jede Verdampferflut stets der gleiche Anteil des Gesamtmassestroms des Arbeitsmediums in dem System entfällt. Der Gesamtmassestrom wird dabei wiederum bevorzugt durch eine Fördereinrichtung, insbesondere durch die Förderleistung der Fördereinrichtung, die bevorzugt als Speisepumpe ausgebildet ist, vorgegeben. Indem die Durchflüsse durch die einzelnen Verdampferfluten einander angeglichen beziehungsweise gleichgestellt werden, wird sichergestellt, dass keine der Verdampferfluten instabil werden und insbesondere vollständig blockieren kann. Zugleich wird gewährleistet, dass jede Verdampferflut in etwa die gleiche Wärmemenge in dem Verdampfer aufnimmt. Dadurch kann es nicht zu einer Überhitzung einzelner Verdampferfluten kommen. In dieser Ausführungsform des Verfahrens wird also der Durchfluss von Arbeitsmedium durch die einzelnen Verdampferfluten als Betriebsparameter verwendet, bezüglich dessen die Verdampferfluten aneinander angeglichen werden.

**[0009]** Alternativ oder zusätzlich werden die einzelnen

Verdampferfluten bezüglich einer Temperatur des Arbeitsmediums stromabwärts eines Verdampfungsbereichs der einzelnen Verdampferfluten aneinander angeglichen oder gleichgestellt. Bevorzugt wird hier eine Temperatur des Arbeitsmediums im Bereich eines Austritts aus den Verdampferfluten herangezogen. Dabei zeigt sich, dass die entsprechende Temperatur charakteristisch ist für die in der einzelnen Verdampferflut aufgenommene Wärme, wobei eine Gleichstellung der Temperaturen eine Gleichstellung des thermodynamischen Zustands des Arbeitsmediums in den Fluten und damit letztlich auch eine Gleichstellung des Massenstroms durch die einzelnen Verdampferfluten gewährleistet. Vorteilhaft an der Verwendung einer Temperatur des Arbeitsmediums als Betriebsparameter der einzelnen Verdampferfluten im Rahmen des Verfahrens ist, dass Temperatursensoren im Bereich der Austritte aus den Verdampferfluten ohnehin zur Überwachung des Systems vorgesehen sind, sodass auf zusätzlich, teure Sensorik und insbesondere zusätzliche Durchflusssensoren verzichtet werden kann. Allerdings ist diese Vorgehensweise nur möglich, wenn das System mit Überhitzung des Arbeitsmediums betrieben wird, da ansonsten die Temperaturen stromabwärts des Verdampfungsbereichs in den Verdampferfluten durch den dort herrschenden Druck bestimmt sind. Sofern keine sehr ausgeprägte Ungleichverteilung zwischen den Verdampferfluten vorliegt, wobei eine einzelne Flut nicht innerhalb des Zweiphasengebiets betrieben wird, liegen dann keine Abweichungen in den Temperaturen der einzelnen Fluten vor.

**[0010]** Demgegenüber kann die Angleichung der Verdampferfluten bezüglich des Durchflusses von Arbeitsmedium sowohl bei einem Betrieb des Systems mit überhitztem Arbeitsmedium als auch bei einem Betrieb des Systems im Nassdampfgebiet angewendet werden. Darüber hinaus kann die Angleichung mit Bezug auf mithilfe von Durchflusssensoren gemessene Durchflüsse genauer und damit stabiler sein als die relativ indirekte Angleichung auf der Grundlage der Temperatur des Arbeitsmediums.

**[0011]** Es wird auch eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass der Druckabfall über dem Verdampfer durch Ansteuern von Stellelementen geregelt wird, wobei die Stellelemente den einzelnen Verdampferfluten zugeordnet sind. Solche Stellelemente sind typischerweise ohnehin vorgesehen, um Durchtrittsquerschnitte durch die einzelnen Verdampferfluten getrennt voneinander variieren zu können. Es bedarf also insoweit zur Regelung des Druckabfalls keiner gesonderten Bauteile.

**[0012]** Es wird auch eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass die Stellelemente als Ventile ausgebildet sind. Insbesondere ist es möglich, Standardventile zu verwenden, sodass die Durchtrittsquerschnitte durch die einzelnen Verdampferfluten - bevorzugt unabhängig voneinander - in einfacher und kostengünstiger Weise eingestellt werden

können.

**[0013]** Es wird auch ein Ausführungsbeispiel des Verfahrens bevorzugt, das sich dadurch auszeichnet, dass die Verdampferfluten aneinander angeglichen werden, indem Stellgrößen für Stellelemente variiert werden, wobei die Stellelemente den einzelnen Verdampferfluten jeweils zugeordnet sind und einen Durchfluss durch die Verdampferfluten begrenzen. Die Stellelemente sind vorzugsweise als Ventile ausgebildet. Insofern handelt es sich bevorzugt um die bereits zuvor erwähnten Stellelemente, mit denen vorzugsweise auch der Druckabfall über den Verdampfer geregelt wird. Die Stellgrößen geben eine Funktionsstellung der verschiedenen Stellelemente vor, sodass letztlich der Durchfluss durch die einzelnen Verdampferfluten mittels Vorgabe der Stellgrößen bestimmt werden kann. Es ist möglich, dass die Stellgrößen in Abhängigkeit von einem Durchfluss von Arbeitsmedium durch die einzelnen Fluten und/oder abhängig von einer Temperatur des Arbeitsmediums stromabwärts eines Verdampfungsbereichs der einzelnen Verdampferfluten variiert werden, um die Verdampferfluten in Hinblick auf wenigstens einen dieser Betriebsparameter gleichzustellen. Die Variation der auf die Stelleinrichtungen wirkenden Stellgrößen zur Variation der Funktionsstellungen der Stellelemente bedingt einen sowohl einfachen als auch kostengünstigen Aufbau des Systems und zugleich eine sehr genaue Anwendung des Verfahrens.

**[0014]** Es wird auch eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass die Stellgrößen so renormiert werden, dass ein mit einem größten Wert der Stellgrößen angesteuertes Stellelement maximal geöffnet ist. Aus einem Angleichungsalgorithmus oder einer Regelung zur Gleichstellung der verschiedenen Verdampferfluten resultiert für jede Verdampferflut eine Stellgröße, wobei von diesen verschiedenen Stellgrößen wiederum eine einen größten Wert aufweist. Dieser entspricht im Regelfall nicht einem größtmöglichen Wert für die Stellgröße, welcher mit einer maximalen Öffnung des Stellelements korrespondiert. Werden die so ermittelten Stellgrößen unverändert an die Stellelemente weitergeleitet, bedeutet dies, dass diese insgesamt eine kleinere Öffnung aufweisen, als es für die Gleichstellung erforderlich wäre. Dies bedeutet einen höheren Druckabfall über dem Verdampfer und somit eine geringere Leistungsausbeute des Systems, insbesondere da die Fördereinrichtung mehr Arbeit leisten muss, um einen vorgegebenen Massenstrom durch den Verdampfer zu fördern. Im Rahmen der Renormierung wird nun der größte ermittelte Wert der Stellgrößen auf den größtmöglichen Wert gesetzt, welcher einer maximalen Öffnung des Stellelements entspricht. Die übrigen, kleineren Stellgrößen werden entsprechend der Veränderung des größten Werts linear skaliert. Somit weisen die einzelnen Werte der Stellgrößen vor und nach der Renormierung dieselben Verhältnisse zueinander auf, wodurch die Verdampferfluten weiterhin angeglichen oder gleichgestellt sind. Die Gleichstellung erfolgt

nun aber bei einem geringeren Druckabfall über dem Verdampfer, weil alle Stellelemente weiter geöffnet sind, als sie dies ohne Renormierung wären. Dementsprechend wird die Gesamteffizienz des Systems und dessen Leistungsabgabe erhöht, insbesondere da nun die Fördereinrichtung unter Aufwendung geringerer Arbeit den vorherbestimmten Massenstrom durch den Verdampfer fördern kann.

**[0015]** Vorzugsweise werden im Rahmen des Verfahrens Stellelemente mit linearer Kennlinie verwendet, insbesondere Ventile mit linearer Ventil-Kennlinie. Hierdurch ist die zuvor beschriebene Renormierung in besonders einfacher Weise möglich, wobei eine einfache, lineare Skalierung der verschiedenen Stellgrößen konstante Verhältnisse der verschiedenen durch die Stellelemente eingestellten Durchtrittsquerschnitte gewährleistet.

