

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 51085/2020  
(22) Anmeldetag: 14.12.2020  
(45) Veröffentlicht am: 15.05.2023

(51) Int. Cl.: **F01C 1/077** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
WO 2014076637 A1  
GB 1068170 A

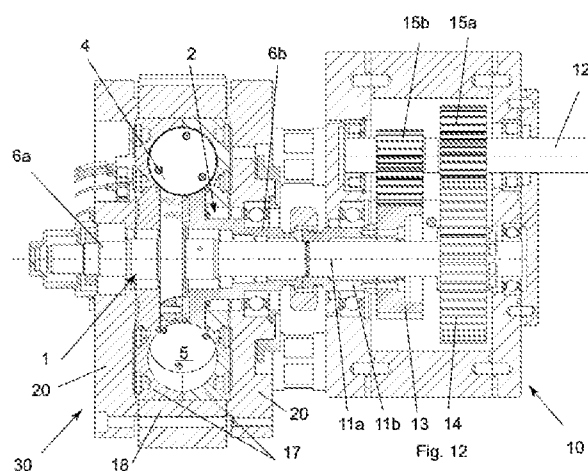
(73) Patentinhaber:  
KÖNIG GmbH & Co KG  
6830 Rankweil (AT)

(74) Vertreter:  
WILDHACK & JELLINEK PATENTANWÄLTE  
OG  
1030 Wien (AT)

### (54) Expansionsmaschine

(57) Die Erfindung betrifft eine Expansionsmaschine (100) zur Umwandlung von Wärme aus einem Arbeitsmedium in mechanische Arbeit umfassend:

- eine Expansionseinheit (30), ein Gehäuse (3) und ein Getriebe (10), wobei
- die Expansionseinheit (30) zwei, koaxial zueinander frei drehbar gelagerte Flügelräder (1, 2) umfasst, welche in einem gemeinsamen Gehäuse (3) rotierbar angeordnet sind, wobei an den Flügelrädern (1, 2), jeweils zumindest ein torussegmentförmiger Kolben (4) angeordnet ist, wobei die Kolben (4) drehbar ausgebildet sind, sodass sich zwischen den Kolben (4) mit dem Gehäuse (3) eine der Anzahl der Kolben (4) entsprechenden Anzahl an Flügelkammern (5) ausbilden,
- wobei das Getriebe (10), derart ausgebildet ist, dass die Flügelräder (1, 2) durch die Expansion des Arbeitsmediums mit einer zyklisch ändernden Drehgeschwindigkeit relativ zueinander bewegbar sind, sodass die Volumina der Flügelkammern (5) veränderbar und zu einer Drehmomentfunktion auf der Abtriebswelle (12) des Getriebes (10) addierbar sind.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Expansionsmaschine von Wärme aus einem Arbeitsmedium in mechanische Arbeit gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie eine Anlage zur Umwandlung von Wärme aus einem Arbeitsmedium in mechanische Arbeit gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 8.

**[0002]** Nahezu in jedem produzierenden Gewerbeunternehmen und in diversen technischen Anwendungen fällt neben der benötigten Heizwärme auch nicht benötigte Prozesswärme an, welche in den meisten Fällen ungenutzt über Wärmetauscher an die Umgebung abgegeben wird. Diese Abfuhr von „Abfallwärme“ an die Umgebung findet auch bei Wärmekraftmaschinen in stationären und mobilen Anwendungen statt, dort jedoch aus dem zwangsläufigen Grund, dass bei diesen Anwendungen dieser Umstand von den thermodynamischen Grundgesetzen eingefordert wird. Kurzum, tagtäglich werden beträchtliche Wärmemengen ungenutzt an die Umgebung abgeführt, anstatt dieses Potential zu nutzen und damit einen Beitrag zur Eindämmung des stetig steigenden Energieverbrauchs zu leisten. Ein relativ simpler und vielversprechender Ansatz, das oben angesprochene Abwärmepotential zu nutzen und eine signifikante Wirkungsgradsteigerung der Abwärme produzierenden Gesamtanlage realisieren zu können, liegt in der Nachnutzung der „Abfallwärme“ durch Umwandlung in eine höherwertige Energieform, nämlich Strom.

**[0003]** Aus dem Stand der Technik sind bereits einige Vorrichtungen und Verfahren bekannt mit denen Strom aus Abwärme erzeugt werden kann. Dabei hat sich herauskristallisiert, dass die Energieumwandlung von Abwärme in Strom am besten durch einen (O)RC-Kreisprozess mit Hilfe einer geeigneten Expansionsmaschine, verbunden mit einem Generator, bewerkstelligt werden kann. Die Wärmezufuhr bewirkt die Verdampfung des Arbeitsmediums, sodass diese in Form von Dampf zur Verfügung steht, welcher mit Hilfe einer mit einem Generator verbundenen Expansionsmaschine energetisch abgebaut werden kann. Das Arbeitsmedium wird anschließend über einen Wärmetauscher verflüssigt und der Verdampfungsprozess startet von vorne.

**[0004]** Aus dem Stand der Technik bekannte Vorrichtungen werden beispielsweise in der WO 2014076637 A1 und der GB 1068170 A offenbart. Beide Offenbarungen zeigen eine Expansionsmaschine zur Umwandlung von Wärme aus einem Arbeitsmedium, in mechanische Arbeit mit einer Expansionseinheit, einem Gehäuse und einem Getriebe.

**[0005]** Aus dem Stand der Technik ist beispielsweise die Nutzung von „Abfallwärme“ mit Hilfe einer in einem ORC-Kreislauf eingebetteten Expansionsmaschine bekannt. Im Stand der Technik wird dieser Ansatz derzeit jedoch primär für hohe Leistungsbereiche im Megawattbereich angewendet. In diesen vornehmlich stationären Anwendungen hat sich das Turbinenkonzept durchgesetzt, welches keine aufwändigen Schmierkonzepte benötigt, jedoch Schwächen im Teillastgebiet aufweist und hohe Investitionskosten mit sich zieht. Bei kleineren Leistungsdichten sind nach unterschiedlichste Konzepte verfügbar, die bis aber insbesondere bei Anlagen im niedrigen Leistungsbereich geringe Wirkungsgrade aufweisen.

