



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 15 746 B3** 2004.09.16

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 15 746.8**
(22) Anmeldetag: **04.04.2003**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **16.09.2004**

(51) Int Cl.7: **F01K 27/00**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:
**Fachhochschule Darmstadt, vertreten durch den
Präsidenten, 64295 Darmstadt, DE**

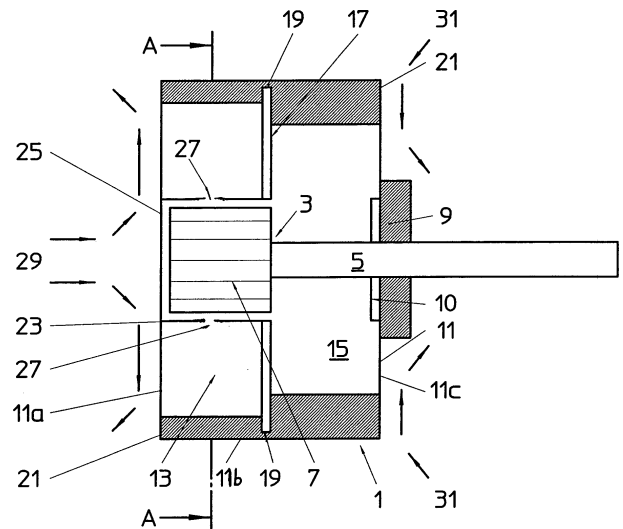
(74) Vertreter:
BOEHMERT & BOEHMERT, 28209 Bremen

(72) Erfinder:
**Heddrich, Wolfgang, Prof. Dr., 64839 Münster, DE;
Lautner, Hans, Prof. Dr., 64291 Darmstadt, DE;
Hein, Lars, 97702 Münnernstadt, DE; Losch,
Matthias, 64295 Darmstadt, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
**DE 199 48 128 A1
US2002/01 94 848 A1**

(54) Bezeichnung: **Wärme kraftmaschine zur Umwandlung von thermischer Energie in mechanische Energie sowie
Verwendung derselben**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Wärme kraftmaschine zur Umwandlung von thermischer Energie in mechanische Energie, umfassend zumindest eine Dampferzeugungsvorrichtung zum zumindest teilweisen Verdampfen eines ersten flüssigen Arbeitsmediums mittels der Wärme kraftmaschine zugeführter thermischer Energie, zumindest einen mittels des verdampften ersten Arbeitsmediums zur Erzeugung von mechanischer Energie antreibbaren und relativ zu zumindest einem Stator um eine erste Drehachse drehbaren Rotor und zumindest eine Kondensationsvorrichtung zur Kondensation des verdampften ersten Arbeitsmediums nach Antreiben des Rotors, wobei der Rotor den Stator im wesentlichen vollständig umgibt, und der Rotor die Dampferzeugungsvorrichtung und die Kondensationsvorrichtung im wesentlichen vollständig umfaßt, sowie eine Verwendung einer erfindungsgemäßen Wärme kraftmaschine.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Wärmekraftmaschine zur Umwandlung von thermischer Energie in mechanische Energie sowie die Verwendung einer solchen Wärmekraftmaschine.

Stand der Technik

[0002] Aus dem Stand der Technik ist eine Vielzahl von Wärmekraftmaschinen bekannt. So offenbart beispielsweise die DE 199 48 128 A1 eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Erzeugung von Strömungsenergie in Flüssigkeiten aus Wärme. Die Vorrichtung umfaßt dabei ein Gehäuse mit einer mit einem Verdampfer verbundenen Dampfeintrittsöffnung und einer mit einem Kondensator verbundenen Dampfaustrittsöffnung. Ferner weist das Gehäuse eine mit einem Hydromotor verbundene Vorlauföffnung und einen mit demselben verbundenen Rücklaufanschluß auf. Innerhalb des Gehäuses ist ein Rotor angeordnet, der mehrere Zellen aufweist, in denen sich jeweils Kolben befinden. Durch Zufuhr von Dampf unter Druck durch die Dampfeintrittsöffnung, Abfuhr des Dampfes aus der Dampfaustrittsöffnung sowie Drehung des Rotors wird ein Pumpen einer Hydraulikflüssigkeit durch den Hydromotor erzielt. Nachteilig bei dieser Vorrichtung ist jedoch, daß sie konstruktiv aufwendig ist, und aufgrund ihres mehrkomponentigen Ausbaus einen großen Bauraum aufweist und somit nicht kompakt ausgeführt werden kann. Darüberhinaus ist insbesondere eine Pumpe erforderlich, um in dem Kondensator kondensierte Flüssigkeit dem Verdampfer wieder zuzuführen.

[0003] Ferner offenbart die US 2002/0194848 A1 einen Dampfmotor zum Antrieb eines Generators. Der Dampfmotor umfaßt dabei einen Kreiskolbenmotor, der in einem geschlossenen Dampfkreislauf integriert ist. Der Dampfkreislauf umfaßt einen Dampfgenerator, eine Dampfeinspritzung zur Einspritzung von Dampf in den Kreiskolbenmotor sowie einen Kondensator zur Kondensation des Dampfes, der aus dem Kreiskolbenmotor austritt. Innerhalb des Dampfmotors wird eine Verbrennung durchgeführt, um einem Dampfgenerator, der aus einem Bündel kreisförmiger Rohre besteht, Hitze zuzuführen. Der aus dem Dampfgenerator austretende Dampf wird dem Kreiskolbenmotor zugeführt und fließt anschließend durch ein weiteres Bündel von Rohren, die einer Vorerwärmung von Verbrennungsluft dienen. Der so teilweise abgekühlte Dampf wird einem Kondensator zugeführt, und das im Kondensator kondensierte Wasser wird anschließend über eine Pumpe wieder dem Dampfgenerator zugeführt. Nachteilig bei diesem Dampfmotor ist jedoch ebenfalls der konstruktiv aufwendige Ausbau sowie die geringe Kompaktheit aufgrund der Vielzahl der notwendigen Komponenten, einschließlich einer Pumpe zur Förderung von in dem Kondensator kondensiertem Wasser in den Dampfgenerator. Ferner ist der Kreiskolbenmotor verschleiß-

anfällig, woraus sich hohe Wartungskosten ergeben. [0004] Darüberhinaus sind aus dem Stand der Technik Wärmekraftmaschinen umfassend Dampfturbinen bekannt. Diesen Dampfturbinen wird in einem externen Dampferzeuger erzeugter Dampf derart zugeführt, daß ein in einem Gehäuse angeordneter Rotor mit einem Schaufelrad angetrieben wird. Nach dem Durchtritt durch das Schaufelrad wird der aus dem Gehäuse austretende Dampf kondensiert, und das so kondensierte Arbeitsmedium über eine Pumpe wieder dem Dampferzeuger zugeführt. Nachteilig bei diesen Dampfturbinen ist jedoch, daß zusätzliche Komponenten, insbesondere Ventile, Steuerelemente oder Pumpen, notwendig sind, um eine Umwandlung thermischer Energie in mechanische Energie zu erreichen. Insbesondere weisen derartige Wärmekraftmaschinen unter Verwendung einer Dampfturbine aufgrund der großen Anzahl von Einzelkomponenten ein hohes Leistungsgewicht, d. h. Gewicht relativ zur entnehmbaren Leistung, auf.

Aufgabenstellung

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Wärmekraftmaschine bereitzustellen, die die Nachteile des Standes der Technik überwindet. Insbesondere soll die Umwandlung thermischer Energie in mechanische Energie bei Erreichen eines geringen Leistungsgewichts, einer hohen Effizienz, einer niedrigen Schadstoff- und Lärmemission sowie einem einfachen, wartungsarmen und verschleißsarmen Aufbau erzielt werden.

[0006] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass die Wärmekraftmaschine zumindest eine Dampferzeugungsvorrichtung zum zumindest teilweisen Verdampfen eines ersten flüssigen Arbeitsmediums mittels der Wärmekraftmaschine zugeführter thermischer Energie, zumindest einen mittels des verdampften ersten Arbeitsmediums zur Erzeugung von mechanischer Energie antreibbaren und relativ zu zumindest einem Stator um eine erste Drehachse drehbaren Rotor und zumindest eine Kondensationsvorrichtung zur Kondensation des verdampften ersten Arbeitsmediums nach Antreiben des Rotors umfaßt, wobei der Rotor den Stator im wesentlichen vollständig umgibt, und der Rotor die Dampferzeugungsvorrichtung und die Kondensationsvorrichtung im wesentlichen vollständig umfaßt.

[0007] Dabei ist erfindungsgemäß in einer vorteilhaften Ausführungsform zumindest eine die Dampferzeugungsvorrichtung bildende erste Kammer, zumindest eine die Kondensationsvorrichtung bildende zweite Kammer und zumindest eine Turbinenkammer vorgesehen, wobei vorzugsweise die erste Kammer und die zweite Kammer, die erste Kammer und die Turbinenkammer und/oder die zweite Kammer und die Turbinenkammer zumindest bereichsweise mittels zumindest einer, insbesondere thermisch isolierenden, Wand voneinander abgetrennt sind.

[0008] Bei der vorgenannten alternativen Ausführungs-

rungsform wird vorgeschlagen, daß die Wärmekraftmaschine zumindest eine die erste Kammer und die Turbinenkammer zum Durchtritt des verdampften ersten Arbeitsmediums verbindende erste Verbindungsvorrichtung, vorzugsweise umfassend zumindest eine erste Düse, wobei vorzugsweise die Geometrie und/oder die Ausrichtung der Düsenöffnung einstellbar ist, zumindest ein erstes Rohr und/oder zumindest eine insbesondere in der thermisch isolierenden Wand ausgebildete, erste Öffnung, umfasst.

[0009] Bei den beiden vorgenannten alternativen Ausführungsformen kann ferner zumindest eine die Turbinenkammer und die zweite Kammer zum Durchtritt des verdampften ersten Arbeitsmediums verbindende zweite Verbindungsvorrichtung, vorzugsweise umfassend zumindest eine zweite Düse, wobei vorzugsweise die Geometrie und/oder die Ausrichtung der Düsenöffnung einstellbar ist, zumindest ein zweites Rohr und/oder zumindest eine, insbesondere in der thermisch isolierenden Wand ausgebildete, zweite Öffnung, vorgesehen sein.

[0010] Auch wird bei den beiden vorgenannten Ausführungsformen zumindest eine mit der ersten Verbindungsvorrichtung in Wirkverbindung stehende erste und/oder zumindest eine mit der zweiten Verbindungsvorrichtung in Wirkverbindung stehende zweite Durchflußsteuer- und/oder Regeleinrichtung, vorzugsweise in Form eines ersten und/oder zweiten Ventils, vorgeschlagen.