**[0016]** Es wird auch ein Verfahren bevorzugt, das sich dadurch auszeichnet, dass die Stellgrößen durch die Regelung des Druckabfalls verändert werden. Die Druckabfallregelung wirkt also bevorzugt auf die im Rahmen der Angleichung der Verdampferfluten berechneten Stellgrößen und verändert deren Werte, um den Druckabfall zu regeln. Insbesondere begrenzt dabei die Regelung des Druckabfalls die Stellgrößen. Dies ist besonders bevorzugt dann der Fall, wenn die Stellgrößen renormiert werden, bevor sie an die Stellelemente weitergeleitet werden. Es wird dann nämlich im Rahmen der Angleichung der Verdampferfluten stets eines der Stellelemente maximal weit geöffnet. Es ist so nicht mehr möglich, im Rahmen der Druckabfallregelung den Druckabfall über dem Verdampfer zu verringern, da eine weitere Öffnung der Stellelemente nicht mehr ohne Veränderung der Verhältnisse der Durchtrittsquerschnitte durch die einzelnen Verdampferfluten zueinander möglich ist. Eines der Stellelemente, nämlich das maximal weit geöffnete, kann nicht mehr weiter geöffnet werden, wodurch eine Art Sättigung des Angleichverhaltens erreicht ist. Es ist aber im Rahmen der Druckabfallregelung möglich, den Druckabfall über dem Verdampfer zu begrenzen, indem die Stellgrößen für die einzelnen Stellelemente durch die Druckabfallregelung begrenzt, insbesondere reduziert werden. Dies bedeutet jedoch nur scheinbar eine Einschränkung: Wie bereits zuvor beschrieben, ist es nämlich für einen sicheren Betrieb des Systems wichtig, dass ein minimaler Druckabfall über dem Verdampfer eingehalten wird, dessen Wert typischerweise von wenigstens einem Betriebsparameter des Systems, mithin von einem Betriebspunkt des Systems abhängt. Daher bedarf es im Rahmen der Druckabfallregelung keiner Verringerung des Druckabfalls, wohl aber einer Möglichkeit, diesen durch Begrenzen der Stellgrößen und damit Androsseln der Stellelemente zu erhöhen. Insbesondere durch Begrenzen der verschiedenen Stellgrößen um einen gleichen Differenzwert beziehungsweise durch ein gleiches Androsseln der verschiedenen Stellelemente wird bei linearen Kennlinien deren Verhältnis untereinander und somit die Angleichung der verschiedenen Ver-

dampferfluten nicht gestört oder verändert.

**[0017]** Es wird auch eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass ein Soll-Durchfluss für das Arbeitsmedium durch die einzelnen Verdampferfluten berechnet wird, indem der gesamte Massenstrom im System dividiert wird durch die Anzahl der Verdampferfluten. Die gewährleistet eine Gleichstellung der Fluten, wobei jede einzelne Verdampferflut den gleichen Anteil des Gesamtmassenstroms des Arbeitsmediums als Sollvorgabe aufgeprägt erhält. Der Gesamtmassenstrom wird dabei bevorzugt durch die Fördereinrichtung, insbesondere durch die Förderleistung der Fördereinrichtung, bevorzugt durch die Drehzahl der Speisepumpe, vorgegeben. Es ist möglich, dass als Gesamtmassenstrom ein Vorgabewert für die Fördereinrichtung herangezogen wird. Alternativ ist es möglich, dass die Förderleistung der Fördereinrichtung erfasst und hieraus ein Gesamtmassenstrom in dem System bestimmt, insbesondere berechnet wird. Besonders bevorzugt ist jedoch ein Durchflusssensor, vorzugsweise in Form einer Messturbine, stromabwärts der Fördereinrichtung vorgesehen, der so angeordnet und ausgebildet ist, dass durch ihn der Gesamtmassenstrom in dem System erfassbar ist. Jedenfalls wird der Gesamtmassenstrom bevorzugt herangezogen und durch die Anzahl der Verdampferfluten dividiert, um die Sollvorgabe für jede Verdampferflut zu bestimmen, die insoweit dann für jede der Verdampferfluten identisch ist.

**[0018]** Es wird auch eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass eine Soll-Temperatur des Arbeitsmediums stromabwärts eines Verdampfungsbereichs der einzelnen Verdampferfluten als Mittelwert über die verschiedenen Temperaturen des Arbeitsmediums stromabwärts der Verdampfungsbereiche der einzelnen Verdampferfluten berechnet oder als mittlere Temperatur des Arbeitsmediums stromabwärts der Verdampferfluten separat gemessen wird. Es ist also möglich, dass in jeder Verdampferflut stromabwärts eines Verdampfungsbereichs, insbesondere im Bereich eines Flutaustritts aus der Verdampferflut, die Temperatur des Arbeitsmediums gemessen wird. Aus den verschiedenen Temperaturmesswerten der einzelnen Verdampferfluten wird ein Mittelwert berechnet, der dann als Soll-Temperatur im Rahmen des Verfahrens verwendet wird. Dabei werden die einzelnen Verdampferfluten auf die Soll-Temperatur hin angeglichen oder gleichgestellt. Alternativ wird eine mittlere Temperatur des Arbeitsmediums stromabwärts der Verdampferfluten, vorzugsweise stromabwärts einer Zusammenführung der verschiedenen Verdampferfluten, gemessen und als Sollvorgabe im Rahmen des Verfahrens verwendet. Auf beide Weisen ist es möglich, den thermodynamischen Zustand des Arbeitsmediums in den einzelnen Verdampferfluten gleichzustellen. Letztlich läuft auch dies bevorzugt auf eine Gleichstellung des Durchflusses in den verschiedenen Verdampferfluten hinaus, da dieser als wesentlicher Parameter eine Überhitzung des Arbeitsmediums in den Verdampferfluten be-

stimmt.

**[0019]** Während die Aufprägung eines Soll-Durchflusses für die einzelnen Verdampferfluten eine besonders genaue Regelung ermöglicht und auch bei Betrieb des Systems im Nassdampfgebiet möglich ist, kann eine Angleichung der Verdampferfluten auf eine Soll-Temperatur besonders einfach und kostengünstig durchgeführt werden, insbesondere weil auf teure Durchflusssensoren, die bevorzugt als Messturbinen ausgebildet sind, verzichtet werden kann.

**[0020]** Es wird auch eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass ein Soll-Druckabfall über dem Verdampfer abhängig von wenigstens einem Betriebsparameter des Systems aus einem Kennfeld ausgelesen wird. Es hat sich gezeigt, dass der für die Leistungsausbeute und Stabilität des Systems einzuhaltende Druckabfall über dem Verdampfer von dessen Betriebspunkt abhängt. Ein zu geringer Druckabfall führt dabei zu Systeminstabilitäten, während ein zu hoher Druckabfall die gesamte Effizienz des Systems und dessen Leistungsabgabe reduziert, insbesondere da die Fördereinrichtung gegen einen unnötig hohen Druckabfall im Verdampfer anarbeiten muss. Insofern existiert für jeden Betriebspunkt des Systems ein optimaler Soll-Druckabfall, der bevorzugt betriebspunktabhängig in einem Kennfeld hinterlegt ist. Der wenigstens eine Betriebsparameter ist vorzugsweise ausgewählt aus einer Gruppe bestehend aus einem Massenstrom in dem System, einer Temperatur des Arbeitsmediums stromabwärts des Verdampfers oder am Verdampferaustritt, und einer Überhitzung des Arbeitsmediums stromabwärts des Verdampfers oder am Verdampferaustritt. Besonders bevorzugt ist das Kennfeld aufgespannt über dem Massenstrom des Arbeitsmediums und der Überhitzung desselben. Es beschreibt den minimal vorzugebenden Differenzdruck über dem Verdampfer, der eingehalten werden soll, um einen sicheren Betrieb des Systems zu gewährleisten. Dabei sollen in den einzelnen Verdampferfluten aufgrund nicht genau gleichzeitig auftretender Übergänge in den dampfförmigen Zustand auftretende Druckschwankungen gegenüber dem vorgegebenen Druckabfall nicht zu einem instabilen Systemverhalten führen. Insbesondere sollen diese Druckschwankungen prozentual gegenüber dem Gesamtdruckabfall über den Verdampfer nicht ins Gewicht fallen. Der Gesamtdruckabfall wird dann - wie bereits beschrieben - bevorzugt durch Androsseln der einzelnen Stellelemente der Verdampferfluten vorgegeben.