**[0006]** Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine Expansionsmaschine bereitzustellen, die einen hohen Wirkungsgrad bei geringen Kosten ermöglicht.

- Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Dabei ist vorgesehen, dass die Expansionseinheit zumindest zwei, koaxial zueinander frei drehbar gelagerte Flügelräder, insbesondere Flügelradpaare, umfasst, welche in einem gemeinsamen Gehäuse rotierbar angeordnet sind, wobei an den Flügelrädern, jeweils zumindest ein torussegmentförmiger Kolben, insbesondere zwei torussegmentförmige Kolben, angeordnet ist, wobei die Kolben entlang einer torusförmigen Laufbahn relativ zueinander in der Drehachse der Flügelräder drehbar ausgebildet sind, sodass sich zwischen den Kolben mit dem Gehäuse eine der Anzahl der Kolben entsprechenden Anzahl an, insbesondere vier, Flügelkammern ausbilden, wobei die Flügelräder jeweils eine Welle aufweisen, wobei die erste Welle als Hohlwelle ausgebildet ist und die zweite Welle in der ersten Welle koaxial angeordnet ist, wobei in dem Gehäuse jeweils zumindest ein Einlasskanal, insbesondere zwei Einlasskanäle, und ein

Auslasskanal, insbesondere zwei Auslasskanäle, derart angeordnet sind, dass das Arbeitsmedium, insbesondere Dampf, über den Einlasskanal in die Flügelkammern einströmt und das expandierte Arbeitsmedium aus dem Auslasskanal ausströmt, wobei die Wellen mit jeweils mit einer der Anzahl der Wellen entsprechenden, insbesondere zwei, Getriebeeingangswellen des den Wellen nachgelagerten Getriebes, insbesondere eines Unrundgetriebes, verbunden sind, wobei das Getriebe, derart ausgebildet ist, dass die Flügelräder durch die Expansion des Arbeitsmediums mit einer zyklisch ändernden Drehgeschwindigkeit relativ zueinander bewegbar sind, sodass die Volumina der Flügelkammern veränderbar sind, und die zyklische Relativbewegung der zwei zueinander frei drehbar gelagerten Flügelräder zu einer gemeinsamen Drehmomentfunktion auf der Abtriebswelle des Getriebes addierbar sind und insbesondere einem dem Getriebe nachgeordneten Generator zuführbar ist, wobei die Kolben hohl ausgebildet sind und jeweils stirnseitig mit einem Kolbendeckel verschlossen sind.

**[0007]** Die Erfindungsgemäße Expansionsmaschine zeichnet sich durch ein komplett neuartiges mechanisches Konzept aus. Geringe Komplexität und wenig bewegte Teile führen zu deutlich geringeren Teilekosten und zu deutlich geringeren spezifischen Investitionskosten gegenüber der aktuellen aus dem Stand der Technik bekannten Lösungen. Darüber hinaus lässt das technische Konzept der vorliegenden Erfindung auf Basis eines bereits getesteten 3 kW -Prototyps höhere Wirkungsgrade gegenüber den derzeit auf dem Markt befindlichen Technologien erwarten.

**[0008]** Besonders vorteilhafte Ausführungsformen der Expansionsmaschine werden durch die Merkmale der abhängigen Ansprüche näher definiert:

**[0009]** Um die Drehmomente der Wellen einfach zusammenführen zu können, kann vorgesehen sein, dass auf den Getriebeeingangswellen im Getriebe jeweils ein Ovalzahnrad angeordnet ist, wobei die Abtriebswelle zwei um 180 Grad zueinander versetzte exzentrisch angeordnete Zahnräder aufweist, die jeweils mit einem der auf den Getriebeeingangswellen angeordneten Ovalzahnradern verzahnt sind und in dieses im Eingriff angeordnet sind.

**[0010]** Eine besonders bevorzugte und kompakte Anordnung wird erreicht, indem an den Flügelrädern jeweils zwei torussegmentförmige Kolben aufweist, die um 180 Grad versetzt an der jeweiligen Welle angeordnet sind. Durch die symmetrische Anordnung der Kolben wird weiters auch eine vorteilhafte Gewichtsverteilung an den Wellen der bewegten Massenkräfte erreicht.

**[0011]** Eine einfache Fertigung und besonders günstige Befestigung der Kolben an den Wellen wird erreicht, wenn dass die torussegmentförmigen Kolben jeweils kraftschlüssig, insbesondere über eine Schraubverbindung, mit den Wellen verbunden sind.

**[0012]** Vorteilhaft kann vorgesehen sein, dass die Kolben jeweils einen, insbesondere nierenförmigen, Fortsatz aufweisen der in eine gegengleich ausgebildete Ausnehmung eingreift, wobei die Ausnehmung in einem an den Wellen angeordneten, von diesen abstehenden Befestigungsfortsatz ausgebildet ist und wobei die der Fortsatz an dem Befestigungsfortsatz kraftschlüssig, bevorzugt mit einer Schraubverbindung, verbunden ist.

**[0013]** Die Massenkräfte der bewegten Teile kann weiter reduziert werden, indem die Kolben hohl ausgebildet sind und jeweils stirnseitig mit einem Kolbendeckel verschlossen sind.

**[0014]** Eine gute Führung der Kolben und ein einfacher und kompakter Aufbau kann erreicht werden, wenn die vorgegebene torusförmige Laufbahn der Kolben durch zwei Torushalbschalen ausgebildet ist, wobei insbesondere die zwei Torushalbschalen innerhalb eines Gehäuserings angeordnet und durch diesen zentriert sind.