[0011] Vorteilhafte Ausführungsformen einer erfindungsgemäßen Wärmekraftmaschine verfügen über zumindest eine die erste Kammer und die Turbinenkammer zum Durchtritt des flüssigen ersten Arbeitsmediums verbindende dritte Verbindungsvorrichtung, insbesondere in Form zumindest einer, vorzugsweise in der thermisch isolierenden Wand ausgebildeten, dritten Öffnung.

[0012] Auch kann zumindest eine die Turbinenkammer und die zweite Kammer zum Durchtritt des flüssigen ersten Arbeitsmediums verbindende vierte Verbindungsvorrichtung, vorzugsweise in Form zumindest einer, insbesondere in der thermisch isolierenden Wand ausgebildeten, vierten Öffnung, in einer erfindungsgemäßen Wärmekraftmaschine vorhanden sein.

[0013] Bei den beiden vorgenannten Alternativen wird mit der Erfindung vorgeschlagen, daß das flüssige erste Arbeitsmedium während einer Drehung des Rotors, insbesondere aufgrund der auf das Arbeitsmedium wirkenden Fliehkraft, einen Austritt des verdampften ersten Arbeitsmediums aus der ersten Kammer durch die dritte und/oder vierte Verbindungsvorrichtung verhindert, insbesondere die dritte und/oder vierte Öffnung blockiert.

[0014] Ferner wird mit der Erfindung zumindest eine mit der dritten Verbindungsvorrichtung in Wirkverbindung stehende dritte und/oder zumindest eine mit der vierten Verbindungsvorrichtung in Wirkverbindung stehende vierte Durchflußsteuer- und/oder Regeleinrichtung, vorzugsweise in Form eines dritten

und/oder vierten Ventils, insbesondere eines Rückschlagventils, vorgeschlagen.

[0015] Insbesondere kann auch vorgesehen sein, daß die zweite Kammer und die Turbinenkammer in einem ausgeformt sind.

[0016] Bei den vorgenannten Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Wärmekraftmaschine kann zumindest ein in der ersten Kammer, der zweiten Kammer und/oder der Turbinenkammer ausgebildeter Strömungsführungskörper vorgesehen sein.

[0017] Eine vorteilhafte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Wärmekraftmaschine zeichnet sich durch zumindest ein von dem Stator umfaßtes, erstes Schaufelrad aus, dem, vorzugsweise über die erste Verbindungsvorrichtung, zum Drehen des Rotors relativ zu dem Stator das verdampfte erste Arbeitsmedium zuführbar ist, insbesondere axial, radial und/oder unter einem vorbestimmten Winkel relativ zu der ersten Drehachse.

[0018] Die vorgenannte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Wärmekraftmaschine kann gekennzeichnet sein durch zumindest ein mit dem Rotor in Wirkverbindung stehendes, insbesondere mit diesem drehmitnahmesicher verbindbares, und stromaufwärts und/oder stromabwärts des verdampften Arbeitsmediums relativ zum ersten Schaufelrad angeordnetes Strömungsführungsrad, wobei das Strömungsführungsrad vorzugsweise zumindest bereichsweise konzentrisch zum ersten Schaufelrad angeordnet ist, insbesondere innerhalb und/oder außerhalb des ersten Schaufelrades.

[0019] Die beiden vorgenannten Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Wärmekraftmaschine können gekennzeichnet sein durch zumindest ein von dem Stator umfaßtes, zweites Schaufelrad, wobei vorzugsweise stromaufwärts und/oder stromabwärts des verdampften Arbeitsmediums relativ zu dem zweiten Schaufelrad zumindest ein mit dem Rotor in Wirkverbindung stehendes, insbesondere mit diesem drehmitnahmesicher verbindbares, Umlenkrad angeordnet ist, wobei insbesondere das Umlenkrad zumindest bereichsweise konzentrisch zum ersten und/oder zweiten Schaufelrad angeordnet ist, insbesondere innerhalb und/oder außerhalb des ersten und/oder zweiten Schaufelrades.

[0020] Bei den drei vorgenannten alternativen Ausführungsformen sieht die Erfindung insbesondere vor, daß das erste Schaufelrad, das Strömungsführungsrad, das zweite Schaufelrad und/oder das Umlenkrad zumindest teilweise in der Turbinenkammer angeordnet ist bzw. sind.

[0021] Auch wird vorgeschlagen, daß das zweite Schaufelrad einen von einem ersten Durchmesser des ersten Schaufelrades abweichenden zweiten Durchmesser und/oder eine von der Anzahl bzw. der Geometrie der Schaufeln des ersten Schaufelrades abweichende Anzahl bzw. Geometrie der Schaufeln aufweist.

[0022] Vorteilhafte Ausführungsformen einer erfindungsgemäßen Wärmekraftmaschine sind auch ge-

kennzeichnet durch eine Vielzahl von zweiten Schaufelrädern und/oder Umlenkrädern, wobei die zweiten Schaufelräder vorzugsweise unterschiedliche Durchmesser, unterschiedliche Geometrien und/oder eine unterschiedliche Anzahl von Schaufeln zueinander aufweisen, und/oder die Umlenkräder unterschiedliche Durchmesser, unterschiedliche Geometrien und/oder eine unterschiedliche Anzahl von Schaufeln zueinander aufweisen.

[0023] Auch kann vorgesehen sein, daß die Geometrie und/oder die Stellung zumindest einer Schaufel des ersten Schaufelrades, zumindest eines zweiten Schaufelrades, des Strömungsführungsrades und/oder zumindest eines Umlenkrades, vorzugsweise während eines Betriebs der Wärmekraftmaschine, einstellbar ist bzw. sind.

[0024] Ferner schlägt die Erfindung zumindest ein Heizmittel zur Beaufschlagung der Dampferzeugungsvorrichtung, insbesondere der ersten Kammer, mit Wärme vor, vorzugsweise in Form eines fluiden Heizmediums, insbesondere in Form von heißen Gasen, wie Verbrennungsgasen, einer Heizquelle, wie in Form zumindest einer Heizspindel, die in einer, insbesondere ein Material hoher Wärmeleitfähigkeit umfassenden und/oder für einen hohen konvektiven Wärmetransport strukturierten, Wand der ersten Kammer integriert und/oder auf der Oberfläche dieser Wand ausgebildet ist, zumindest einer ersten Durchflusseinrichtung für ein Heizfluid und/oder zumindest einer auf einer Außenseite der Wand der ersten Kammer ausgebildeten, insbesondere von dem Heizfluid durchströmbar, ersten Struktur und/oder zumindest einer auf einer Innenseite der Wand der ersten Kammer ausgebildeten, insbesondere von dem, vorzugsweise verdampften Arbeitsmedium durchströmbar, zweiten Struktur.

[0025] Ferner wird mit der Erfindung zumindest ein Kühlmittel zur Beaufschlagung der Kondensationsvorrichtung, insbesondere der zweiten Kammer, mit Kälte vorgeschlagen, vorzugsweise in Form eines fluiden Kühlmediums, insbesondere in Form von Stickstoff oder Kaltluft, einer Kühlquelle, wie in Form zumindest eines Peltierelements, die insbesondere in einer, vorzugsweise ein Material hoher Wärmeleitfähigkeit umfassenden und/oder für einen hohen konvektiven Wärmetransport strukturierten, Wand der zweiten Kammer integriert und/oder auf der Oberfläche dieser Wand ausgebildet ist, zumindest einer zweiten Durchflusseinrichtung für ein Kühlfluid, wie Stickstoff oder Kaltluft, und/oder zumindest einer auf einer Außenseite der Wand der zweiten Kammer ausgebildeten, insbesondere von dem Kühlfluid durchströmbar, dritten Struktur und/oder zumindest einer auf einer Innenseite der Wand der zweiten Kammer ausgebildeten, insbesondere von dem Arbeitsmedium durchströmbar, vierten Struktur.

[0026] Bei den beiden vorgenannten alternativen Ausführungsformen wird es mit der Erfindung als vorteilhaft angesehen, daß das Heizfluid im Bereich des Heizmittels eine Strömungsrichtung aufweist, die im

wesentlichen von der ersten Drehachse radial nach außen zum Außenumfang des Rotors verläuft, und/oder das Kühlfluid im Bereich des Kühlmittels eine Strömungsrichtung aufweist, die im wesentlichen radial vom Außenumfang des Rotors in Richtung der ersten Drehachse verläuft.

[0027] Auch kann zumindest eine Zufuhreinrichtung zur Zuführung zumindest eines dampfförmigen zweiten Arbeitsmediums, wobei vorzugsweise das erste und zweite verdampfte Arbeitsmedium identisch sind, vorgesehen sein.

[0028] Ferner sieht eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung zumindest eine Abnahmevorrichtung zur Abführung zumindest eines Teils des verdampften und/oder flüssigen ersten Arbeitsmediums vor.

[0029] Vorteilhafterweise ist zumindest eine mit der Zufuhreinrichtung in Wirkverbindung stehende fünfte Durchflussteuer- und/oder Regeleinrichtung und/oder zumindest eine mit der Abnahmevorrichtung in Wirkverbindung stehende sechste Durchflussteuer- und/oder Regeleinrichtung vorgesehen.

[0030] Schließlich wird mit der Erfindung zumindest eine mit der Dampferzeugungsvorrichtung, der Kondensationseinrichtung, der ersten und/oder zweiten Düse der ersten, zweiten, dritten, vierten, fünften und/oder sechsten Durchflussteuer- und/oder Regeleinrichtung, dem ersten Schaufelrad, zumindest einem zweiten Schaufelrad, dem Strömungsführungsrad und/oder zumindest einem Umlenkrad, dem Heizmittel, dem Kühlmittel und/oder einem Sensor zur Messung der Drehgeschwindigkeit des Rotors in Wirkverbindung stehende Steuer- und/oder Regeleinheit vorgeschlagen.

[0031] Die Erfindung sieht ferner die Verwendung einer erfindungsgemäßen Wärmekraftmaschine als Vorschaltturbinen, Abdampfturbine, Gegendruckturbine, Entnahmeturbine, Gleichdruckturbine und/oder Überdruckturbine vor.