**[0021]** Es wird auch eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass das System mit einer Überhitzung des Arbeitsmediums betrieben wird. In diesem Fall werden die einzelnen Verdampferfluten vorzugsweise bezüglich einer Temperatur des Arbeitsmediums stromabwärts des Verdampfungsbereichs angeglichen, insbesondere gleichgestellt, wobei auf diese Weise der thermodynamische Zustand des Arbeitsmediums in den einzelnen Verdampferfluten und letztlich auch der Durchfluss durch die Verdampferfluten

gleichgestellt werden kann. Dabei kann auf teure Durchflusssensoren verzichtet werden. Wird eine der Verdampferfluten beispielsweise aufgrund der Ledinegg-Instabilität weniger stark mit Arbeitsmedium durchströmt als die anderen Verdampferfluten, kommt es in dieser Flut zu einer stärkeren Überhitzung des Arbeitsmediums. Die Überhitzung kann daher als Kriterium für das Androsseln der Stellelemente verwendet werden. Eine Angleichung der Temperaturen des Arbeitsmediums bewirkt bei gegebenem Druck stromabwärts des Verdampfers ohne weiteres auch eine Angleichung der verschiedenen Überhitzungen. Es ist aber möglich, dass auch der Druck stromabwärts des Verdampfers erfasst und zur Bestimmung der Überhitzung herangezogen wird. Dabei bestimmt dieser Druck die Lage des Siedepunkts des Arbeitsmediums in dem Verdampfer und damit die Überhitzung bei gegebener Temperatur.

**[0022]** Es wird auch eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, bei welcher das System im Nassdampfgebiet betrieben wird. In dem Verdampfer wird das Arbeitsmedium also nicht überhitzt, sondern es wird Satt-dampf im Gemisch mit flüssigen Anteilen des Arbeitsmediums erzeugt. Die Temperatur im Verdampfer und stromabwärts des Verdampfers hängt dann in vorherbestimmter Weise von dem Druck stromabwärts des Verdampfers ab, sodass sie nicht zur Gleichstellung der verschiedenen Verdampferfluten herangezogen werden kann. Daher erfolgt in diesem Fall bevorzugt eine Gleichstellung bezüglich des Durchflusses durch die einzelnen Verdampferfluten. Der Betrieb des Systems im Nassdampfgebiet kann gleichwohl insbesondere in Zusammenhang mit einer Abwärmerückgewinnung sinnvoll sein, weil so gegebenenfalls höhere Leistungsausbeuten des Systems möglich sind, als wenn dieses im Regime der Überhitzung betrieben wird.

**[0023]** Es wird eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass in dem System ein organischer Rankine-Kreisprozess (ORC-Prozess) durchgeführt wird. In dem System wird also bevorzugt ein ORC-Prozess betrieben. Dieser Kreisprozess eignet sich insbesondere zur stationären Anwendung, beispielsweise in Geothermie-Kraftwerken, oder zur Abwärmenutzung, insbesondere in industriellen Anlagen oder in Verbindung mit Brennkraftmaschinen.

**[0024]** Die Aufgabe wird auch gelöst, indem eine Steuereinrichtung für ein System zum Betreiben eines thermodynamischen Kreisprozesses mit den Merkmalen des Anspruchs 13 geschaffen wird. Die Steuereinrichtung ist eingerichtet zum Angleichen verschiedener Verdampferfluten bezüglich wenigstens eines Betriebsparameters der einzelnen Verdampferfluten aneinander, und/oder zur Regelung eines Druckabfalls über dem Verdampfer. Besonders bevorzugt ist die Steuereinrichtung eingerichtet zur Durchführung eines Verfahrens nach einer der zuvor beschriebenen Ausführungsformen. Damit verwirklichen sich für die Steuereinrichtung die Vorteile, die bereits in Zusammenhang mit dem Verfahren erläutert wurden.

**[0025]** Vorzugsweise ist die Steuereinrichtung zur Durchführung eines solchen Verfahrens eingerichtet, indem es in eine elektronische Struktur, insbesondere eine Hardware der Steuereinrichtung, fest implementiert ist. Alternativ ist vorgesehen, dass in die Steuereinrichtung ein Computerprogrammprodukt geladen ist, welches Anweisungen aufweist, aufgrund derer ein solches Verfahren durchführbar ist, wenn das Computerprogrammprodukt auf der Steuereinrichtung läuft.

**[0026]** Vorzugsweise weist die Steuereinrichtung eine Schnittstelle zu wenigstens einem Sensor zur Erfassung eines Betriebsparameters der einzelnen Verdampferfluten auf, insbesondere zu den Verdampferfluten jeweils separat zugeordneten Durchflusssensoren und/oder zu den Verdampferfluten jeweils separat zugeordneten Temperatursensoren. Alternativ oder zusätzlich weist die Steuereinrichtung vorzugsweise eine Schnittstelle zu einem Differenzdrucksensor zur Erfassung eines Druckabfalls über dem Verdampfer, oder zu zwei Drucksensoren auf, von denen ein erster stromaufwärts des Verdampfers und ein zweiter stromabwärts des Verdampfers angeordnet ist, wobei ein Druckabfall über dem Verdampfer als Differenz zwischen den Messwerten der beiden Sensoren bestimmt werden kann. Die Steuereinrichtung weist bevorzugt eine Schnittstelle zu den einzelnen Verdampferfluten jeweils zugeordneten Stellelementen auf, um einen Durchtrittsquerschnitt durch die Verdampferfluten individuell beeinflussen zu können. Die Steuereinrichtung weist bevorzugt eine Schnittstelle zu einem Durchflusssensor auf, der stromaufwärts einer Aufteilung des Arbeitsmediums auf die einzelnen Verdampferfluten und stromabwärts einer Fördereinrichtung zur Förderung des Arbeitsmediums entlang eines Kreislafs des Systems angeordnet ist. In diesem Fall ist durch die Steuereinrichtung mithilfe des Durchflusssensors ein Gesamtmassenstrom des Arbeitsmediums in dem Kreislauf erfassbar. Alternativ oder zusätzlich weist die Steuereinrichtung vorzugsweise eine Schnittstelle zu der Fördereinrichtung auf, um deren Förderleistung vorzugeben und/oder zu erfassen, wobei auch auf diese Weise eine Information über den Gesamtmassenstrom im System erhalten werden kann.

**[0027]** Die Aufgabe wird auch gelöst, indem ein System für einen thermodynamischen Kreisprozess, insbesondere zum Betreiben eines thermodynamischen Kreisprozesses, mit den Merkmalen des Anspruchs 14 geschaffen wird. Das System weist einen mehrflutigen Verdampfer auf, der mindestens zwei Verdampferfluten aufweist. Jeder Verdampferflut ist ein Stellelement zugeordnet, das angeordnet und eingerichtet ist zur Variation eines Durchtrittsquerschnitts durch die zugeordnete Verdampferflut. Weiterhin weist das System eine Steuereinrichtung, insbesondere eine Steuereinrichtung nach einem der zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiele, auf, wobei die Steuereinrichtung mit den Stellelementen wirkverbunden und eingerichtet ist, um durch Variation von Stellgrößen für die Stellelemente die Verdampferfluten bezüglich wenigstens eines Betriebspara-

metern aneinander anzugleichen und/oder einen Druckabfall über dem Verdampfer zu regeln. In Zusammenhang mit dem System verwirklichen sich die Vorteile, die bereits in Zusammenhang mit dem Verfahren und der Steuereinrichtung erläutert wurden.

**[0028]** Vorzugsweise ist in jeder Verdampferflut ein Stellelement stromaufwärts eines Verdampfungsbereichs der Verdampferflut angeordnet. Insbesondere ist es möglich, dass das Stellelement vor einem Verdampfereintritt angeordnet ist. Die Stellelemente sind mit der Steuereinrichtung zur Ansteuerung und insbesondere zur Durchführung des Verfahrens wirkverbunden.

**[0029]** Das System weist - in Strömungsrichtung des Arbeitsmediums entlang eines Kreislafs gesehen - eine Fördereinrichtung, die bevorzugt als Speisepumpe ausgebildet ist, den Verdampfer, eine Expansionseinrichtung, und einen Kondensator auf. Weiterhin weist das System bevorzugt in jeder Verdampferflut einen dieser zugeordneten Temperatursensor auf. Alternativ oder zusätzlich ist jeder Verdampferflut bevorzugt ein Durchflusssensor angeordnet. Die verschiedenen Sensoren sind mit der Steuereinrichtung wirkverbunden. Die Durchflusssensoren sind vorzugsweise stromaufwärts der Stellelemente angeordnet. Die Temperatursensoren sind vorzugsweise stromabwärts des Verdampfungsbereichs, insbesondere stromabwärts eines Austritts der einzelnen Fluten aus dem Verdampfer, angeordnet.