**[0015]** Die Absichtung der Flügelkammern und ein ruhiger Lauf der Kolben kann besonders einfach erzielt werden, indem der Einlasskanal und der Auslasskanal jeweils durch eine Anzahl in dem Gehäuse, insbesondere den Torushalbschalen, angeordneter Schlitze ausgebildet sind, wobei sich die Schlitze über einen definierten Umfangsabschnitt der torusförmigen Laufbahn der Kolben erstrecken.

**[0016]** Es ist weiters Aufgabe der Erfindung, eine Anlage zur zur Umwandlung von Wärme aus einem Arbeitsmedium, insbesondere Dampf, in mechanische Arbeit, insbesondere zur Erzeu-

gung von Strom bereit zu stellen.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 8 gelöst. Dabei ist vorgesehen, dass die Anlage eine Wärmequelle, zumindest einen Verdichter, Insbesondere eine Pumpe, einen Wärmetauscher und eine Expansionsmaschine umfasst, wobei die Expansionsmaschine als erfindungsgemäße Expansionsmaschine ausgebildet ist.

**[0017]** Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und den beiliegenden Zeichnungen.

**[0018]** Die Erfindung ist im Folgenden anhand von besonders vorteilhaften, aber nicht einschränkend zu verstehenden Ausführungsbeispielen in den Zeichnungen schematisch dargestellt und wird unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beispielhaft beschrieben:

- [0019]** Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäßen Expansionsmaschine in isometrischer Ansicht,
- [0020]** Fig. 2 zeigt eine Schnittansicht der Flügelräder der Expansionsmaschine,
- [0021]** Fig. 3 zeigt eine isometrische Ansicht der Flügelräder gemäß Fig. 2,
- [0022]** Fig. 4 zeigt eine isometrische Ansicht des ersten Flügelrads,
- [0023]** Fig. 5 zeigt eine isometrische Ansicht des zweiten Flügelrads,
- [0024]** Fig. 6 zeigt eine Explosionsansicht des ersten Flügelrads in isometrischer Ansicht,
- [0025]** Fig. 7 zeigt eine Ansicht der Flügelräder, die in dem Gehäuse angeordnet sind, in isometrischer Ansicht,
- [0026]** Fig. 8 zeigt eine isometrische Ansicht der Torushalbschalen 17 mit Gehäuse-ring,
- [0027]** Fig. 9 zeigt eine Torushalbschale in isometrischer Ansicht,
- [0028]** Fig. 10 zeigt eine isometrische Ansicht des Getriebes ohne Gehäusedarstellung,
- [0029]** Fig. 11 zeigt eine Schnittansicht des Getriebes,
- [0030]** Fig. 12 zeigt eine Schnittansicht durch die Expansionsmaschine mit Getriebe und in den
- [0031]** Fig. 13 und 14 eine schematische Darstellung eines Expansionsvorgangs des Arbeitsmediums.

**[0032]** In Fig. 1 ist eine isometrische Ansicht der erfindungsgemäßen Expansionsmaschine 100 dargestellt. Die Expansionsmaschine 100 umfasst eine Expansionseinheit 30, die an einem Getriebe 10 befestigt ist. Das Getriebe 10 ist bei der in den Fig. 1 bis 12 bevorzugten Ausführungsform als Unrundgetriebe ausgebildet. An der Expansionsmaschine 100 sind jeweils zwei Zuleitungen 31 und zwei Ableitungen 32 angeordnet. In den Zuleitungen 31 wird das Arbeitsmedium, bei dieser Ausführungsform heißer, komprimierter Dampf, in die Expansionsmaschine 100 eingebracht, in der Expansionsmaschine 100 expandiert und als expandierter Dampf bzw expandiertes Arbeitsmedium aus den Ableitungen 32 aus der Expansionsmaschine 100 ausgebracht. Das durch die Expansion des Dampfes erzeugte Drehmoment wird von der Expansionseinheit 30 an das Getriebe 10 weitergeleitet und von diesem beispielsweise in einem Generator zur Erzeugung von Strom genutzt.

**[0033]** Wie in den Fig. 2 bis 6 dargestellt, umfasst die Expansionsmaschine 100 zwei koaxial zueinander angeordnete Flügelräder 1, 2 (Fig. 2). Das erste Flügelrad 1 ist in dem zweiten Flügelrad 2 gelagert, sodass die Flügelräder 1, 2 frei zueinander drehbar sind. Die Welle 6b des zweiten Flügelrads 2 ist als Hohlwelle ausgebildet, wobei die erste Welle 6a des ersten Flügelrads 1 in die als Hohlwelle ausgebildete zweite Welle 6b des zweiten Flügelrads 2 hineingesteckt bzw in dieser angeordnet ist und gemeinsam gelagert ist. Durch die Ausbildung der ineinander gelagerten Flügelräder 1, 2 wird eine besonders kompakte Bauart erreicht, die einfach eine Relativ-

bewegung des ersten Flügelrads 1 zum zweiten Flügelrad 2 erlaubt. An den Flügelrädern 1, 2 sind jeweils zwei Kolben 4 befestigt, die durch die relative Drehbarkeit des ersten Flügelrads 1 zum zweiten Flügelrad 2 den Abstand zwischen den Kolben 4 verändern können. Die Expansionsmaschine 100 weist weiters ein Gehäuse 3 auf, in dem die Flügelräder 1, 2 gelagert sind (Fig. 1, Fig. 8). Die Kolben 4 sind torussegmentförmig ausgebildet, weisen also einen kreisförmigen Querschnitt auf (Fig. 2) und erstrecken sich über ein Teilsegment des Umfangs des jeweiligen Flügelrads 1, 2. Die Kolben 4 sind entlang einer torusförmigen Laufbahn 16 relativ zueinander in der Drehachse der Flügelräder 1, 2 drehbar ausgebildet. Zwischen den Kolben 4 ist eine der Anzahl der Kolben 4 entsprechende Anzahl an Flügelkammern 5 - also an bei dieser Ausführungsform vier Flügelkammern 5 - ausgebildet (Fig. 7). Die Flügelkammern 5 bilden mit den Kolben 4 und dem Gehäuse 3 der Expansionsmaschine 100 einen abgeschlossenen Raum, in dem der durch die Zuleitung 31 über Einlasskanäle 8 eingebrachte Dampf expandiert und eine Kraft bzw. ein Drehmoment auf die Stirnseite 45 der Kolben 4 aufbringt. Durch die relative Drehbarkeit der Flügelräder 1, 2 zueinander wird durch Aufbringen einer Kraft durch den Dampf auf die Stirnseite 45 der Kolben 4 eine Veränderung des Abstands zwischen den Stirnseiten 45 der in den Flügelkammern 5 benachbarten Kolben 4 bewirkt, sodass zwischen den Flügelrädern 1, 2 ein Drehmoment auf deren Wellen 6a, 6b erzeugt wird. Der expandierte Dampf tritt dann über die Auslasskanal 9 und die Ableitungen 32 wieder aus der Expansionseinheit 3 der Expansionsmaschine 100 aus.