[0032] Der Erfindung liegt somit die überraschende Erkenntnis zugrunde, daß die Ausführung einer Dampfturbine in Form eines Außenläufers, bei dem eine Dampferzeugungsvorrichtung und eine Kondensationsvorrichtung in den Rotor integriert sind, dazu führt, daß ein konstruktiv einfacher Aufbau einer Wärmekraftmaschine realisiert werden kann. Insbesondere kann eine Wärmekraftmaschine bereitgestellt werden, die auf Steuer- und/oder Fördererlemente, wie Ventile oder Pumpen zur Förderung eines Arbeitsmediums von einem Verdampfer zu einem Kondensator, verzichtet. Durch die Integration eines Verdampfers und Kondensators in einem Rotor, der um einen zumindest ein Schaufelrad aufweisenden Stator rotiert, wird erfindungsgemäß eine automatische Förderung von Arbeitsmedium von dem Kondensator zu dem Verdampfer über die durch die Rotation auf das Arbeitsmedium wirkende Zentrifugalkraft erzielt. Darüberhinaus stellt die Drehbewegung des Rotors und damit die auf das Arbeitsmedium wirkende Zentrifugalkraft sicher, daß das Arbeitsmedium selber ei-

nen von dem Kondensator zu dem Verdampfer verlaufenden Verbindungskanal derart verschließt, daß in dem Verdampfer erzeugter Dampf nur in den Kondensator gelangen kann, indem er aus dem Verdampfer austritt, auf das Schaufelrad auftritt und somit eine Drehung des Rotors bewirkt. Insbesondere bewirkt die durch die Drehung des Rotors auf das Arbeitsmedium wirkende Fliehkraft, daß auch bei größeren Drücken innerhalb des Dampferzeugers relativ zum Druck in dem Kondensator aufgrund des durch die Fliehkraft hervorgerufenen hydrostatischen Drucks ein Übergang des dampfförmigen Arbeitsmediums aus dem Dampferzeuger in den Kondensator nur in der zuvor beschriebenen Weise nach Durchlaufen des Schaufelrads ermöglicht wird. Das heißt, durch den erfindungsgemäßen Aufbau einer Wärmekraftmaschine wird ein Fliehkraftverschluß zwischen dem Kondensator und dem Verdampfer realisiert. Dies führt dazu, daß auf Speisepumpen etc. verzichtet werden kann. Darüberhinaus ermöglicht der Aufbau der Dampfturbine als Außenläufer einen hohen Wirkungsgrad der Wärmekraftmaschine. Sowohl eine Beheizung der Maschine auf der Verdampferseite, beispielsweise mit Verbrennungsgasen, als auch eine Abkühlung auf der Kondensatorseite, beispielsweise mit Kühlluft, erfolgt erfindungsgemäß im Gegenstromprinzip. Eine effiziente Ausnutzung der Verbrennungsgase wird dabei dadurch erreicht, daß Verbrennungsgase hoher Temperatur den Bereich in der Nähe der Achse des Rotors beheizen und somit besonders heißer Dampf aus dem Dampferzeuger austritt, der dann insbesondere über Düsen auf das Schaufelrad des Stators gerichtet wird. Die Verbrennungsgase fließen dann in radialer Richtung von der Drehachse des Rotors aus zum Außenumfang des Rotors, wo die sich abkühlenden Verbrennungsgase das aufgrund der Zentrifugalkraft dort befindliche flüssige Arbeitsmedium am Außenumfang des Rotors zum Sieden bringen. Der dabei erzeugte Dampf wandert im Rotor in Richtung der Drehachse des Rotors und wird aufgrund der in dieser Richtung immer höher werdenden Temperatur der Verbrennungsgase kontinuierlich aufgeheizt, so daß zum Beispiel eine isobare Expansion stattfinden kann. Auf der Kondensatorseite fließt die Kühlluft vom Außenumfang des Rotors in radiale Richtung zur Drehachse des Rotors, außerhalb des Rotors, hin. So wird erreicht, daß Dampf, der im Inneren des Rotors radial von der Drehachse nach außen strömt, zunehmend abgekühlt wird und kondensiert. Somit ermöglicht der Aufbau der erfindungsgemäßen Wärmekraftmaschine als Dampfturbine im Außenläuferprinzip den Einsatz eines Gegenstromprinzips sowohl zur Erwärmung eines Arbeitsfluids als auch zur Abkühlung desselben, was zu einer Erhöhung der Effizienz der Wärmekraftmaschine führt.

Ausführungsbeispiel

[0033] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung

ergeben sich aus der nachstehenden Beschreibung, in der bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung beispielhaft anhand schematischer Zeichnungen erläutert sind. Dabei zeigt:

[0034] **Fig. 1** eine Schnittansicht einer ersten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Wärmekraftmaschine;

[0035] **Fig. 2** eine Schnittansicht der Wärmekraftmaschine der **Fig. 1** entlang der Ebene A-A der **Fig. 1**;

[0036] **Fig. 3** eine Schnittansicht einer zweiten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Wärmekraftmaschine;

[0037] **Fig. 4** eine Schnittansicht der Wärmekraftmaschine der **Fig. 3** entlang der Ebene B-B der **Fig. 3**;

[0038] **Fig. 5** eine Schnittansicht einer dritten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Wärmekraftmaschine;

[0039] **Fig. 6a** eine Schnittansicht einer vierten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Wärmekraftmaschine; und

[0040] **Fig. 6b** eine Schnittansicht einer Abwandlung der vierten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Wärmekraftmaschine nach **Fig. 6a**.

[0041] In den **Fig. 1** und **2** ist eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Wärmekraftmaschine in Form einer Dampfturbine **1**, oder besser Kompaktdampfturbine, mit integrierter Dampferzeugungszone dargestellt. Die Dampfturbine **1** umfaßt einen Stator **3**, der wiederum eine feststehende Welle **5** sowie ein mit der Welle **5** verbundenes Schaufelrad **7** umfaßt. Über ein Lager **9** und eine Dichtung **10** ist ein Rotor **11** mit Stirnwänden **11a**, **11c** und einer Umfangswand **11b** drehbar relativ zum Stator **3** derart gelagert, dass das Innere des Rotors **11** abgedichtet ist. Der Rotor **11** besteht im wesentlichen aus einer ersten Kammer **13** und einer zweiten Kammer **15**. Die Kammern **13**, **15** sind durch eine thermisch isolierende Wand **17** voneinander getrennt, bis auf Öffnungen **19** der Wand **17** im Bereich der Umfangswand **11b** des Rotors **11**. Durch die Öffnungen **19** kann ein Arbeitsmedium **21**, vorzugsweise Wasser, von der zweiten Kammer **15** in die erste Kammer **13** fließen, wie später im Detail beschrieben. Aufgrund der auf das Arbeitsmedium **21** bei einer Drehung des Rotors **11** wirkenden Zentrifugalkräfte sammelt sich das Arbeitsmedium **21** an der Umfangswand **11b** des Rotors **11**, wie in den **Fig. 1** und **2** dargestellt. Die erste Kammer **13** wird ferner durch eine Trennwand **23** von einer Turbinenkammer **25**, in der das Schaufelrad **7** angeordnet ist, getrennt. Innerhalb der Trennwand **23** sind Öffnungen in Form von Düsen **27** ausgebildet. Im folgenden wird nunmehr die Funktionsweise der Dampfturbine **1** erläutert:

Dem Rotor **11** werden auf der der ersten Kammer **13** zugewandten Seite angeordneten, ersten Stirnwand **11a** Verbrennungsgase **29** einer nicht dargestellten Heizeinrichtung zugeführt. Wie **Fig. 1** zu entnehmen ist, erfolgt die Zuführung der Verbrennungsgase **29**

derart, daß sie entlang des Rotors **11** von der Drehachse desselben radial nach außen geführt werden. Durch die Verbrennungsgase **29** kommt es dabei zu einer Erwärmung der ersten Stirnwand **11a** des Rotors **11**, wodurch es zu einer Aufheizung des im Bereich der ersten Kammer **13** befindlichen Arbeitsmediums **21** kommt, was schließlich zu einer zumindest teilweisen Verdampfung des Arbeitsmediums **21** in der ersten Kammer **13** führt. Die erste Kammer **13** wirkt somit als Dampferzeugungskammer. Durch eine Regelung der Wärmezufuhr mittels Steuerung bzw. Regelung der Menge an zugeführtem Verbrennungsgas **29** bzw. dessen Temperatur läßt sich die von der Dampfturbine **1** abgegebene Leistung bzw. die Drehzahl derselben steuern bzw. regeln.

[0042] Um einen effizienten Wärmeaustausch zwischen den Verbrennungsgasen **29** und dem Inneren der ersten Kammer **13** oder Dampferzeugungskammer zu ermöglichen, befinden sich auf der ersten Stirnwand **11a** des Rotors **11** im Bereich der ersten Kammer **13**, vorzugsweise sowohl auf der den Verbrennungsgasen **29** zugewandten Seite als auch auf der der ersten Kammer **13** zugewandten Seite, nicht dargestellte Wärmetauscherelemente, die von den Verbrennungsgasen **29** bzw. dem in der ersten Kammer **13** verdampften Arbeitsmedium **21** durchströmt werden. Insbesondere umfaßt die erste Stirnwand **11a** des Rotors **11** ein Material mit hoher Wärmeleitfähigkeit.

[0043] Das verdampfte Arbeitsmedium **21** wandert innerhalb der ersten Kammer **13** von der Umfangswand **11b** zur Drehachse des Rotors **11** hin. Somit ist ein Gegenstromprinzip in der Dampfturbine **1** realisiert. Dies führt zu einer effizienten Ausnutzung der Energie der Verbrennungsgase **29**. Die Verbrennungsgase **29** hoher Temperatur treffen auf den der Drehachse des Rotors **11** zugewandten Bereich der ersten Kammer **13**, so daß in diesem Bereich besonders heißer Dampf entsteht. Die in radialer Richtung des Rotors **11** wandernden Verbrennungsgase **29** kühlen sich dann weiter ab und bringen das Arbeitsmedium **21** im Bereich der Umfangswand **11b** des Rotors **11** zum Sieden. Somit wird eine effiziente Ausnutzung der Wärmeenergie der Verbrennungsgase **29** erreicht.

[0044] Das im Bereich der Umfangswand **11b** des Rotors **11** erhitzte Arbeitsmedium **21** fließt durch die erste Kammer **13** bzw. Dampferzeugungskammer in Richtung der Trennwand **23**, wobei es sich isobar expandiert. Somit entsteht innerhalb der ersten Kammer **13** ein erhöhter Innendruck, was sich dadurch bemerkbar macht, daß der Pegel des Arbeitsmediums **21** im Bereich der ersten Kammer **13** geringer ist als derjenige in der zweiten Kammer **15**. Der so in der ersten Kammer **13** erzeugte Dampf fließt durch die Düsen **27** und wird dabei adiabatisch expandiert. Wie insbesondere **Fig. 2** zu entnehmen ist, sind die Düsen **27** nicht radial, sondern geneigt ausgerichtet, so daß ein optimaler Neigungswinkel der Düsen **27** einstellbar ist. Der Dampf trifft daher so auf das Schau-

felrad **7**, daß es zu einem Rückstoß des Rotors **11** relativ zum Stator **3** kommt, was eine Drehbewegung des Rotors **11** erzeugt bzw. aufrechterhält.