**[0030]** Das System weist weiterhin bevorzugt einen Differenzdrucksensor mit einer ersten Messstelle stromaufwärts des Verdampfers und stromaufwärts einer Aufteilung auf die einzelnen Verdampferfluten, und mit einer zweiten Messstelle stromabwärts des Verdampfers und bevorzugt stromabwärts einer Zusammenführung der einzelnen Verdampferfluten auf, der mit der Steuereinrichtung wirkverbunden ist, um einen über dem Verdampfer abfallenden Druckabfall zu messen. Alternativ ist es möglich, dass stromaufwärts des Verdampfers und stromabwärts des Verdampfers an den zuvor erläuterten Messstellen jeweils ein Drucksensor angeordnet ist, wobei der Druckabfall als Differenz der Messwerte der beiden Drucksensoren in der Steuereinrichtung berechenbar ist, welche zu diesem Zweck mit den beiden Drucksensoren wirkverbunden ist. Vorzugsweise weist das System auch einen Temperatursensor stromabwärts der Zusammenführung der Verdampferfluten hinter dem Verdampfer auf. Mit diesem ist dann eine mittlere Temperatur des Arbeitsmediums nach Zusammenführen der einzelnen Fluten messbar.

**[0031]** Außerdem weist das System bevorzugt einen Durchflusssensor stromaufwärts der Aufteilung auf die einzelnen Verdampferfluten und stromabwärts der Fördereinrichtung auf, der mit der Steuereinrichtung zur Erfassung eines Gesamtmassenstroms in dem System wirkverbunden ist. Die Steuereinrichtung ist außerdem bevorzugt mit der Fördereinrichtung zur Vorgabe und/oder Erfassung von deren Förderleistung wirkverbunden.

**[0032]** Die Fördereinrichtung ist vorzugsweise als

drehzahlgeregelte Speisepumpe ausgebildet. Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel des Systems ist die Expansionseinrichtung als volumetrisch arbeitende Expansionsmaschine, insbesondere als Hubkolbenmaschine, als Flügelzellenmaschine, als Roots-Expander oder als Scroll-Expander ausgebildet. Bei einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiel ist die Expansionseinrichtung als Schraubenexpander ausgebildet. Dabei hat sich herausgestellt, dass ein Schraubenexpander gerade in Zusammenhang mit einem ORC-Prozess besonders günstige Eigenschaften und eine hohe Leistungsausbeute aufweist. Dies gilt ganz besonders dann, wenn das System im Nassdampfgebiet betrieben wird. Der Schraubenexpander ist allerdings auch bei einem Betrieb des Systems mit Überhitzung des Arbeitsmediums vorteilhaft einsetzbar. Alternativ ist es auch möglich, dass die Expansionseinrichtung als Strömungsmaschine, insbesondere Turbine, ausgebildet ist.

**[0033]** Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel des Systems ist die Expansionseinrichtung - bevorzugt über eine Welle - mit einem Generator wirkverbunden, durch den die in der Expansionseinrichtung freigesetzte mechanische Arbeit in elektrische Energie umwandelbar ist. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, dass die in der Expansionseinrichtung freigesetzte mechanische Arbeit als solche weiterverwendet wird, beispielsweise zur Unterstützung einer Brennkraftmaschine.

**[0034]** Das System ist vorzugsweise eingerichtet zur Durchführung eines organischen Rankine-Kreisprozesses. Dieser ist dabei besonders geeignet zur Abwärmennutzung in stationären oder mobilen Anwendungen, insbesondere zur Abwärmennutzung in industriellen Prozessen oder zur Nutzung von Abwärme einer Brennkraftmaschine.

**[0035]** Besonders bevorzugt ist das System eingerichtet zur Nutzung der Abwärme einer Brennkraftmaschine. Dabei ist es möglich, in dem System die von Abgas der Brennkraftmaschine umfasste Abwärme und/oder die von einem Kühlmittel der Brennkraftmaschine umfasste Abwärme zu nutzen.

**[0036]** Die Aufgabe wird auch gelöst, indem eine Anordnung mit den Merkmalen des Anspruchs 15 geschaffen wird. Diese weist eine Brennkraftmaschine und ein System nach einem der zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiele auf, wobei das System mit der Brennkraftmaschine zur Nutzung von deren Abwärme wirkverbunden ist. Dabei ist es möglich, dass dem Verdampfer des Systems Abgas der Brennkraftmaschine zur Nutzung der darin umfassten Abwärme zugeleitet wird. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, dass dem Verdampfer des Systems Kühlmittel der Brennkraftmaschine zur Nutzung der darin umfassten Abwärme zugeleitet wird. Insoweit bestehen entsprechende Wirkverbindungen zwischen der Brennkraftmaschine und dem Verdampfer des Systems.

**[0037]** Die Anordnung ist bevorzugt als mobile Anordnung ausgebildet, wobei die Brennkraftmaschine besonders bevorzugt dem Antrieb eines Kraftfahrzeugs, ins-

besondere eines schweren Landfahrzeugs, eines Schienenfahrzeugs oder besonders bevorzugt eines Wasserfahrzeugs, insbesondere eines Schiffes, und ganz besonders eines Fährschiffes dient. Es ist aber auch möglich, dass die Anordnung stationär genutzt wird, beispielsweise zur stationären Stromerzeugung, insbesondere zur Deckung eines Notstrom- oder Spitzenlastbedarfs. Auch zum Antrieb stationärer Aggregate wie beispielsweise Pumpen ist die Brennkraftmaschine der Anordnung geeignet.

**[0038]** Es ist möglich, dass die in der Expansionseinrichtung des Systems gewandelte mechanische Energie unmittelbar der Brennkraftmaschine zu deren Unterstützung zugeführt wird, wobei sie beispielsweise direkt auf eine Kurbelwelle der Brennkraftmaschine übertragen wird. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, dass von einem mit der Expansionseinrichtung wirkverbundenen Generator erzeugte elektrische Energie über einen Elektromotor der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine wieder zugeführt wird. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, dass von einem mit der Expansionseinrichtung wirkverbundenen Generator erzeugte elektrische Energie in ein Stromnetz eingespeist wird, beispielsweise in ein Bordnetz eines mit der Brennkraftmaschine ausgerüsteten Kraftfahrzeugs, oder in ein separates Stromnetz.

**[0039]** Jedenfalls kann die Gesamteffizienz der Brennkraftmaschine durch die Beiordnung des Systems gesteigert werden.

**[0040]** Die Brennkraftmaschine der Anordnung ist vorzugsweise als Hubkolbenmotor ausgebildet. Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel dient die Brennkraftmaschine dem Antrieb insbesondere schwerer Land- oder Wasserfahrzeuge, beispielsweise von Minenfahrzeugen, Zügen, wobei die Brennkraftmaschine in einer Lokomotive oder einem Triebwagen eingesetzt wird, oder von Schiffen. Auch ein Einsatz der Brennkraftmaschine zum Antrieb eines der Verteidigung dienenden Fahrzeugs, beispielsweise eines Panzers, ist möglich. Ein Ausführungsbeispiel der Brennkraftmaschine wird vorzugsweise auch stationär, beispielsweise zur stationären Energieversorgung im Notstrombetrieb, Dauerlastbetrieb oder Spitzenlastbetrieb eingesetzt, wobei die Brennkraftmaschine in diesem Fall vorzugsweise einen Generator antreibt. Auch eine stationäre Anwendung der Brennkraftmaschine zum Antrieb von Hilfsaggregaten, beispielsweise von Feuerlöschpumpen auf Bohrseln, ist möglich. Weiterhin ist eine Anwendung der Brennkraftmaschine im Bereich der Förderung fossiler Roh- und insbesondere Brennstoffe, beispielsweise Öl und/oder Gas, möglich. Auch eine Verwendung der Brennkraftmaschine im industriellen Bereich oder im Konstruktionsbereich, beispielsweise in einer Konstruktions- oder Baumaschine, zum Beispiel in einem Kran oder einem Bagger, ist möglich. Die Brennkraftmaschine ist vorzugsweise als Dieselmotor, als Benzinmotor, als Gasmotor zum Betrieb mit Erdgas, Biogas, Sondergas oder einem anderen geeigneten Gas, ausgebildet. Insbesondere wenn die Brennkraftmaschine als Gasmotor

ausgebildet ist, ist sie für den Einsatz in einem Blockheizkraftwerk zur stationären Energieerzeugung geeignet.