**[0034]** In den Fig. 7 und 8 ist eine bevorzugte Ausführungsform der Expansionsmaschine 100 mit Gehäuse 3 dargestellt. Die torusförmige Laufbahn 16 der Kolben 4 wird durch zwei Torushalbschalen 17 ausgebildet (Fig. 9), die übereinander zusammengesetzt werden und die Laufbahn 16 der Kolben 4 (Fig. 7) ausbilden. Die Torushalbschalen 17 werden durch einen Gehäusering 18 in Position gehalten und durch diesen zentriert. In Achsrichtung der Flügelräder 1, 2 sind die Flügelkammern 5 durch Gehäusedeckel 20 verschlossen. In den Torushalbschalen 17 und dem Gehäusering 18 sind jeweils zwei Einlasskanäle 8 und zwei Auslasskanäle 9 ausgebildet. Über die Einlasskanäle 8 kann Dampf in die jeweilige Flügelkammer 5 einströmen, in der Flügelkammer 5 expandieren und dann über den jeweiligen Auslasskanal 9 aus dem Expansionsmaschine 100 wieder austreten. Der Einlasskanal 8 ist dabei entsprechend dem Expansionsverhältnisses des Dampfes kleiner ausgebildet als der Auslasskanal 9.

**[0035]** Fig. 9 zeigt eine Ausführungsform einer Torushalbschale 17 in isometrischer Ansicht. Die Torushalbschale 17 weist eine den Kolben 4 gegengleich ausgebildete, torusförmige Vertiefung auf, die die Laufbahn 16 der Kolben 4 bildet. Im Umfang der Laufbahn 16 der Torushalbschale 17 sind die Einlasskanäle 8 und die Auslasskanäle 9 in Form von in den Umfang der Laufbahn 16 ausgebildeter Schlitze 19 angeordnet. Die Schlitze 19 verlaufen über einen definierten, den Einlasskanälen 8 und Auslasskanälen 9 entsprechenden Umfangabschnitt der torusförmigen Laufbahn 16 der Kolben 4 und sind parallel zueinander und parallel zu der durch die Kolben 4 gebildeten Ebene angeordnet.

**[0036]** Fig. 10 zeigt eine Detailansicht des dem Expansionsmaschine 100 nachgelagerten Getriebes 10. Durch die relative Drehbarkeit der Flügelräder 1, 2 zueinander wird über die Wellen 6a, 6b ein durch den in den Flügelkammern 5 expandierenden Dampf aufgebrachtes Drehmoment an die Getriebeeingangswellen 11a, 11b des Getriebes 10 weitergeleitet. (Fig. 11, Fig. 12) Das Getriebe 10 umfasst dabei die gleiche Anzahl an Getriebeeingangswellen 11a, 11b, die der Anzahl der Wellen 6a, 6b bzw. der Anzahl der Flügelräder 1, 2 entspricht. Die zweite Getriebeeingangswelle 11b ist entsprechend der zweiten Welle 6b als Hohlwelle ausgebildet und mit dieser drehmomentübertragend verbunden. Die erste Getriebeeingangswelle 11a ist mit der ersten Welle 6a des ersten Flügelrads 1 drehmomentübertragend verbunden und innerhalb der als Hohlwelle ausgebildeten zweiten Getriebeeingangswelle 11a angeordnet (Fig. 12). An den Getriebeeingangswellen 11a, 11b ist jeweils ein Ovalzahnrad 13, 14 angeordnet, wobei die Ovalzahnräder 13, 14 oval ausgebildet sind und jeweils versetzt zueinander an den Getriebeeingangswellen 11a, 11b angeordnet sind. Das Getriebe 10 weist weiter eine Abtriebswelle 12 auf, über die das in das Getriebe 10 eingebrachte Drehmoment aus dem Getriebe 10 beispielsweise an einen Generator zur Erzeugung von Strom abgegeben wird (Fig. 11, Fig. 12). Auf der Abtriebswelle 12 sind zwei

um 90° zueinander versetzt und exzentrisch zur Wellenachse der Abtriebswelle 12 angeordnete Zahnräder 15a, 15b angeordnet. Die Zahnräder 15a, 15b sind mit den Ovalzahnradern 13, 14 verzahnt und befinden sich jeweils mit einem der Ovalzahnradern 13, 14 im Eingriff. Das erste Ovalzahnrad 13, das auf der ersten Getriebeeingangswelle 11a angeordnet ist, ist mit dem ersten Zahnrad 15a der Abtriebswelle 12 im Eingriff und kann so das über die Kolben 4 an der ersten Welle 6a erzeugte Drehmoment über die erste Getriebeeingangswelle 11a an das erste Ovalzahnrad 13 abgeben und über das erste Zahnrad 15a über die Abtriebswelle 12 weiterleiten und aus dem Getriebe 10 ableiten. Das an der zweiten Welle 6b eingeleitete Drehmoment wird über das zweite Ovalzahnrad 14 an das zweite Zahnrad 15b der Abtriebswelle 12 abgegeben, mit dem Drehmoment des ersten Zahnrads 15a summiert und ebenfalls über die Abtriebswelle 12 aus dem Getriebe 10 abgeleitet. Durch das der Expansionseinheit 30 nachgelagerte Getriebe 10 wird ein auf die Flügelräder 1, 2 durch die Expansion des Dampfes aufgebrachtes Drehmoment bzw. eine aufgebrachte Drehgeschwindigkeit an das Getriebe 10 weitergeleitet und dort das durch die Expansion des Dampfes mit einer sich zyklisch ändernden Drehgeschwindigkeit der relativ zueinander bewegbaren Flügelräder 1, 2 addiert und so ein konstantes Drehmoment an der Abtriebswelle 12 des Getriebes 10 erzeugt.