[0045] Nach dem Durchtritt durch das Schaufelrad **7** tritt der Dampf aus der Turbinenkammer **25** in die zweite Kammer **15**, die als Kondensationskammer dient, ein. Dort kommt es zu einer Abkühlung des Dampfes und damit zu einer Auskondensation des Arbeitsmediums **21** im Bereich der zweiten Kammer **15**.

[0046] Aufgrund der Rotation des Rotors **11** sammelt sich auskondensiertes Arbeitsmedium **21** an der Umfangswand **11b** des Rotors **11**. Um eine Abkühlung des dampfförmigen Arbeitsmediums **21** in der zweiten Kammer **15**, die als Kondensationskammer wirkt, zu erreichen, wird der zweiten Stirnseite **11c** des Rotors **11** Kühlluft **31** zugeführt. Auch diese Zuführung erfolgt im Gegenstromprinzip. Kalte Luft strömt als Kühlluft von der Außenseite des Rotors **11** in radialer Richtung zur Drehachse des Rotors **11** hin. Die Kühlluft **31** wird dabei erwärmt. Dagegen wird das dampfförmige Arbeitsmedium **21**, das im Inneren der zweiten Kammer **15** radial von der Drehachse des Rotors **11** wegströmt, zunehmend abgekühlt und kondensiert dabei. Da somit die bereits erwärmte Kühlluft **31** im Bereich der Drehachse des Rotors **11** weitere Wärmeenergie aufnehmen kann, wobei ein konvektiver Wärmeaustausch zwischen dem Arbeitsmedium **21** und dem Kühlmedium **31** durch eine nicht dargestellte Strukturierung der Wand **11c**, vorzugsweise in Form von Wärmetauscherelementen, unterstützt wird, wird eine effiziente Wärmeabfuhr aus der zweiten Kammer **15** gewährleistet. Das in der zweiten Kammer **15** auskondensierte Arbeitsmedium **21** fließt dann durch die Öffnungen **19** in der Wand **17** in die erste Kammer **13**, wo es wiederum verdampft wird.

[0047] Aufgrund der auf das Arbeitsmedium **21** wirkenden Fliehkraft wird dieses nach außen beschleunigt und verschließt somit die Öffnungen **19**, so daß Dampf aus der ersten Kammer **13** ausschließlich durch die Düsen **27** in die zweite Kammer **15** gelangen kann. Auch bei einem größeren Druck in der ersten Kammer **13** relativ zum Druck in der zweiten Kammer **15** wird ein sicherer Verschuß der Öffnungen **19** für in der ersten Kammer **13** erzeugten Dampf des Arbeitsmediums **21** sichergestellt, da aufgrund des hydrostatischen Drucks, bedingt durch die Fliehkraft, die Öffnungen **19** durch das Arbeitsmedium **21** verschlossen gehalten werden.

[0048] Um zu erreichen, daß die Dampfturbine **1** selbständig anlaufen kann, können innerhalb der Öffnungen **19** Rückschlagventile angeordnet werden. Diese bewirken, daß Dampf, der anfänglich in der ersten Kammer **13** erzeugt wird, durch den Austritt durch Düsen **27** für eine Rotation des Rotors **11** sorgt, so daß nach einem Beginn der Rotation ein Verschuß der Öffnungen **19** durch das Arbeitsmedium **21** sichergestellt wird. Darüberhinaus können auch in den Düsen **27** Verschußeinrichtungen, wie

Ventile vorgesehen sein, um eine Steuerung der Drehgeschwindigkeit des Rotors **11** zu erreichen. Dabei kann insbesondere vorgesehen sein, daß die Ventile in den Öffnungen **19** sowie den Düsen **27** mit einer nicht dargestellten Steuer- und Regeleinrichtung verbunden sind. Ferner ist eine Drehzahlsteuerung bzw. -regelung der Dampfturbine **1** durch Variation der mittels der Verbrennungsgase **29** zugeführten Wärmeenergiemenge und/oder durch Variation des Neigungswinkels der Düsen **27** möglich.

[0049] In den **Fig. 3** und **4** ist eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Wärmekraftmaschine in Form einer Dampfturbine **1'**, oder besser Kompaktdampfturbine, mit integrierter Dampferzeugungszone dargestellt. Die Dampfturbine **1'** entspricht im Wesentlichen von ihrem Grundaufbau her dem Aufbau der in den **Fig. 1** und **2** dargestellten Dampfturbine **1**. Im Gegensatz zu der Dampfturbine **1** sind bei der Dampfturbine **1'** die entsprechenden Elemente mit den gleichen Bezugszeichen, allerdings einmal gestrichen, bezeichnet. Die Dampfturbine **1'** unterscheidet sich im Wesentlichen von der Dampfturbine **1** durch eine unterschiedliche Strömungsführung des verdampften bzw. flüssigen Arbeitsmediums **21'**. Ähnlich der Dampfturbine **1** werden dem Rotor **11'** der Dampfturbine **1'** auf der der ersten Kammer **13'** zugewandten Seite angeordneten, ersten Stirnwand **11a'** Verbrennungsgase **29'** zugeführt. Auch diese Zuführung erfolgt, wie **Fig. 3** zu entnehmen ist, im Gegenstromprinzip. Durch die Verbrennungsgase **29'** kommt es zu einer Erwärmung des innerhalb der ersten Kammer **13'** vorhandenen Arbeitsmediums **21'**. Im Gegensatz zur Dampfturbine **1** fließt dieses verdampfte Arbeitsmedium **21'** allerdings erst nach einer Umlenkung um nahezu 180° mittels eines Strömungsführungskörpers **14'** durch Düsen **27'** in die Turbinenkammer **25'** bzw. die zweite Kammer **15'**. Diese Umlenkung um den Strömungsführungskörper **14'** bietet insbesondere den Vorteil, daß mitgerissene Tröpfchen des Arbeitsmediums **21'** dem Dampfstrom um den Strömungsführungskörper **14'** nicht folgen können und so nicht über die Düse **27'** in die Turbinenkammer **25'** bzw. die zweite Kammer **15'** gelangen können. Die mitgerissenen Tröpfchen strömen mit dem Dampfstrom in Richtung der Rotationsachse des Rotors **11'**, bewegen sich jedoch weiter in radialer Richtung und treffen auf den Strömungskörper **14'**, wodurch sie aufgrund der wirkenden Zentrifugalkraft in Richtung der Umfangswand **11b'** beschleunigt werden. Ferner wird durch den Strömungsführungskörper **14'** erreicht, daß das verdampfte Arbeitsmedium **21'** im Wesentlichen bis zur Rotationsachse des Rotors **11'** innerhalb der ersten Kammer **13'** strömen kann, und somit ein maximaler Wärmeübertrag der Energie der Verbrennungsgase **29'** an das Arbeitsmedium **21'** erfolgen kann.

[0050] Nach einer Umlenkung des dampfförmigen Arbeitsmediums **21'** fließt dasselbe durch Düsen **27'** in radialer Richtung auf das Schaufelrad **7'**. Das dampfförmige Arbeitsmedium **21'** fließt dann inner-

halb der zweiten Kammer **15'** in der Nähe der Welle **5'** in Richtung der Stirnwand **11c'**. Diese Strömungsführung wird insbesondere durch einen in der zweiten Kammer **15'** im Bereich des Schaufelrads **7'** angeordneten Strömungsführungskörper **16'** erreicht. Diese Strömungsführung stellt sicher, daß das dampfförmige Arbeitsmedium **21'** im Gegenstromprinzip relativ zu der Kühlluft **31'** auf der Innenseite der Stirnwand **11c'** in Richtung der Umfangswand **11b'** strömt. Darüber hinaus bietet die Strömungsführung innerhalb der Dampfturbine **1'** den Vorteil, daß im Vergleich zur Dampfturbine **1** ein Schaufelrad **7'** eingesetzt werden kann, das einen größeren Durchmesser als das Schaufelrad **7** der Dampfturbine **1** aufweist. Somit kann die Dampfturbine **1'** bei geringeren Drehzahlen betrieben werden.

[0051] Das in der zweiten Kammer **15'** auskondensierte Arbeitsmedium **21'** sammelt sich aufgrund der Rotationskräfte an der Umfangswand **11b'** und fließt durch Kanäle **20'** zurück in die erste Kammer **13'**. Die Kanäle **20'** werden dabei durch die Umfangswand **11b'** einerseits und eine im Wesentlichen zylinderförmige Trennwand **24'**, die insbesondere die Strömungsführungskörper **14'** und **16'** umfaßt, gebildet. Dabei ist die Trennwand **24'** insbesondere im Bereich der Kanäle **20'** thermisch isolierend ausgeführt, um eine Erwärmung des Arbeitsmediums **21'** innerhalb der Kanäle **20'** zu vermeiden.

[0052] Bei den in den **Fig. 1** bis **4** dargestellten Dampfturbine **1, 1'** handelt es sich um einstufige Radialturbinen, da jeweils lediglich ein Schaufelrad **7, 7'** vorgesehen ist und ferner der Dampf in radialer Richtung auf das Schaufelrad **7, 7'** auftrifft. Im Gegensatz hierzu ist in **Fig. 5** eine dritte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Wärmekraftmaschine in Form einer Dampfturbine **51**, oder besser mehrstufigen Axialturbine, die als Gleichdruckturbine, das heißt nach dem Curtis-Prinzip arbeitend, aufgebaut ist, dargestellt. Unter Gleichdruckturbinen versteht man Dampfturbinen, bei denen der Ein- und Austrittsdruck des Dampfes eines Arbeitsmediums in die bzw. aus den Laufschaufeln eines Schaufelrades gleich ist. Somit wird die Schaufel einer Gleichdruckturbine mittels der Energie aus der Geschwindigkeitsverminderung des Dampfes in den Laufschaufeln angetrieben. Insbesondere ist vorgesehen, daß die Dampfturbine **51** Geschwindigkeitsstufen aufweist, das heißt, die Geschwindigkeit des Dampfes stufenweise ausgenutzt wird. Um einen höheren thermodynamischen Wirkungsgrad zu erzielen, ist in derartigen Gleichdruckturbinen auch vorgesehen, daß Druckstufen erzeugt werden, das heißt ein Druckgefälle wird in mehrere Stufen aufgeteilt. Dies bietet den Vorteil, daß zu große Dampfgeschwindigkeiten vermieden werden können.