**[0041]** Die Beschreibung des Verfahrens einerseits und der Steuereinrichtung, des Systems und der Anordnung andererseits sind komplementär zueinander zu verstehen. Merkmale der Steuereinrichtung, des Systems oder der Anordnung, die explizit oder implizit in Zusammenhang mit dem Verfahren beschreiben wurden, sind bevorzugt einzeln oder miteinander kombiniert Merkmale eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Steuereinrichtung, des Systems oder der Anordnung. Verfahrensschritte, die explizit oder implizit in Zusammenhang mit der Steuereinrichtung, dem System oder der Anordnung beschrieben wurden, sind bevorzugt einzeln oder miteinander kombiniert Schritte einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens. Das Verfahren zeichnet sich bevorzugt durch wenigstens einen Verfahrensschritt aus, der durch wenigstens ein Merkmal der Steuereinrichtung, des Systems oder der Anordnung bedingt ist. Die Steuereinrichtung, das System oder die Anordnung zeichnen sich bevorzugt durch wenigstens ein Merkmal aus, welches durch wenigstens einen Verfahrensschritt des Verfahrens bedingt ist.

**[0042]** Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Anordnung aus einer Brennkraftmaschine und einem System;

Figur 2 eine schematische Darstellung eines ersten Details einer Ausführungsform des Verfahrens, nämlich einer Durchflussregelung für eine einzelne Verdampferflut, und

Figur 3 eine schematische Darstellung eines zweiten Details der Ausführungsform des Verfahrens gemäß Figur 2, nämlich insbesondere eine Gleichstellung der Verdampferfluten und eine Regelung eines Druckabfalls über dem Verdampfer.

**[0043]** Fig. 1 zeigt eine Anordnung 1, welche eine Brennkraftmaschine 3 und ein System 5 für einen thermodynamischen Kreisprozess aufweist. Dabei sind das System 5 und die Brennkraftmaschine 3 derart miteinander wirkverbunden, dass Abwärme der Brennkraftmaschine 3 in dem System 5 nutzbar ist, indem die Abwärme der Brennkraftmaschine 3 einem Verdampfer 7 des Systems 5 zugeführt wird. Dabei handelt es sich bevorzugt um Abwärme aus dem Abgas der Brennkraftmaschine 3, welches dem Verdampfer 7 zugeführt wird. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, dass in dem Verdampfer 7 Abwärme aus Kühlmittel der Brennkraftmaschine 3 genutzt wird.

**[0044]** Das System 5 weist einen Kreislauf 9 für ein Arbeitsmedium auf. Das System 5 ist dabei bevorzugt



eingerichtet zur Durchführung eines ORC-Prozesses, wobei besonders bevorzugt als Arbeitsmedium Ethanol verwendet wird.

**[0045]** In Strömungsrichtung des Arbeitsmediums entlang des Kreislaufs 9 gesehen sind - in dieser Reihenfolge - eine Fördereinrichtung 11, der Verdampfer 7, eine Expansionseinrichtung 13 und ein Kondensator 15 angeordnet. Die Expansionseinrichtung 13, die bevorzugt als Schraubenexpander ausgebildet ist, ist mit einem Generator 17 wirkverbunden, sodass in der Expansionseinrichtung 13 gewandelte mechanische Arbeit durch den Generator 17 in elektrische Energie wandelbar ist.

**[0046]** Das Arbeitsmedium wird durch die Fördereinrichtung 11 entlang des Kreislaufs 9 zunächst durch den Verdampfer gefördert, wo es Abwärme der Brennkraftmaschine 3 aufnimmt, und wobei es bevorzugt verdampft wird. Anschließend wird das Arbeitsmedium in der Expansionseinrichtung 13 expandiert, wobei es mechanische Arbeit leistet. Anschließend wird das Arbeitsmedium in dem Kondensator 15 wieder abgekühlt, bevorzugt kondensiert, und erneut der Fördereinrichtung 11 zugeführt.

**[0047]** Der Verdampfer 7 ist mehrflutig ausgebildet. Bei dem konkret dargestellten Ausführungsbeispiel weist er vier Verdampferfluten 19.1, 19.2, 19.3, 19.4 auf. Das von der Fördereinrichtung 11 geförderte Arbeitsmedium wird stromaufwärts des Verdampfers 7 in einer Aufteilung 21 auf die einzelnen Verdampferfluten 19 aufgeteilt, welche stromabwärts des Verdampfers 7 in einer Zusammenführung 23 wieder zusammengeführt werden. Ein Verdampfungsbereich 25 der Verdampferfluten 19 ist in dem Verdampfer 7 angeordnet.

**[0048]** Problematisch bei einem derartigen, mehrflutigen Verdampfer ist, dass dieser zu thermodynamischen Instabilitäten, insbesondere zur sogenannten Ledinegg-Instabilität neigt. Dabei setzt in einer der Verdampferfluten 19 frühzeitig die Verdampfung ein, wobei dort der Druckabfall über die Verdampferflut 19 schlagartig stark ansteigt. Dadurch nimmt der Durchfluss durch diese Verdampferflut 19 stark ab, wodurch sich der Effekt weiter verstärkt. Die Wärmeübertragung in dem Verdampfer 7 wird so insgesamt stark reduziert, weil quasi eine Flut vollständig blockiert ist. Eine unzulässige Überhitzung des Arbeitsmediums in der blockierten Verdampferflut 19 kann die Folge sein. Dies kann wiederum Ablagerungen nach sich ziehen, welche die Wärmeübertragung in dem Verdampfer 7 dauerhaft herabsetzen, wodurch die Energieausbeute des Gesamtsystems reduziert wird. Wird die blockierte Verdampferflut 19 schlagartig wieder mit Arbeitsmedium durchströmt, kann es durch Thermoschock zu einer irreversiblen Schädigung des Verdampfers 7 kommen.

**[0049]** Um die Neigung des Systems 5 zu thermodynamischen Instabilitäten, insbesondere zur Ledinegg-Instabilität zu verringern, ist eine Steuereinrichtung 27 vorgesehen, die ausgebildet ist zum Angleichen der Verdampferfluten 19 bezüglich wenigstens eines Betriebsparameters aneinander, insbesondere zur Gleichstel-

lung der Verdampferfluten 19 bezüglich des Betriebsparameters, und/oder zur Regelung eines Druckabfalls über dem Verdampfer 7. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Steuereinrichtung 27 in besonders bevorzugter Weise eingerichtet sowohl zur Angleichung der Verdampferfluten 19 bezüglich des wenigstens einen Betriebsparameters als auch zur Regelung des Druckabfalls über dem Verdampfer 7.

**[0050]** Dabei ist bevorzugt vorgesehen, dass die Verdampferfluten 19 bezüglich eines Durchflusses von Arbeitsmedium einander angeglichen werden. Hierzu weist jede der Verdampferfluten 19 einen Durchflusssensor 29.1, 29.2, 29.3, 29.4 auf, wobei die Durchflusssensoren 29 vorzugsweise stromabwärts der Aufteilung 21 und stromaufwärts des Verdampfers 7 angeordnet sind. Weiterhin weist das System 5 einen Gesamtdurchflusssensor 31 auf, der stromabwärts der Fördereinrichtung 11 und stromaufwärts der Aufteilung 21 vorgesehen ist, sodass mittels des Gesamtdurchflusssensors 31 ein Gesamtmassenstrom in dem Kreislauf 9 erfassbar ist. Die Steuereinrichtung 27 ist sowohl mit den Durchflusssensoren 29 als auch mit dem Gesamtdurchflusssensor 31 wirkverbunden. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, dass der Gesamtmassenstrom in der Steuereinrichtung 27 aus der Förderleistung der Fördereinrichtung 11 berechenbar ist, oder dass der Gesamtmassenstrom durch die Steuereinrichtung 27 vorgegeben und die Fördereinrichtung 11 bezüglich ihrer Förderleistung entsprechend angesteuert wird. Jedenfalls wird bevorzugt ein Soll-Durchfluss für das Arbeitsmedium durch die einzelnen Verdampferfluten 19 von der Steuereinrichtung 27 berechnet, indem der Gesamtmassenstrom dividiert wird durch die Anzahl der Verdampferfluten 19, hier also durch vier. Der Durchfluss durch die einzelnen Verdampferfluten 19 wird dann auf diesen Soll-Durchfluss geregelt.