**[0037]** In Fig. 12 ist eine Schnittansicht des erfindungsgemäßen Expansionsmaschine 100 dargestellt. Das Getriebe 10 ist an der Expansionseinheit 30 angeordnet und mit dieser verbunden. Die Wellen 6a, 6b sind mit den jeweiligen Getriebeeingangswellen 11a, 11b drehmomentübertragend über eine stirnseitige Verzahnung, bei dieser Ausführungsform eine Hirthverzahnung formschlüssig verbunden, sodass das an den Wellen 6a, 6b eingeleitete Drehmoment einfach an die Getriebeeingangswellen 11a, 11b übertragen werden kann.

**[0038]** In den Fig. 4 bis 6 sind Ansichten der Flügelräder 1, 2 dargestellt. Die Flügelräder 1, 2 weisen jeweils zwei torussegmentförmige Kolben 4 auf, die um 180 Grad in Bezug auf die Drehachse der Flügelräder 1, 2 versetzt an der jeweiligen Welle 6a, 6b angeordnet sind. Die Kolben 4 sind dabei über eine kraftschlüssige Verbindung - bei dieser Ausführungsform über eine Schraubverbindung - mit den Wellen 6a, 6b verbunden. Wie in den Fig. 4 und 6 dargestellt, weisen die torussegmentförmigen Kolben 4 des ersten Flügelrads 1 einen nierenförmigen Fortsatz 41 auf, der in eine gegengleich ausgebildete Ausnehmung 42 eingreift. Die Ausnehmung 42 ist dabei an einen von der ersten Welle 6a des ersten Flügelrads 1 abstehenden Befestigungsfortsatz 43 ausgebildet, wobei die nierenförmigen Fortsätze 41 der Kolben 4 an dem Befestigungsfortsatz 43 kraftschlüssig über eine Schraubverbindung befestigt werden. Optional können, wie in den Fig. 4 und 6 für die Kolben des ersten Flügelrads 1 beschrieben, auch die Kolben des zweiten Flügelrads 2 analog an diesen befestigt sein.

**[0039]** In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Kolben 4 der Expansionsmaschine 100, wie beispielsweise in Fig. 2 dargestellt, hohl ausgebildet und sind jeweils stirnseitig mit einem Kolbendeckel 44 verschlossen. Durch die hohle Ausbildung der Kolben 4 wird eine Gewichtersparnis erzielt, die weiter zu geringeren Massenkräften an den Flügelrädern 1, 2 führt.

**[0040]** In den Fig. 1 bis 12 ist eine bevorzugte Ausführungsform der Expansionsmaschine 100 mit vier Kolben 4 dargestellt, wobei auch Ausführungsformen mit jeweils einem an den Flügelrädern 1, 2 angeordneten Kolben 4 bzw. zwei Kolben 4 der Expansionsmaschine 100 insgesamt oder auch eine höhere Anzahl als vier Kolben 4, beispielsweise sechs, acht, zehn oder zwölf Kolben 4, vorgesehen sein können.

**[0041]** Die erfindungsgemäße Expansionsmaschine 100 findet bevorzugt in einer Anlage zur Umwandlung von Wärme aus einem Arbeitsmedium, insbesondere Dampf, in mechanische Arbeit Anwendung bzw. ist bevorzugt in einer derartigen Anlage angeordnet. Dabei wird das von einer Pumpe verdichtete Arbeitsmedium in einer Wärmequelle erhitzt und verdampft. Über Leitungen wird dieser Dampf dann an die Expansionsmaschine 100 geleitet. In der Expansionsmaschine 100 wird dann das Arbeitsmedium expandiert und an den Stirnseiten 45 der Kolben 4 eine Kraft appliziert, die an die Wellen 6a, 6b als Drehmoment weitergegeben wird. Dieses Drehmoment wird dann im Getriebe 10 zusammen addiert und über die Abtriebswelle 12, beispielsweise an einen Generator oder einen nachgelagerten Einheit zur Erzeugung von Strom oder der weiteren Um-

wandlung abgegeben. Das expandierte Arbeitsmedium wird dann in einem Wärmetauscher kondensiert und wieder der Pumpe zugeführt. Optional können auch wie bei den aus dem Stand der Technik bekannten Wärmeprozessen auch noch andere Komponenten wie Überhitzer oder andere Wärmetauscher vorgesehen sein.

Optional zu den in den Fig. 1 bis 12 dargestellten Ausführungsformen, kann das Getriebe 10 auch andere Ausbildungen aufweisen.

**[0042]** Alternative zu dem in den Fig. 1 bis 12 beschriebenen Arbeitsmedium Dampf können auch andere Arbeitsmedien aus dem Stand der Technik bekannte Arbeitsmedien vorgesehen sein, die bei Wärmeprozessen Anwendung finde. So kann beispielsweise das Arbeitsmedium Ethanol oder Arbeitsmedien auf organischer Basis vorgesehen sein.