[0053] Die Dampfturbine **51** weist einen Stator **53** auf, der eine Welle **55** umfaßt. Auf der Welle **55** sind voneinander beabstandet Schaufelräder **57a** und **57b** angeordnet. Über ein Lager **59** sowie Dichtungen **60** ist ein Rotor **61** relativ zu dem Stator **53** dreh-

bar in der Dampfturbine **51** vorhanden. Der Rotor **61** weist eine erste Stirnwand **61a**, eine Umwandwand **61b** sowie eine zweite Stirnwand **61c** auf. Ferner ist innerhalb des Rotors **61** eine erste Kammer **63**, die als Dampferzeugungskammer dient, und eine zweite Kammer **65**, die als Kondensationskammer dient, ausgebildet. Zudem weist die Dampfturbine **51**, im Gegensatz zur Dampfturbine **1**, eine Ausgleichskammer **67** zur Sammlung von flüssigem Arbeitsmedium **73** auf. Die erste Kammer **63** und die Ausgleichskammer **67** sind über eine thermisch isolierende Wand **69** voneinander getrennt.

[0054] Ähnlich den Dampfturbinen **1**, **1'** werden in der Dampfturbine **51** der ersten Stirnwand **61a** des Rotors **61** Verbrennungsgase **71** im Gegenstromprinzip zugeführt. Dadurch kommt es zur Verdampfung zumindest eines Teils des Arbeitsmediums **73** innerhalb der ersten Kammer **63**. Das so verdampfte Arbeitsmedium **73** wird über Leitungen **75**, an dessen Ende Düsen **77** angeordnet sind, zunächst dem ersten Schaufelrad **57a** zugeführt. Aufgrund der Expansion des Dampfes im Bereich der Düsen **77** und dem Auftreffen des Dampfes auf das erste Schaufelrad **57a** kommt es zu einer Drehbewegung des Rotors **61**.

[0055] Um die dem dampfförmigen Arbeitsmedium innewohnende Energie vollständig ausnutzen zu können, ist in der Dampfturbine **51** vorgesehen, daß der axial auf das erste Schaufelrad **57a** gerichtete Dampf nach dem Durchtritt durch das erste Schaufelrad **57a** in ein Umlenkrad **79a**, das mit dem Rotor **61** mitrotiert, eintritt. Dieses Umlenkrad wirkt insbesondere als Laufrad und setzt die dem Dampf innewohnende Energie in Arbeitsenergie um. In dem Umlenkrad **79a** kommt es ferner dann zu einer Umlenkung des Dampfstroms, bevor dieser dann im wesentlichen wieder in axialer Richtung bezüglich der Drehachse des Rotors **61** auf ein zweites Schaufelrad **57b**, das ebenfalls mit der Welle **55** verbunden ist, auftrifft. Nach Durchtritt durch das zweite Schaufelrad **57b** gelangt der Dampf in ein zweites, ebenfalls insbesondere als Laufrad dienendes Umlenkrad **79b**, das ebenfalls mit dem Rotor **61** verbunden ist. Danach tritt der Dampf in die zweite Kammer **65** ein, wo er aufgrund der Kühlung der zweiten Stirnwand **61c** des Rotors **61** mittels Kühlluft **81** abgekühlt und auskondensiert wird. Das auskondensierte Arbeitsmedium **73** fließt dann aus der zweiten Kammer **65** über die Ausgleichskammer **67** in die erste Kammer **63**. Dabei fließt das Arbeitsmedium **73** durch Kanäle **83**, die zwischen der Umfangswand **61b** und einer im Wesentlichen zylinderförmigen Trennwand **85** ausgebildet sind. Die Trennwand **85** dient zur thermischen Isolierung des Bereichs, in dem sich die Schaufelräder **57a**, **57b** sowie die Umlenkräder **79a**, **79b** befinden, einerseits und der Umfangswand **61b** bzw. den Kanälen **83** andererseits. Zu diesem Zweck weist die Trennwand **85** eine geringe thermische Leitfähigkeit auf. Insbesondere kann vorgesehen sein, daß die Trennwand **85** hohl ausgeführt ist, insbeson-

dere einen Dämmstoff umfaßt.

[0056] In Fig. 6a ist eine vierte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Wärmekraftmaschine in Form einer mehrstufigen Dampfturbine **51'** dargestellt. Der grundsätzliche Aufbau der Dampfturbine **51'** entspricht im wesentlichen demjenigen der in Fig. 5 dargestellten Dampfturbine **51**. Daher tragen im wesentlichen identische Bauteile der Dampfturbine **51'** die gleichen Bezugszeichen, allerdings einmal gestrichen, wie die der Dampfturbine **51**. Im Gegensatz zur Dampfturbine **51** weist die Dampfturbine **51'** drei Schaufelräder **57a'**, **57b'** und **57c'** auf. Dementsprechend weist die Dampfturbine **51'** auch drei Umlenkräder **79a'**, **79b'** und **79c'**, die jeweils mit dem Rotor **61'** verbunden sind, auf. Ferner unterscheidet sich die Dampfturbine **51'** von der Dampfturbine **51** dadurch, daß es sich aufgrund der Geometrie der Düsen **77'**, der Schaufelräder **57a'**, **57b'**, **57c'** sowie Umlenkräder **79a'**, **79b''** und **79c'** um eine Überdruckturbine handelt. Da der Dampf unter einem geneigten Winkel relativ zur Drehachse des Rotors **61'** die Schaufelräder **57a'**, **57b'**, **57d'** durchströmt, handelt es sich bei der Dampfturbine **51'** zudem um eine Diagonalturbine. Der Ausbau als Überdruckturbine bedeutet, daß der Dampf aus den Düsen **77'** mit einem relativ hohen Druck austritt, und es in den Schaufeln der Schaufelräder **57a'**, **57b'** sowie **57c'** zu einer Druckabsenkung des Dampfdrucks kommt. Somit kommt es zu einer Energieumwandlung des Dampfes in den Schaufeln der Schaufelräder **57a'**, **57b'**, **57c'**, die sich aus der Geschwindigkeitsumsetzung des Dampfes und zusätzlich dem bei einer Entspannung des Dampfes auftretenden Rückdruck zusammensetzt. Daher sind innerhalb der Dampfturbine **51'** mehrere Druckstufen ausgebildet, die ein niedriges Stufendruckgefälle aufweisen und somit eine günstige Strömungsgestaltung sowie einen guten dynamischen Wirkungsgrad erzielen.

[0057] Ferner ist in Fig. 6b eine Abwandlung der in Fig. 6a dargestellten Dampfturbine **51'** in Form der Dampfturbine **51''** dargestellt. Der Grundaufbau der Dampfturbine **51''** entspricht im Wesentlichen demjenigen der Dampfturbine **51'** und identische Elemente der Dampfturbine **51''** im Vergleich zur Dampfturbine **51'** tragen identische Bezugszeichen. Die Dampfturbine **51''** unterscheidet sich im Wesentlichen von der Dampfturbine **51'** durch eine geometrisch unterschiedliche Ausgestaltung der Schaufelräder **57a''**, **57b''**, **57c''**, der Umlenkräder **79a''**, **79b''** und **79c''** sowie der Trennwand **85''**. Die Schaufelräder **57a''**, **57b''**, **57c''** unterscheiden sich jeweils durch unterschiedliche Durchmesser voneinander. Darüber hinaus unterscheidet sich die Geometrie der Schaufeln der Schaufelräder **57a''**, **57b''**, **57c''** zur Ausbildung von Geschwindigkeits- bzw. Druckstufen innerhalb der Dampfturbine **51''**. Dementsprechend ist die Form der Trennwand **85''** sowie die Form der zweiten Kammer **65''** diesen unterschiedlichen Durchmessern angepaßt. Darüber hinaus sind die Leitungen **75''** und die Düsen **77''** ebenfalls im Vergleich zur

Dampfturbine **51'** an die unterschiedliche Geometrie des Schaufelrads **57a''** angepaßt. Schließlich sind die Umlenkräder **79a'', 79b''** und **79c''** derart ausgebildet, daß durch die von ihnen umfaßten Schaufeln eine Führung des durch die Schaufelräder **57a'', 57b'', 57c''** durchströmenden Arbeitsmediums **73''** diagonal relativ zur Drehachse des Rotors **61''** erzielt wird.

[0058] In weiteren, nicht dargestellten Ausführungsformen der Erfindung kann vorgesehen sein, daß das aus der ersten Kammer austretende, verdampfte Arbeitsmedium zunächst unter Zwischenschaltung eines mit dem Rotor in Wirkverbindung stehenden Strömungsführungsrades auf das bzw. die Schaufelräder trifft. Insbesondere bei Verwendung eines einzelnen Schaufelrades kann vorgesehen sein, daß zur Ausnutzung der dem verdampften Arbeitsmedium innewohnenden Energie diesem Schaufelrad ein mit dem Rotor in Wirkverbindung stehendes, insbesondere als Laufrad wirkendes Strömungsführungsrads nachgeschaltet ist. Darüber hinaus ist die Anordnung des Umlenkrades, des Strömungsführungsrades und/oder des Schaufelrades nicht auf eine axiale relative Anordnung zueinander beschränkt. Um eine hohe Kompaktheit der Wärmekraftmaschine der Erfindung zu realisieren, ist insbesondere vorgesehen, daß diese Räder zumindest bereichsweise radial relativ zueinander angeordnet sind.

[0059] In weiteren, nicht dargestellten Ausführungsformen der Erfindung kann vorgesehen sein, daß die Wärmekraftmaschine in Form von Gegendruck- bzw. Entnahmeturbinen ausgeführt wird, bei denen den Dampfturbinen durch zusätzliche Entnahmeverrichtungen in den Dampferzeugungskammern erzeugter Dampf entnommen werden kann.

[0060] Auch ist der Einsatz der erfindungsgemäßen Wärmekraftmaschine in Form einer Vorschalt- bzw. Abdampfturbine durchführbar, indem der Wärmekraftmaschine extern, neben dem innerhalb der Wärmekraftmaschine erzeugten Dampf, zusätzlicher Dampf zugeführt werden kann.

[0061] Die in der vorstehenden Beschreibung, in den Zeichnungen sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in jeder beliebigen Kombination für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein.