**[0051]** Jeder Verdampferflut ist ein Stellelement 33.1, 33.2, 33.3, 33.4 angeordnet, mit welchem ein Durchtrittsquerschnitt der zugeordneten Verdampferflut 19 veränderbar ist. Die Stellelemente 33 sind vorzugsweise als Ventile ausgebildet. Sie sind mit der Steuereinrichtung 27 wirkverbunden und werden von dieser zur Angleichung der Verdampferfluten 19 aneinander angesteuert.

**[0052]** Alternativ oder zusätzlich zu einer Gleichstellung der Verdampferfluten 19 bezüglich des Durchflusses von Arbeitsmedium ist bevorzugt eine Gleichstellung bezüglich der Temperatur des Arbeitsmediums stromabwärts des Verdampferbereichs 25 vorgesehen. Hierzu sind in den Verdampferfluten 19 Temperatursensoren 35.1, 35.2, 35.3, 35.4 angeordnet. Diese sind vorzugsweise stromabwärts des Verdampfers 7 beziehungsweise des Verdampfungsbereichs 25 und stromaufwärts der Zusammenführung 23 angeordnet. Eine Soll-Temperatur für die Angleichung der Verdampferfluten 19 wird dabei vorzugsweise als Mittelwert der Messwerte der einzelnen Temperatursensoren 35.1, 35.2, 35.3, 35.4 berechnet. Alternativ ist es allerdings auch möglich, dass als Soll-Temperatur eine stromabwärts der Zusammen-

führung 23 mittels eines Gesamttemperatursensors 37 erfasste Mitteltemperatur verwendet wird. Die Temperatursensoren 35 und/oder der Gesamttemperatursensor 37 sind mit der Steuereinrichtung 27 wirkverbunden. Unabhängig davon, ob die Gleichstellung der Verdampferfluten 19 bezüglich des Durchflusses oder bezüglich der Temperatur des Arbeitsmediums erfolgt, wirkt die Steuereinrichtung 27 jedenfalls zur Gleichstellung auf die Stellelemente 33.

**[0053]** Um den Druckabfall über dem Verdampfer 7 regeln zu können, ist bei dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel des Systems 5 ein erster Drucksensor 39 stromaufwärts des Verdampfers 7 und auch stromaufwärts der Aufteilung 21 angeordnet, wobei ein zweiter Drucksensor 41 stromabwärts des Verdampfers 7 und auch stromabwärts der Zusammenführung 23 angeordnet ist. Der Druckabfall über dem Verdampfer 7 ist dabei als Differenz der Messwerte des ersten Drucksensors 39 und des zweiten Drucksensors 41 berechenbar. Hierzu sind die Drucksensoren 39, 41 mit der Steuereinrichtung 27 wirkverbunden. Diese wirkt auch zur Regelung des Druckabfalls auf die Stellelemente 33.

**[0054]** Alternativ ist es möglich, dass anstelle der Drucksensoren 39, 41 ein Differenzdrucksensor vorgesehen ist, welcher unmittelbar einen Differenzdruck messen kann. Dieser ist dann bevorzugt mit einer ersten Messstelle am Ort des ersten Drucksensors 39 und mit einer zweiten Messstelle am Ort des zweiten Drucksensors 41 verbunden.

**[0055]** Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung eines Details einer Ausführungsform des Verfahrens, hier nämlich insbesondere ein Regelglied 43 zur Regelung des Durchflusses durch eine der Verdampferfluten 19.1, 19.2, 19.3, 19.4. Für jede dieser Verdampferfluten 19 ist bevorzugt ein solches Regelglied 43 vorgesehen, wobei es genügt, dessen Funktion für eine der Verdampferfluten 19 zu beschreiben. In das Regelglied 43 geht ein Soll-Wert 45 ein, der entweder ein Soll-Durchfluss oder eine Soll-Temperatur ist. Der Soll-Durchfluss ist vorzugsweise berechnet als Gesamtmassenstrom in dem Kreislauf 9 dividiert durch die Anzahl der Verdampferfluten 19. Die Soll-Temperatur ist vorzugsweise berechnet als Mittelwert der Messwerte der Temperatursensoren 35.1, 35.2, 35.3, 35.4, oder sie ist der Messwert des Gesamttemperatursensors 37. In das Regelglied 43 geht außerdem ein entsprechender Ist-Wert 47 ein, der entweder ein Ist-Wert für den Durchfluss für die konkret betrachtete Verdampferflut 19.1, 19.2, 19.3, 19.4 oder aber eine mithilfe des der Flut zugeordneten Temperatursensors 35.1, 35.2, 35.3, 35.4 gemessene Temperatur des Arbeitsmediums stromabwärts des Verdampfungsbereichs 25 in dieser Flut 19.1, 19.2, 19.3, 19.4 darstellt. Weiterhin geht in das Regelglied 43 eine Ist-Stellgröße 49 für das der konkret betrachteten Verdampferflut 19 zugeordnete Stellelement 33 ein.

**[0056]** Diese Eingangswerte werden in einem Rechenglied 51 unter Berücksichtigung einer Charakteristik des betrachteten Stellelements 33, insbesondere von des-

sen Kennlinie, miteinander verrechnet, woraus als Ausgabewert eine Differenz-Stellgröße 53 resultiert. Diese geht in einen Regler 55 ein, der schließlich eine Soll-Stellgröße 57 ausgibt.

**[0057]** Fig. 3 zeigt ein zweites Detail der Ausführungsform des Verfahrens gemäß Figur 2. Hier sind die Regelglieder 43.1, 43.2, 43.3, 43.4 für die verschiedenen Verdampferfluten 19 dargestellt, die jeweils in der gemäß Figur 2 erläuterten Form ausgebildet sind und entsprechend die Soll-Stellgrößen 57.1, 57.2, 57.3, 57.4 ausgeben. Es zeigt sich, dass die Stellelemente 33 nicht unmittelbar mit den Soll-Stellgrößen 57 angesteuert werden. Vielmehr werden diese zuvor in einem Renormierungsglied 59 renormiert, wobei diejenige der Soll-Stellgrößen 57.1, 57.2, 57.3, 57.4, welche den größten Wert aufweist, auf den maximal zulässigen Wert zur Ansteuerung der Stellelemente 33 gesetzt wird, sodass das mit dieser größten Soll-Stellgröße angesteuerte Stellelement 33 seine maximal mögliche Öffnung aufweist. Die übrigen Stellgrößen 57 werden entsprechend skaliert, sodass ihre Verhältnisse untereinander gleich bleiben. Dies ist insbesondere möglich, wenn die Stellelemente 33 lineare Kennlinien aufweisen. Aus dem Renormierungsglied 59 resultieren die renormierten Soll-Stellgrößen 61.1, 61.2, 61.3, 61.4. Würde sich das Verfahren in der Gleichstellung der Verdampferfluten 19 erschöpfen, würden nun die Stellelemente 33 mit den renormierten Soll-Stellgrößen 61 angesteuert. Durch die Renormierung in dem Renormierungsglied 59 wäre dann gewährleistet, dass sich bei gegebenen Massenstrom in dem Kreislauf 9 ein minimaler Druckabfall über dem Verdampfer 7 einstellt, da die Verdampferfluten 19 - unter der Bedingung ihrer Gleichstellung - maximal weite Durchtrittsquerschnitte am Ort der Stellelemente 33 aufweisen.

**[0058]** Um die Stabilität des Systems 5 allerdings weiter zu erhöhen, ist eine Druckabfallregelung für den Druckabfall über dem Verdampfer 7 vorgesehen. Hierzu ist ein Kennfeld 63 über einem Gesamtmassenstrom 65, der bevorzugt durch den Gesamtdurchflusssensor 31 bestimmt wird, und einem weiteren Betriebsparameter 67 des Systems 5 aufgespannt, wobei das Kennfeld 63 Werte für einen minimal vorzugebenden Druckabfall oder Soll-Druckabfall 69 in Abhängigkeit von dem Gesamtmassenstrom 65 und dem Betriebsparameter 67 aufweist. Als Betriebsparameter 67 wird vorzugsweise eine Temperatur des Arbeitsmediums stromabwärts des Verdampfers 7, insbesondere am Verdampferaustritt, nämlich die zuvor ermittelte Mitteltemperatur oder die separat mithilfe des Gesamttemperatursensors 37 gemessene Temperatur, und/oder ein Druck des Arbeitsmediums stromabwärts des Verdampfers 7, insbesondere am Verdampferaustritt, und/oder eine Überhitzung des Arbeitsmediums stromabwärts des Verdampfers 7, insbesondere am Verdampferaustritt verwendet. Dabei ist über die Temperatur, den Druck und/oder die Überhitzung ein thermodynamischer Zustand des Arbeitsmediums stromabwärts des Verdampfers 7, insbesondere am Verdampferaustritt, erfassbar, wobei der vorzugebende

Soll-Druckabfall 69 von diesem thermodynamischen Zustand abhängt.