**[0043]** In den Fig. 13 und 14 ist eine schematische Darstellung während eines Arbeitstaktes des Arbeitsmediums bzw die Flügelräder 1, 2 in zwei Arbeitspositionen dargestellt. Durch den über die Einlasskanäle 8 eingeströmtes Arbeitsmedium wird der Winkel zwischen den Kolben 4 der Flügelräder 1, 2 zueinander verändert. Das über die Einlasskanäle 8 in die Flügelkammern 5 eingetretene Arbeitsmedium bewirkt durch dessen Expansion eine Winkelveränderung der Flügelräder 1,2 zueinander, sodass der Raum zweier Flügelkammern 5 minimiert und der Raum der anderen zwei Flügelkammern 5, in denen sich das Arbeitsmedium ausdehnt maximiert wird (Fig. 13). Nach Erreichen der maximalen Expansion wird eine Überschneidung der Flügelkammern 5 mit den Auslasskanälen 9 erreicht und das expandierte Arbeitsmedium tritt aus den Flügelkammern 5 aus und die zuvor komprimierten Räume der andern beiden Flügelkammern 5 erweitern sich durch das über die Einlasskanäle 8 in diese eingetretene Arbeitsmedium wieder. So entsteht eine zyklische Veränderung der Größen der Flügelkammern 5 durch die Expansion des Arbeitsmediums und es wird ein Druck auf die Kolben 4 bzw. ein Drehmoment auf die Flügelräder 1, 2 und deren Wellen 6a, 6b erzeugt. Bei den der Erfindung zugrunde liegenden Untersuchungen hat sich dabei vorteilhaft ergeben, dass die Lage der Einlasskanäle 8 und Auslasskanäle 9 sowie deren Größe in Bezug auf die Winkel der Expansionsmaschine für den Einlassstart  $\gamma_{ES} = -93,00$  Grad und einen Einlasswinkel von  $\alpha_E = 18,36$  Grad, für den Auslassstart einen Winkel von  $\gamma_{AS} = -201,91$  Grad und einen Auslasswinkel von  $\alpha_A = 43,18$  Grad sind.