Bezugszeichenliste

1, 1'	Dampfturbine
3, 3'	Stator
5, 5'	Welle
7, 7'	Schaufelrad
9, 9'	Lager
10, 10'	Dichtung
11, 11'	Rotor
11a, 11c, 11a', 11c'	Stirnwand
11b, 11b'	Umfangswand
13, 13'	Kammer
14'	Strömungsführungskörper
15, 15'	Kammer
16'	Strömungsführungskörper
17, 17'	Wand
19	Öffnung
20'	Kanal
21, 21'	Arbeitsmedium
23	Trennwand
24'	Trennwand
25, 25'	Turbinenkammer
27, 27'	Düse
28'	Schaufel
29, 29'	Verbrennungsgas
31, 31'	Kühlluft
51, 51', 51''	Dampfturbine
53, 53', 53''	Stator
55, 55'	Welle
57a, 57b, 57a', 57b', 57c', 57a'', 57b'', 57c''	Schaufelrad
59, 59'	Lager
60, 60'	Dichtung
61, 61', 61''	Rotor
61a, 61c, 61a', 61 c'	Stirnwand
61b, 61b'	Umfangswand
63, 63'	Kammer
65, 65', 65''	Kammer
67, 67'	Ausgleichskammer
69, 69'	Wand
71, 71'	Verbrennungsgas
73, 73'	Arbeitsmedium
75, 75', 75''	Leitung
77, 77', 77''	Düse
79a, 79b, 79a', 79b', 79c', 79a'', 79b'', 79c''	Umlenkrad
81, 81'	Kühlluft
83, 83'	Kanal
85, 85', 85''	Trennwand

Patentansprüche

1. Wärmekraftmaschine (**1, 1', 51, 51', 51''**) zur Umwandlung von thermischer Energie in mechanische Energie, umfassend zumindest eine Dampferzeugungsvorrichtung (**11a, 11a', 13, 13', 61a, 61a', 63, 63'**) zum zumindest teilweisen Verdampfen eines ersten flüssigen Arbeitsmediums (**21, 21', 73, 73'**)

mittels der Wärmekraftmaschine (**1, 1', 51, 51', 51''**) zugeführter thermischer Energie, zumindest einen mittels des verdampften ersten Arbeitsmediums (**21, 21', 73, 73'**) zur Erzeugung von mechanischer Energie antreibbaren und relativ zu zumindest einem Stator (**3, 3', 53, 53', 53''**) um eine erste Drehachse drehbaren Rotor (**11, 11', 61, 61', 61''**) und zumindest eine Kondensationsvorrichtung (**11c, 11c', 15, 15', 61c, 61c', 65, 65', 65''**) zur Kondensation des verdampften ersten Arbeitsmediums (**21, 21', 73, 73'**) nach Antreiben des Rotors (**11, 11', 61, 61', 61''**), wobei der Rotor (**11, 11', 61, 61', 61''**) den Stator (**3, 3', 53, 53', 53''**) im Wesentlichen vollständig umgibt, und der Rotor (**11, 11', 61, 61', 61''**) die Dampferzeugungsvorrichtung (**11a, 11a', 13, 13', 61a, 61a', 63, 63'**) und die Kondensationsvorrichtung (**11c, 11c', 15, 15', 61c, 61c', 65, 65', 65''**) im Wesentlichen vollständig umfaßt.

2. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch zumindest eine die Dampferzeugungsvorrichtung bildende erste Kammer (**13, 13', 63, 63'**), zumindest eine die Kondensationsvorrichtung bildende zweite Kammer (**15, 15', 65, 65', 65''**) und zumindest eine Turbinenkammer (**25**), wobei vorzugsweise die erste Kammer (**13, 13', 63, 63'**) und die zweite Kammer (**15, 15', 65, 65', 65''**), die erste Kammer (**13, 13'**) und die Turbinenkammer (**25, 25'**) und/oder die zweite Kammer und die Turbinenkammer zumindest bereichsweise mittels zumindest einer, insbesondere thermisch isolierenden, Wand (**17, 17', 23, 24', 69, 69', 85, 85', 85''**) voneinander abgetrennt sind.

3. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch zumindest eine die erste Kammer (**13, 13', 63, 63'**) und die Turbinenkammer (**25, 25'**) zum Durchtritt des verdampften ersten Arbeitsmediums (**21, 21', 73, 73'**) verbindende erste Verbindungsvorrichtung, vorzugsweise umfassend zumindest eine erste Düse (**27, 27', 77, 77', 77''**), wobei vorzugsweise die Geometrie und/oder die Ausrichtung der Düsenöffnung einstellbar ist, zumindest ein erstes Rohr (**75, 75', 75''**) und/oder zumindest eine insbesondere in der thermisch isolierenden Wand ausgebildete, erste Öffnung.

4. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 2 oder 3, gekennzeichnet durch zumindest eine die Turbinenkammer und die zweite Kammer zum Durchtritt des verdampften ersten Arbeitsmediums verbindende zweite Verbindungsvorrichtung, vorzugsweise umfassend zumindest eine zweite Düse, wobei vorzugsweise die Geometrie und/oder die Ausrichtung der Düsenöffnung einstellbar ist, zumindest ein zweites Rohr und/oder zumindest eine, insbesondere in der thermisch isolierenden Wand ausgebildete, zweite Öffnung.

5. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 3 oder 4, gekennzeichnet durch zumindest eine mit der ersten Verbindungsvorrichtung in Wirkverbindung stehende erste und/oder zumindest eine mit der zweiten Verbindungsvorrichtung in Wirkverbindung stehende zweite Durchflußsteuer- und/oder Regeleinrichtung, vorzugsweise in Form eines ersten und/oder zweiten Ventils.

6. Wärmekraftmaschine nach einem der Ansprüche 2 bis 5, gekennzeichnet durch zumindest eine die erste Kammer (**13, 13'**) und die Turbinenkammer (**25, 25'**) zum Durchtritt des flüssigen ersten Arbeitsmediums (**21, 21'**) verbindende dritte Verbindungsvorrichtung, insbesondere in Form zumindest einer, vorzugsweise in der thermisch isolierenden Wand (**17, 17'**) ausgebildeten, dritten Öffnung (**19, 20'**).

7. Wärmekraftmaschine nach einem der Ansprüche 2 bis 6, gekennzeichnet durch zumindest eine die Turbinenkammer und die zweite Kammer zum Durchtritt des flüssigen ersten Arbeitsmediums verbindende vierte Verbindungsvorrichtung, vorzugsweise in Form zumindest einer, insbesondere in der thermisch isolierenden Wand ausgebildeten, vierten Öffnung.

8. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß das flüssige erste Arbeitsmedium (**21, 21', 73, 73'**) während einer Drehung des Rotors (**11, 11', 61, 61', 61''**), insbesondere aufgrund der auf das Arbeitsmedium (**21, 21', 73, 73'**) wirkenden Fliehkraft, einen Austritt des verdampften ersten Arbeitsmediums (**21, 21', 73, 73'**) aus der ersten Kammer (**13, 13', 63, 63'**) durch die dritte und/oder vierte Verbindungsvorrichtung verhindert, insbesondere die dritte und/oder vierte Öffnung (**19, 20'**) blockiert.

9. Wärmekraftmaschine nach einem der Ansprüche 6 bis 8, gekennzeichnet durch zumindest eine mit der dritten Verbindungsvorrichtung in Wirkverbindung stehende dritte und/oder zumindest eine mit der vierten Verbindungsvorrichtung in Wirkverbindung stehende vierte Durchflußsteuer- und/oder Regeleinrichtung, vorzugsweise in Form eines dritten und/oder vierten Ventils, insbesondere eines Rückschlagventils.

10. Wärmekraftmaschine nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Kammer (**15, 15'**) und die Turbinenkammer (**25, 25'**) in einem ausgeformt sind.

11. Wärmekraftmaschine nach einem der Ansprüche 2 bis 10, gekennzeichnet durch zumindest einen in der ersten Kammer (**13'**), der zweiten Kammer (**15'**) und/oder der Turbinenkammer (**25'**) ausgebildeten Strömungsführungskörper (**14', 16'**).

12. Wärmekraftmaschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch zumindest ein von dem Stator (**3, 3', 53, 53', 53''**) umfaßtes, erstes Schaufelrad (**7, 7', 57a, 57a', 57a''**), dem, vorzugsweise über die erste Verbindungsvorrichtung (**27, 27', 75, 75', 75'', 77, 77', 77''**), zum Drehen des Rotors (**11, 11', 61, 61', 61''**) relativ zu dem Stator (**3, 3', 53, 53', 53''**) das verdampfte erste Arbeitsmedium (**21, 21', 73, 73'**) zuführbar ist, insbesondere axial, radial und/oder unter einem vorbestimmten Winkel relativ zu der ersten Drehachse.

13. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch zumindest ein mit dem Rotor in Wirkverbindung stehendes, insbesondere mit diesem drehmitnahmesicher verbindbares, und stromaufwärts und/oder stromabwärts des verdampften Arbeitsmediums relativ zum ersten Schaufelrad angeordnetes Strömungsführungsrad, wobei das Strömungsführungsrad vorzugsweise zumindest bereichsweise konzentrisch zum ersten Schaufelrad angeordnet ist, insbesondere innerhalb und/oder außerhalb des ersten Schaufelrades.

14. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 12 oder 13, gekennzeichnet durch zumindest ein von dem Stator (**53, 53', 53''**) umfaßtes, zweites Schaufelrad (**57b, 57b', 57c', 57b'', 57c''**), wobei vorzugsweise stromaufwärts und/oder stromabwärts des verdampften Arbeitsmediums (**73, 73'**) relativ zu dem zweiten Schaufelrad (**57b, 57b', 57b'', 57c', 57c''**) zumindest ein mit dem Rotor (**61, 61', 61''**) in Wirkverbindung stehendes, insbesondere mit diesem drehmitnahmesicher verbindbares, Umlenkrad (**79a, 79b, 79a', 79b', 79c', 79a'', 79b'', 79c''**) angeordnet ist, wobei insbesondere das Umlenkrad zumindest bereichsweise konzentrisch zum ersten und/oder zweiten Schaufelrad angeordnet ist, insbesondere innerhalb und/oder außerhalb des ersten und/oder zweiten Schaufelrades.

15. Wärmekraftmaschine nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Schaufelrad (**7, 7', 57a, 57a', 57a''**), das Strömungsführungsrad, das zweite Schaufelrad (**57b, 57b', 57c', 57b'', 57c''**) und/oder das Umlenkrad (**79a, 79b, 79a', 79b', 79c', 79a'', 79b'', 79c''**) zumindest teilweise in der Turbinenkammer (**25, 25'**) angeordnet ist bzw. sind.

16. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Schaufelrad einen von einem ersten Durchmesser des ersten Schaufelrades abweichenden zweiten Durchmesser und/oder eine von der Anzahl bzw. der Geometrie der Schaufeln des ersten Schaufelrades abweichende Anzahl bzw. Geometrie der Schaufeln aufweist.