[0059] In einem Differenzglied 71 werden ein Ist-Druckabfall 73, der bevorzugt mittels der Drucksensoren 39, 41 gemessen wird, und der Soll-Druckabfall 69 miteinander verrechnet, woraus eine Soll-Ist-Abweichung 75 resultiert. Diese wird in einem Rechenglied 77 unter Berücksichtigung des Systemverhaltens des Systems 5, insbesondere unter Berücksichtigung der Kennlinien der Stellelemente 33, umgerechnet in eine globale Differenzstellgröße 79. Diese wird wiederum durch einen Regler 81 umgerechnet in eine Begrenzungsvorgabe 83, welche letztlich durch ein Verteilglied 85 Differenzgliedern 87.1, 87.2, 87.3, 87.4 zugeführt wird. Dort werden die renormierten Soll-Stellgrößen 61 mit den Begrenzungsvorgaben 83 verrechnet, woraus sich letztlich resultierende Stellgrößen 89.1, 89.2, 89.3, 89.4 ergeben. Mit diesen resultierenden Stellgrößen 89 werden dann schließlich die Stellelemente 33 angesteuert. Die Begrenzungsvorgabe 83 bewirkt dabei ein Androsseln der Stellelemente 33, sodass mittels der Druckabfallregelung der Druckabfall über dem Verdampfer 7 durch Androsseln der Stellelemente 33 erhöht werden kann, wenn dies betriebspunktabhängig erforderlich ist, um die Stabilität des Systems zu gewährleisten.

[0060] Somit zeigt sich insgesamt, dass mithilfe des Verfahrens, der Steuereinrichtung, des Systems und der Anordnung eine Neigung zu Instabilitäten, insbesondere zur Ledinegg-Instabilität, besonders bevorzugt durch eine Kombination der Gleichstellung der einzelnen Verdampferfluten 19 mit der Druckabfallregelung deutlich vermindert werden kann. Hierdurch wird ein sicherer Betrieb des Systems 5 möglich. Dies erlaubt letztlich den Aufbau eines großen Verdampfers 7 aus kleineren, gegebenenfalls standardisierten Verdampfer-Blöcken, was eine wirtschaftliche Nutzung mehrerer Verdampferfluten möglich macht und gegebenenfalls günstiger ist als die Entwicklung eines entsprechenden, großen Verdampfers mit einer einzigen Flut. Das hier vorgeschlagene Verfahren ist außerdem auf eine beliebige Anzahl von Verdampferfluten skalierbar.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Systems (5) für einen thermodynamischen Kreisprozess mit einem mehrflutigen Verdampfer (7), der mindestens zwei Verdampferfluten (19.1, 19.2, 19.3, 19.4) aufweist, wobei die Verdampferfluten (19.1, 19.2, 19.3, 19.4) bezüglich wenigstens eines Betriebsparameters der einzelnen Verdampferfluten (19.1, 19.2, 19.3, 19.4) aneinander angeglichen werden, und/oder wobei ein Druckabfall über dem Verdampfer (7) geregelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verdampferfluten (19.1, 19.2, 19.3, 19.4) bezüglich eines Durchflusses von Ar-

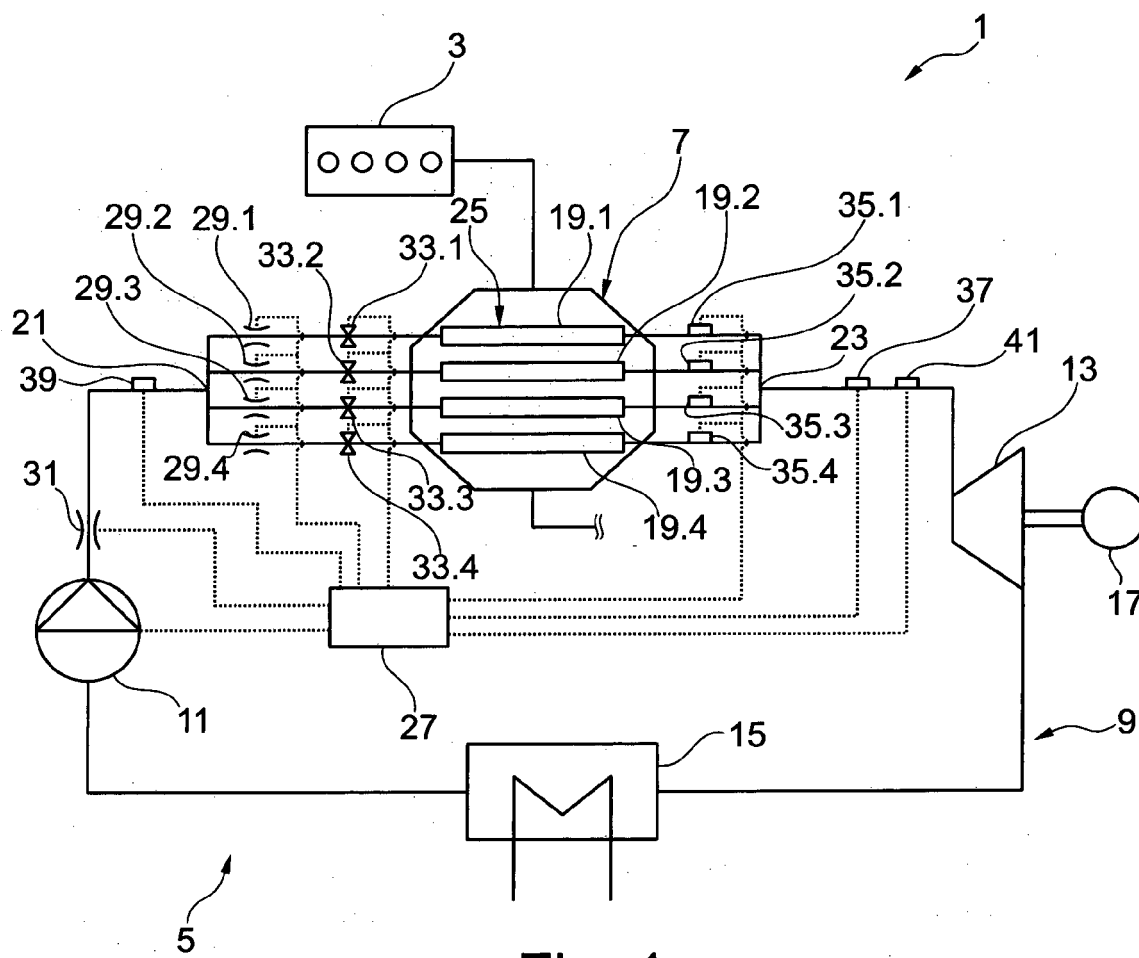
beitsmedium und/oder bezüglich einer Temperatur des Arbeitsmediums stromabwärts eines Verdampfungsbereichs (25) der einzelnen Verdampferfluten (19.1, 19.2, 19.3, 19.4) aneinander angeglichen werden.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druckabfall über dem Verdampfer (7) durch Ansteuern von den einzelnen Verdampferfluten (19.1, 19.2, 19.3, 19.4) zugeordneten Stellelementen (33.1, 33.2, 33.3, 33.4) geregelt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stellelemente (33.1, 33.2, 33.3, 33.4) als Ventile ausgebildet sind.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verdampferfluten (19.1, 19.2, 19.3, 19.4) aneinander angeglichen werden, indem Stellgrößen für Stellelemente (33.1, 33.2, 33.3, 33.4), welche einen Durchfluss durch die Verdampferfluten (19.1, 19.2, 19.3, 19.4) begrenzen, und welche den einzelnen Verdampferfluten (19.1, 19.2, 19.3, 19.4) zugeordnet sind, variiert werden.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stellgrößen so renormiert werden, dass ein mit einem größten Wert der Stellgrößen angesteuertes Stellelement (33.1, 33.2, 33.3, 33.4) maximal geöffnet ist.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stellgrößen durch die Regelung des Druckabfalls verändert, insbesondere begrenzt werden.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Soll-Durchfluss für das Arbeitsmedium durch die einzelnen Verdampferfluten (19.1, 19.2, 19.3, 19.4) als Gesamtmassenstrom im System (5) dividiert durch die Anzahl der Verdampferfluten (19.1, 19.2, 19.3, 19.4) berechnet wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Soll-Temperatur für das Arbeitsmedium stromabwärts des Verdampfungsbereichs (25) als Mittelwert über die Temperatur des Arbeitsmediums stromabwärts des Verdampfungsbereichs (25) der einzelnen Verdampferfluten (19.1, 19.2, 19.3, 19.4) berechnet, oder als mittlere Temperatur separat gemessen wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Soll-