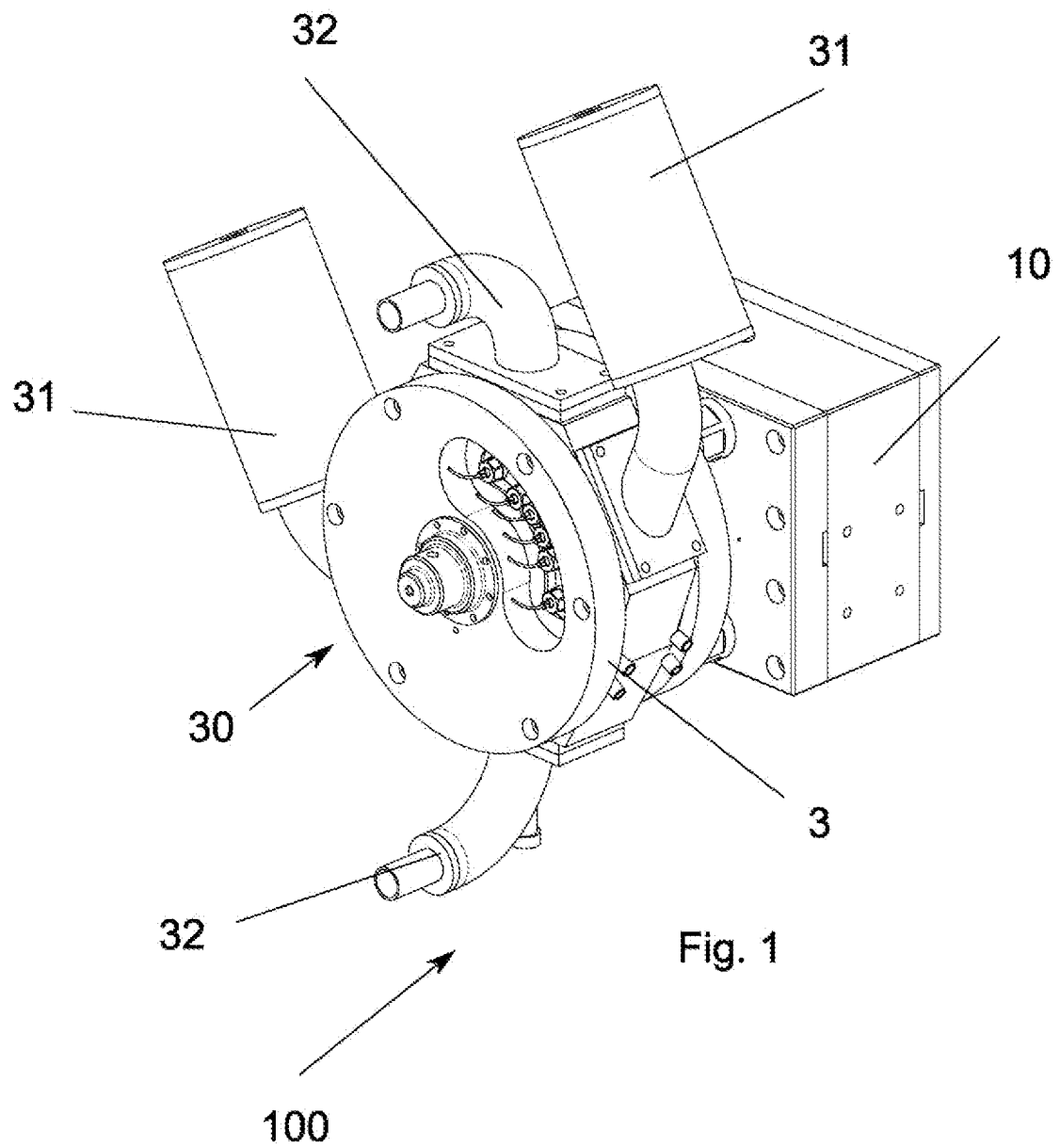
## Patentansprüche

1. Expansionsmaschine (100), insbesondere Dampfexpander, zur Umwandlung von Wärme aus einem Arbeitsmedium, insbesondere Dampf, in mechanische Arbeit, insbesondere zur Erzeugung von Strom, umfassend:
  - eine Expansionseinheit (30), ein Gehäuse (3) und ein Getriebe (10),  
wobei
    - die Expansionseinheit (3) zumindest zwei, koaxial zueinander frei drehbar gelagerte Flügelräder (1, 2), insbesondere Flügelradpaare, umfasst, welche in einem gemeinsamen Gehäuse (3) rotierbar angeordnet sind, wobei an den Flügelrädern (1, 2), jeweils zumindest ein torussegmentförmiger Kolben (4), insbesondere zwei torussegmentförmige Kolben (4), angeordnet ist, wobei die Kolben (4) entlang einer torusförmigen Laufbahn (16) relativ zueinander in der Drehachse der Flügelräder (1, 2) drehbar ausgebildet sind, so dass sich zwischen den Kolben (4) mit dem Gehäuse (3) eine der Anzahl der Kolben (4) entsprechenden Anzahl an, insbesondere vier, Flügelkammern (5) ausbilden,
    - wobei die Flügelräder (1, 2) jeweils eine Welle (6a, 6b) aufweisen, wobei die erste Welle (6a) als Hohlwelle ausgebildet ist und die zweite Welle (6b) in der ersten Welle (6a) koaxial angeordnet ist,
    - wobei in dem Gehäuse (3) jeweils zumindest ein Einlasskanal (8), insbesondere zwei Einlasskanäle (8), und ein Auslasskanal (9), insbesondere zwei Auslasskanäle (9), derart angeordnet sind, dass das Arbeitsmedium, insbesondere Dampf, über den Einlasskanal (8) in die Flügelkammern (5) einströmt und das expandierte Arbeitsmedium aus dem Auslasskanal (9) ausströmt,
    - wobei die Wellen (6a, 6b) mit jeweils mit einer der Anzahl der Wellen (6a, 6b) entsprechenden, insbesondere zwei, Getriebeeingangswellen (11a, 11b) des den Wellen (6a, 6b) nachgelagerten Getriebes (10), insbesondere eines Unrundgetriebes, verbunden sind, wobei das Getriebe (10), derart ausgebildet ist, dass die Flügelräder (1, 2) durch die Expansion des Arbeitsmediums mit einer zyklisch ändernden Drehgeschwindigkeit relativ zueinander bewegbar sind, sodass die Volumina der Flügelkammern (5) veränderbar sind, und die zyklische Relativbewegung der zwei zueinander frei drehbar gelagerten Flügelräder (1, 2) zu einer gemeinsamen Drehmomentfunktion auf der Abtriebswelle (12) des Getriebes (10) addierbar sind und insbesondere einem dem Getriebe (10) nachgeordneten Generator zuführbar ist,
    - **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kolben (4) hohl ausgebildet sind und jeweils stirnseitig mit einem Kolbendeckel (44) verschlossen sind.
2. Expansionsmaschine (100) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf den Getriebeeingangswellen (11a, 11b) im Getriebe (10) jeweils ein Ovalzahnrad (13, 14) angeordnet ist, wobei die Abtriebswelle (12) zwei um 180 Grad zueinander versetzte exzentrisch angeordnete Zahnräder (15a, 15b) aufweist, die jeweils mit einem der auf den Getriebeeingangswellen (11a, 11b) angeordneten Ovalzahnradern (13, 14) verzahnt sind und in dieses im Eingriff angeordnet sind.
3. Expansionsmaschine (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kolben (4) jeweils um 180 Grad versetzt zueinander an der jeweiligen Welle (6a, 6b) angeordnet sind.
4. Expansionsmaschine (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die torussegmentförmigen Kolben (4) jeweils kraftschlüssig, insbesondere über eine Schraubverbindung, mit den Wellen (6a, 6b) verbunden sind.
5. Expansionsmaschine (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kolben (4) jeweils einen, insbesondere nierenförmigen, Fortsatz (41) aufweisen, der in eine gegengleich ausgebildete Ausnehmung (42) eingreift, wobei die Ausnehmung (42) in einem an den Wellen (6a, 6b) angeordneten, von diesen abstehenden Befestigungsfortsatz (43) ausgebildet ist und wobei der Fortsatz (41) an dem Befestigungsfortsatz (43) kraftschlüssig, bevorzugt mit einer Schraubverbindung, verbunden ist.

6. Expansionsmaschine (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vorgegebene torusförmige Laufbahn (16) der Kolben (4) durch zwei Torushalbschalen (17) ausgebildet ist, wobei insbesondere die zwei Torushalbschalen (17) innerhalb eines Gehäuserings (18) angeordnet und durch diesen zentriert sind.
7. Expansionsmaschine (100) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Einlasskanal (8) und der Auslasskanal (9) jeweils durch eine Anzahl in dem Gehäuse (3), insbesondere den Torushalbschalen (17), angeordneter Schlitze (19) ausgebildet sind, wobei sich die Schlitze (19) über einen definierten Umfangsabschnitt der torusförmigen Laufbahn (16) der Kolben (4) erstrecken.
8. Anlage zur Umwandlung von Wärme aus einem Arbeitsmedium, insbesondere Dampf, in mechanische Arbeit, insbesondere zur Erzeugung von Strom, umfassend eine Wärmequelle, zumindest einen Verdichter, insbesondere eine Pumpe, einen Wärmetauscher und eine Expansionsmaschine (100), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Expansionsmaschine (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 ausgebildet ist.