17. Wärmekraftmaschine nach einem der An-

sprüche 14 bis 16, gekennzeichnet durch eine Vielzahl von zweiten Schaufelrädern (**57b', 57c', 57b'', 57c''**) und/oder Umlenkrädern (**79a, 79b, 79a', 79b', 79c', 79a'', 79b'', 79c''**), wobei die zweiten Schaufelräder (**57b', 57c'**) vorzugsweise unterschiedliche Durchmesser, unterschiedliche Geometrien und/oder eine unterschiedliche Anzahl von Schaufeln zueinander aufweisen und/oder die Umlenkräder (**79a', 79b', 79c'**) unterschiedliche Durchmesser, unterschiedliche Geometrien und/oder eine unterschiedliche Anzahl von Schaufeln zueinander aufweisen.

18. Wärmekraftmaschine nach einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Geometrie und/oder die Stellung zumindest einer Schaufel des ersten Schaufelrades, zumindest eines zweiten Schaufelrades, des Strömungsführungsrades und/oder zumindest eines Umlenkrades, vorzugsweise während eines Betriebs der Wärmekraftmaschine, einstellbar ist bzw. sind.

19. Wärmekraftmaschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch zumindest ein Heizmittel zur Beaufschlagung der Dampferzeugungsvorrichtung (**11a, 11a', 13, 13', 61a, 61a', 63, 63'**), insbesondere der ersten Kammer (**13, 13', 63, 63'**), mit Wärme, vorzugsweise in Form eines fluiden Heizmediums, insbesondere in Form von heißen Gasen, wie Verbrennungsgasen (**29, 29', 71, 71'**), einer Heizquelle, wie in Form zumindest einer Heizspindel, die in einer, insbesondere ein Material hoher Wärmeleitfähigkeit umfassenden und/oder für einen hohen konvektiven Wärmetransport strukturierten, Wand der ersten Kammer integriert und/oder auf der Oberfläche dieser Wand ausgebildet ist, zumindest einer ersten Durchflusseinrichtung für ein Heizfluid (**29, 29', 71, 71'**), zumindest einer auf einer Außenseite der Wand (**11a, 11a', 61a, 61a'**) der ersten Kammer (**13, 13', 63, 63'**) ausgebildeten, insbesondere von dem Heizfluid (**29, 29', 71, 71'**) durchströmbar, ersten Struktur und/oder zumindest einer auf einer Innenseite der Wand (**11a, 11a', 61a, 61a'**) der ersten Kammer (**13, 13', 63, 63'**) ausgebildeten, insbesondere von dem, vorzugsweise verdampften Arbeitsmedium (**21, 21', 73, 73'**) durchströmbar, zweiten Struktur.

20. Wärmekraftmaschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch zumindest ein Kühlmittel zur Beaufschlagung der Kondensationsvorrichtung (**11c, 11c', 15, 15', 61c, 61c', 65, 65', 65''**), insbesondere der zweiten Kammer (**15, 15', 65, 65', 65''**), mit Kälte, vorzugsweise in Form eines fluiden Kühlmediums, insbesondere in Form von Stickstoff oder Kaltluft (**31, 31', 81, 81'**), einer Kühlquelle, wie in Form zumindest eines Peltierelements, die insbesondere in einer, vorzugsweise ein Material hoher Wärmeleitfähigkeit umfassenden und/oder für einen hohen konvektiven Wärmetransport strukturierten, Wand der zweiten Kammer integriert

und/oder auf der Oberfläche dieser Wand ausgebildet ist, zumindest einer zweiten Durchflusseinrichtung für ein Kühlfluid (**31, 31', 81, 81'**), wie Stickstoff oder Kaltluft, zumindest einer auf einer Außenseite der Wand (**11c, 11c', 61c, 61c'**) der zweiten Kammer (**15, 15', 65, 65', 65''**) ausgebildeten, insbesondere von dem Kühlfluid (**31, 31', 81, 81'**) druchströmbaren, dritten Struktur und/oder zumindest einer auf einer Innenseite der Wand (**11c, 1c', 61c, 61c'**) der zweiten Kammer (**15, 15', 65, 65', 65''**) ausgebildeten, insbesondere von dem Arbeitsmedium (**21, 21'**) durchströmbaren vierten Struktur.

21. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß das Heizfluid (**29, 29', 71, 71'**) im Bereich des Heizmittels eine Strömungsrichtung aufweist, die im Wesentlichen von der ersten Drehachse radial nach außen zum Außenumfang des Rotors (**11, 11', 61, 61', 61''**) verläuft, und/oder das Kühlfluid (**31, 31', 81, 81'**) im Bereich des Kühlmittels eine Strömungsrichtung aufweist, die im Wesentlichen radial vom Außenumfang des Rotors (**11, 11', 61, 61'**) in Richtung der ersten Drehachse verläuft.

22. Wärmekraftmaschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch zumindest eine Zufuhreinrichtung zur Zuführung zumindest eines dampfförmigen zweiten Arbeitsmediums, wobei vorzugsweise das erste und zweite verdampfte Arbeitsmedium identisch sind.

23. Wärmekraftmaschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch zumindest eine Abnahmevorrichtung zur Abführung zumindest eines Teils des verdampften und/oder flüssigen ersten Arbeitsmediums.

24. Wärmekraftmaschine nach Anspruch 22 oder 23, gekennzeichnet durch zumindest eine mit der Zufuhreinrichtung in Wirkverbindung stehende fünfte Durchflussteuer- und/oder Regeleinrichtung und/oder zumindest eine mit der Abnahmevorrichtung in Wirkverbindung stehende sechste Durchflussteuer- und/oder Regeleinrichtung.

25. Wärmekraftmaschine nach einem der vorangehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch zumindest eine mit der Dampferzeugungsvorrichtung, der Kondensationseinrichtung, der ersten und/oder zweiten Düse der ersten, zweiten, dritten, vierten, fünften und/oder sechsten Durchflussteuer- und/oder Regeleinrichtung, dem ersten Schaufelrad, zumindest einem zweiten Schaufelrad, dem Strömungsführungsrund und/oder zumindest einem Umlenkrad, dem Heizmittel, dem Kühlmittel und/oder einem Sensor zur Messung der Drehgeschwindigkeit des Rotors in Wirkverbindung stehende Steuer- und/oder Regeleinheit.

26. Verwendung einer Wärmekraftmaschine nach einem der vorangehenden Ansprüche als Vorschaltturbine, Abdampfturbine, Gegendruckturbine, Entnahmeturbine, Gleichdruckturbine und/oder Überdruckturbine.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