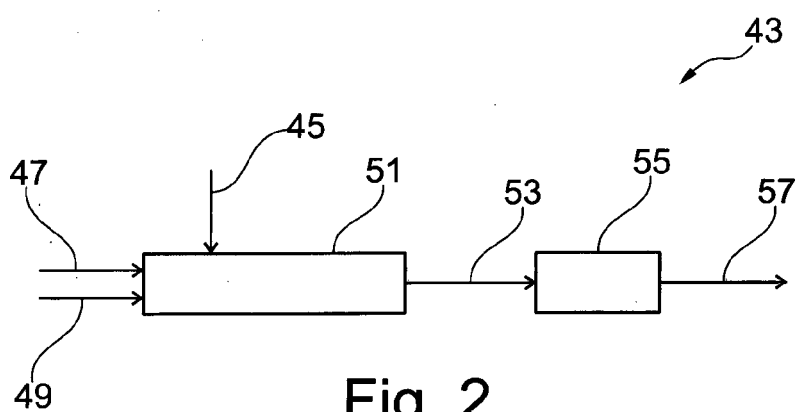
Druckabfall abhängig von wenigstens einem Betriebsparameter des Systems (5) aus einem Kennfeld (63) ausgelesen wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das System (5) mit Überhitzung des Arbeitsmediums oder im Nassdampfgebiet betrieben wird. 5
  
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem System (5) ein organischer Rankine-Kreisprozess durchgeführt wird. 10
  
13. Steuereinrichtung (27) für ein System (5) für einen thermodynamischen Kreisprozess mit einem mehrflutigen Verdampfer (7), wobei die Steuereinrichtung (27) eingerichtet ist zum Angleichen von Verdampferfluten (19.1, 19.2, 19.3, 19.4) bezüglich wenigstens eines Betriebsparameters der einzelnen Verdampferfluten (19.1, 19.2, 19.3, 19.4) aneinander und/oder wobei die Steuereinrichtung (27) eingerichtet ist zur Regelung eines Druckabfalls über dem Verdampfer (7), wobei die Steuereinrichtung bevorzugt eingerichtet ist zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12. 15  
20  
25
  
14. System für einen thermodynamischen Kreisprozess, mit einem mehrflutigen Verdampfer (7), der mindestens zwei Verdampferfluten (19.1, 19.2, 19.3, 19.4) aufweist, wobei jeder Verdampferflut (19.1, 19.2, 19.3, 19.4) ein Stellelement (33.1, 33.2, 33.3, 33.4) zugeordnet ist, das angeordnet und eingerichtet ist zur Variation eines Durchtrittsquerschnitts durch die zugeordnete Verdampferflut (19.1, 19.2, 19.3, 19.4), und mit einer Steuereinrichtung (27), insbesondere einer Steuereinrichtung (27) nach Anspruch 13, die mit den Stellelementen (33.1, 33.2, 33.3, 33.4) wirkverbunden und eingerichtet ist, um durch Variation von Stellgrößen für die Stellelemente (33.1, 33.2, 33.3, 33.4) die Verdampferfluten (19.1, 19.2, 19.3, 19.4) bezüglich wenigstens eines Betriebsparameters der einzelnen Verdampferfluten (19.1, 19.2, 19.3, 19.4) aneinander anzugleichen und/oder einen Druckabfall über dem Verdampfer (7) zu regeln. 30  
35  
40  
45
  
15. Anordnung, mit einer Brennkraftmaschine (3) und einem System (5) zur Durchführung eines thermodynamischen Kreisprozesses, **dadurch gekennzeichnet, dass** das System ausgebildet ist nach Anspruch 14. 50

55



**Fig. 1**



**Fig. 2**

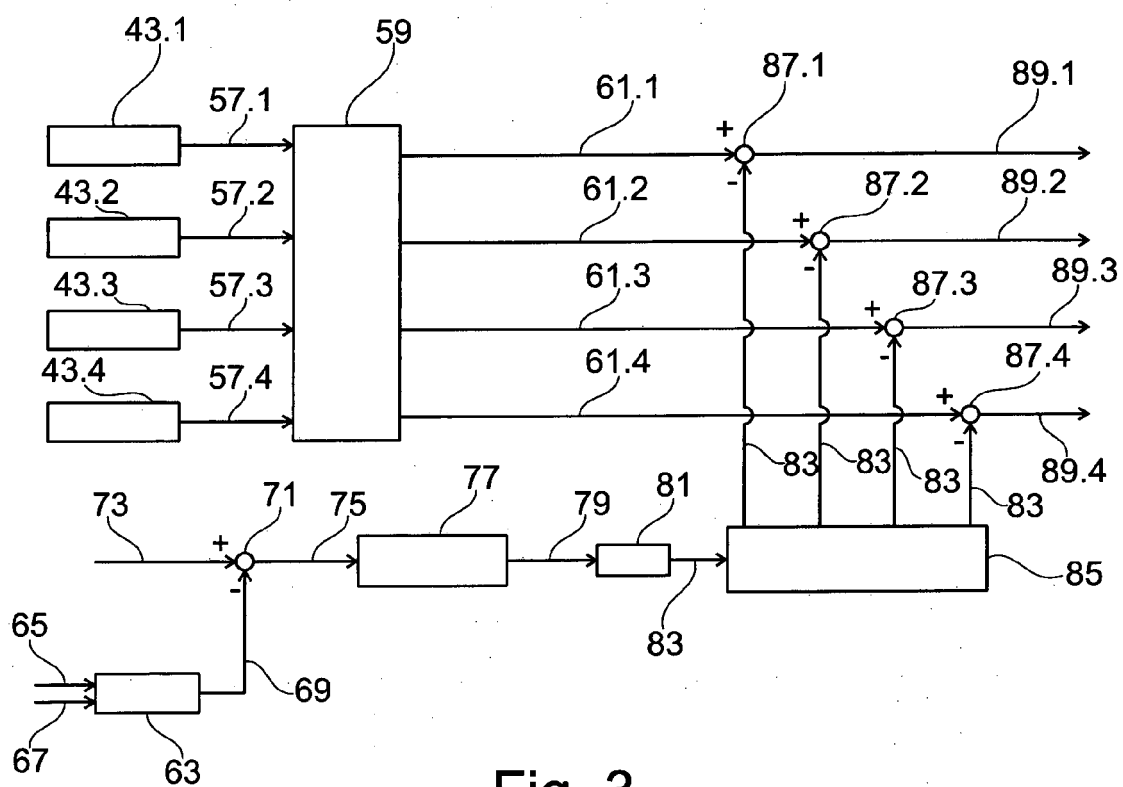


Fig. 3



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 15 00 0459

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2011/239961 A1 (BAUVER II WESLEY P [US] ET AL) 6. Oktober 2011 (2011-10-06) * Zusammenfassung; Abbildung 2 * * Absätze [0001], [0002], [0007], [0008], [0010], [0016] - [0019], [0023] *	1-15	INV. F22B35/10 F22B29/06
X	JP H01 189401 A (HITACHI LTD) 28. Juli 1989 (1989-07-28) * Zusammenfassung; Abbildungen 1, 4 *	1-15	
X	US 6 957 630 B1 (MASTRONARDE THOMAS P [US]) 25. Oktober 2005 (2005-10-25) * Zusammenfassung; Abbildungen 4, 5 * * Spalte 2, Zeile 53 - Spalte 3, Zeile 37 * * Spalte 8, Zeilen 3-27 *	1-15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F22B
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 15. September 2015	Prüfer Varelas, Dimitrios
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 15 00 0459

5

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

15-09-2015

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2011239961 A1	06-10-2011	CN 102906498 A	30-01-2013
		EP 2553336 A2	06-02-2013
		KR 20130003019 A	08-01-2013
		US 2011239961 A1	06-10-2011
		WO 2011126601 A2	13-10-2011
-----			
JP H01189401 A	28-07-1989	KEINE	
-----			
US 6957630 B1	25-10-2005	EP 1869367 A1	26-12-2007
		US 6957630 B1	25-10-2005
		WO 2006107315 A1	12-10-2006
-----			

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0461

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