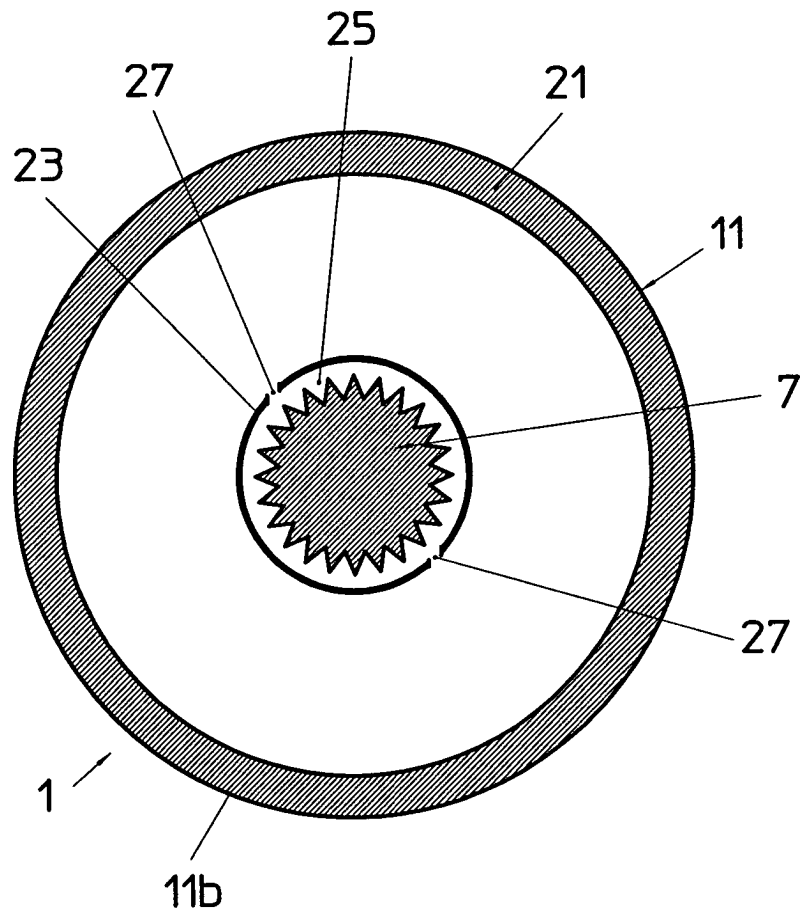


Fig. 2

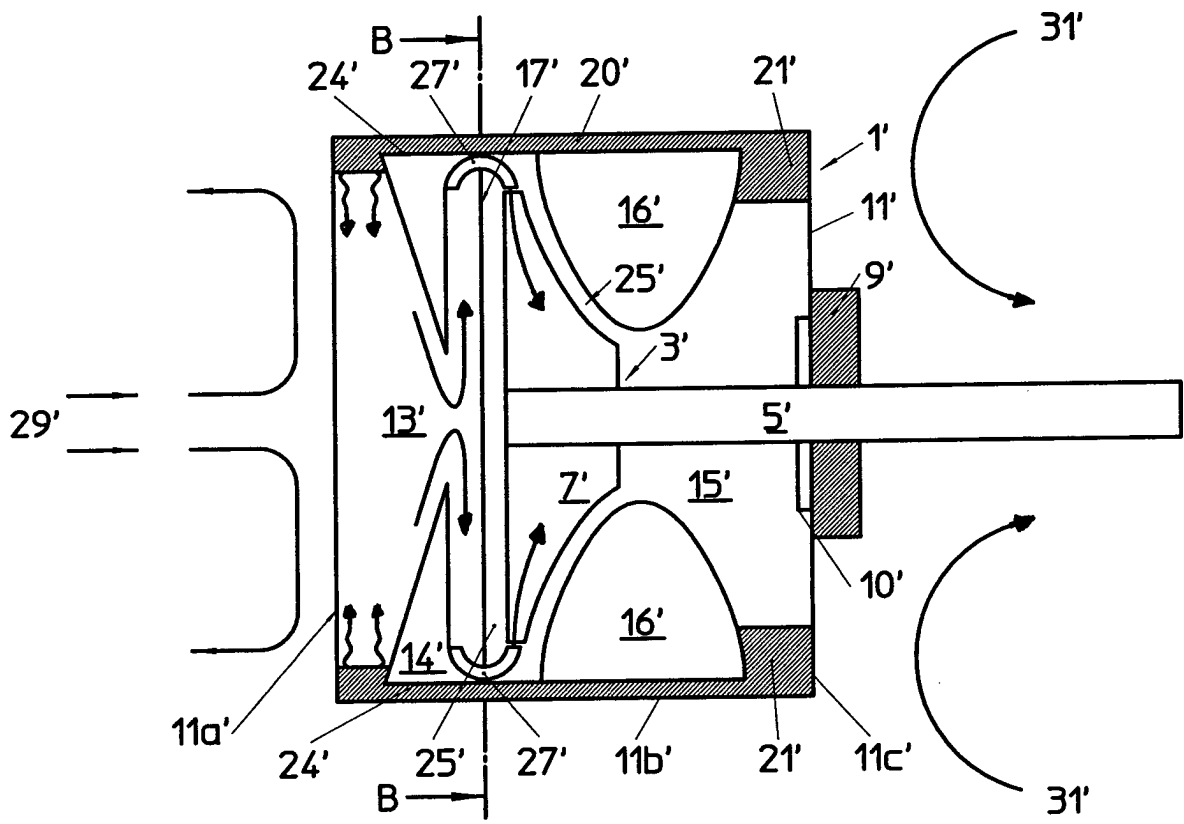


Fig. 3

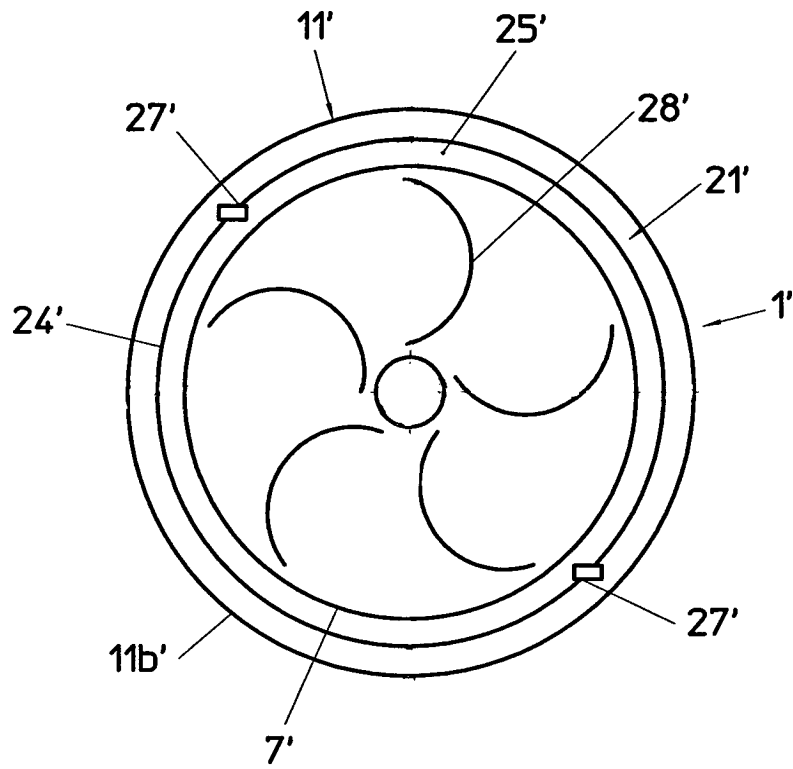


Fig. 4

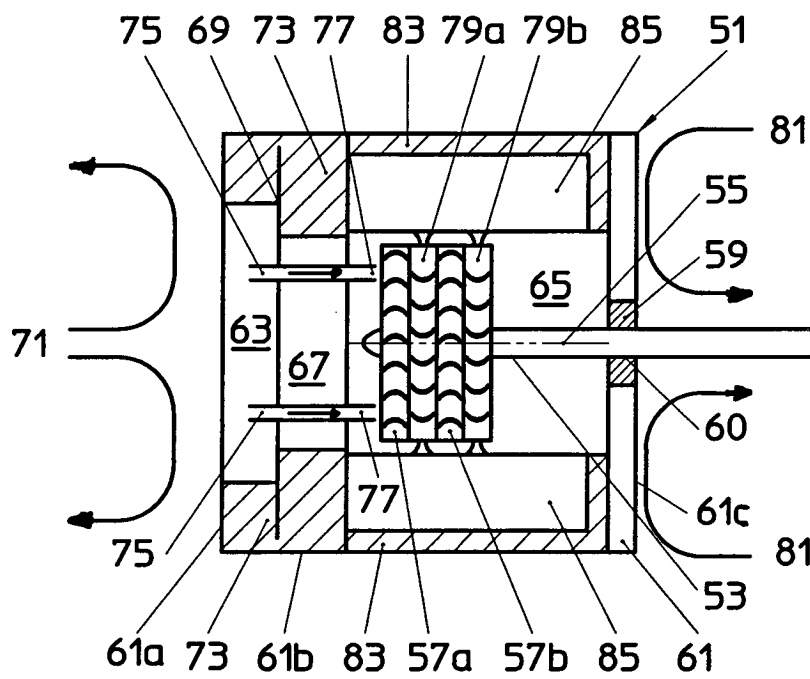


Fig. 5

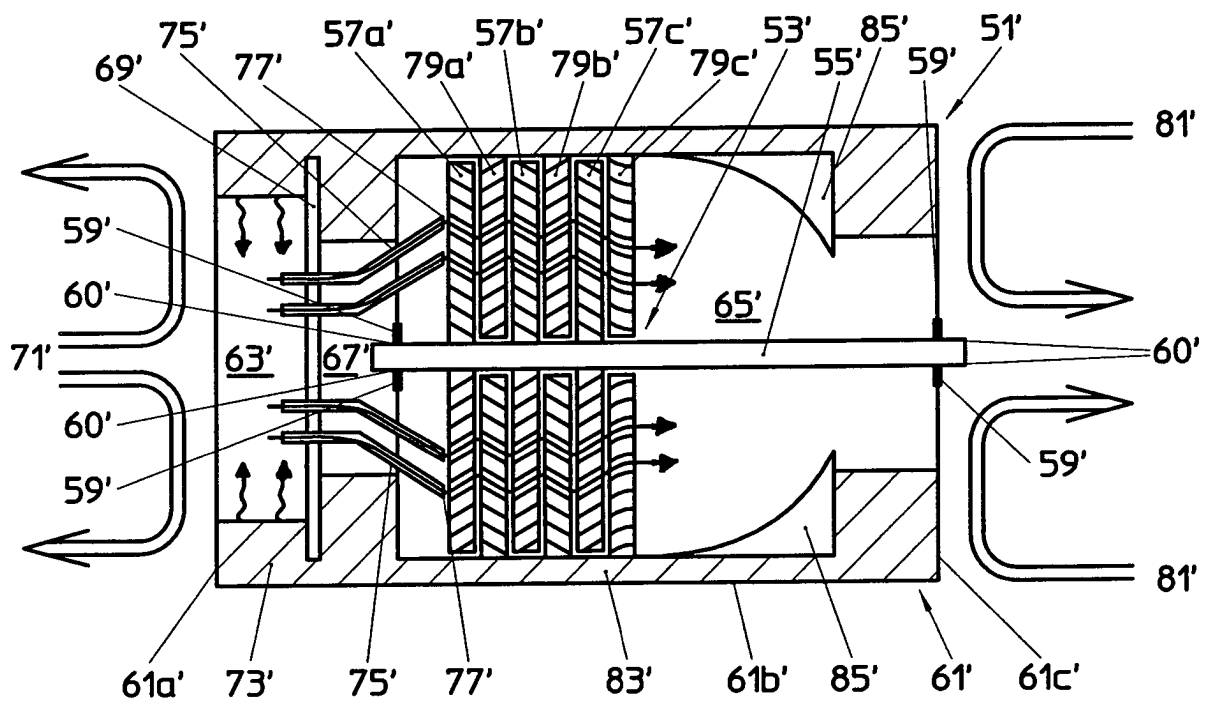


Fig. 6a

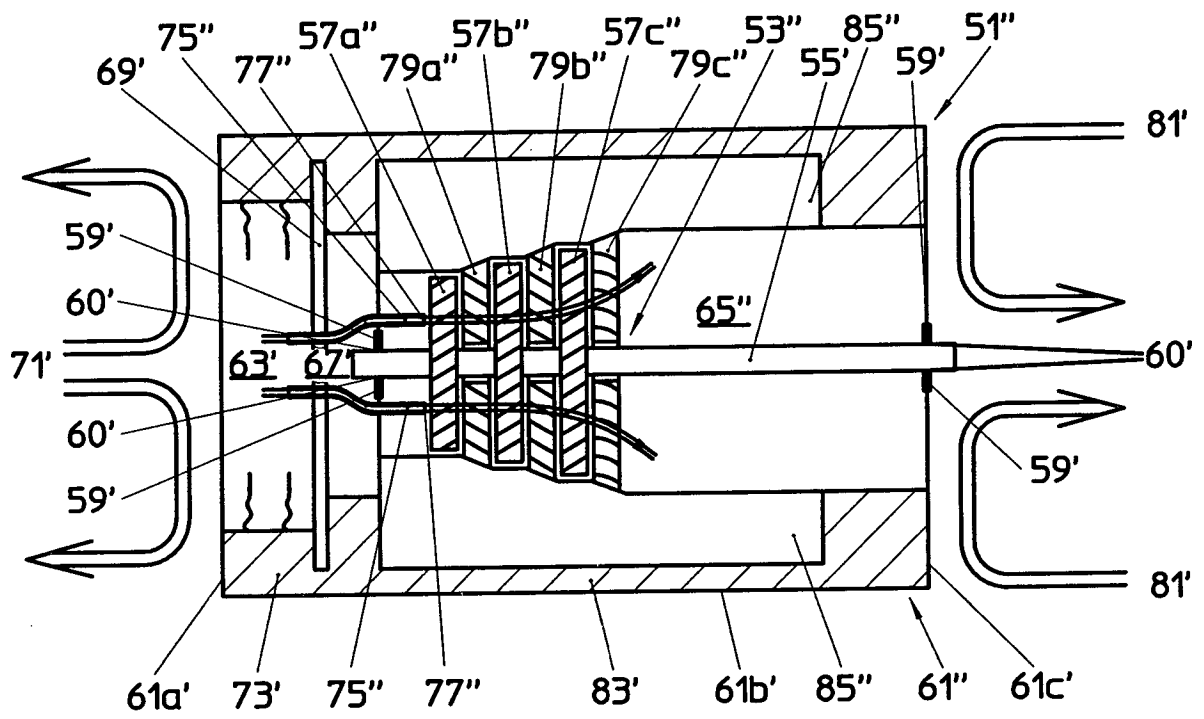


Fig. 6b