**Hierzu 8 Blatt Zeichnungen**

1/8



2/8

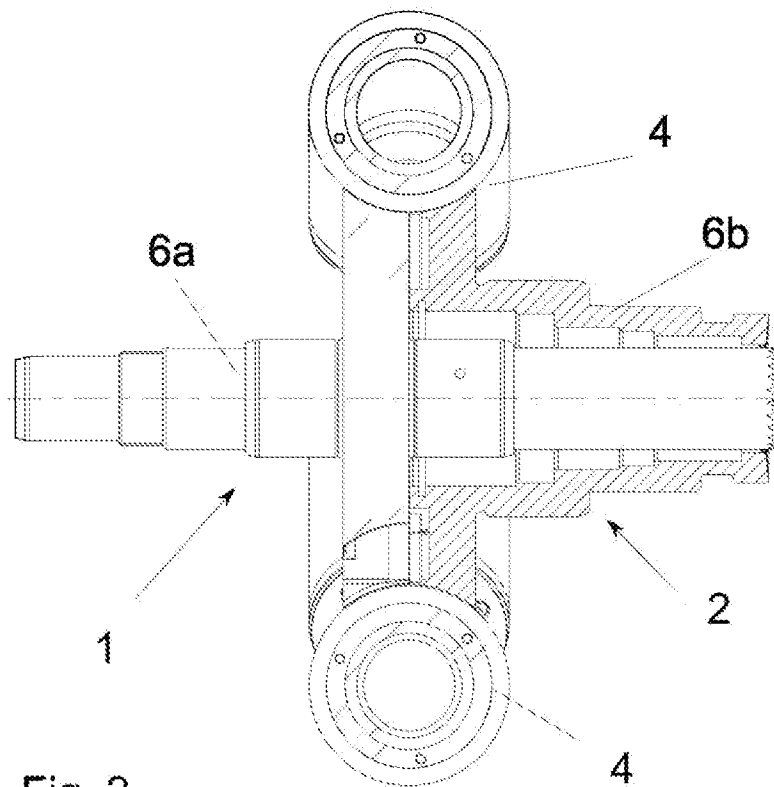


Fig. 2

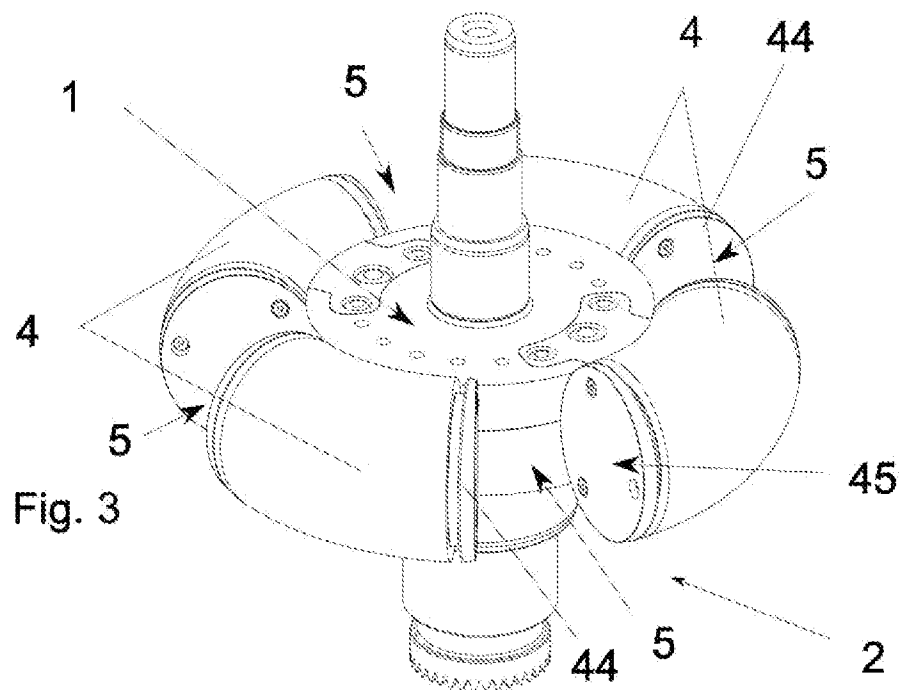
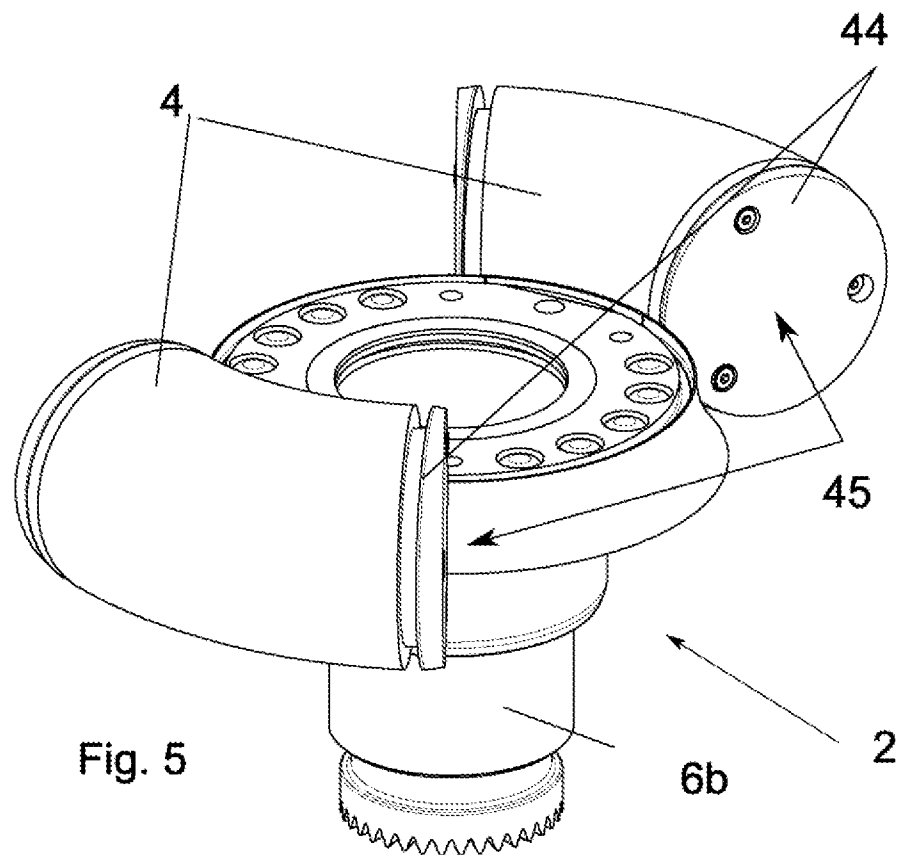
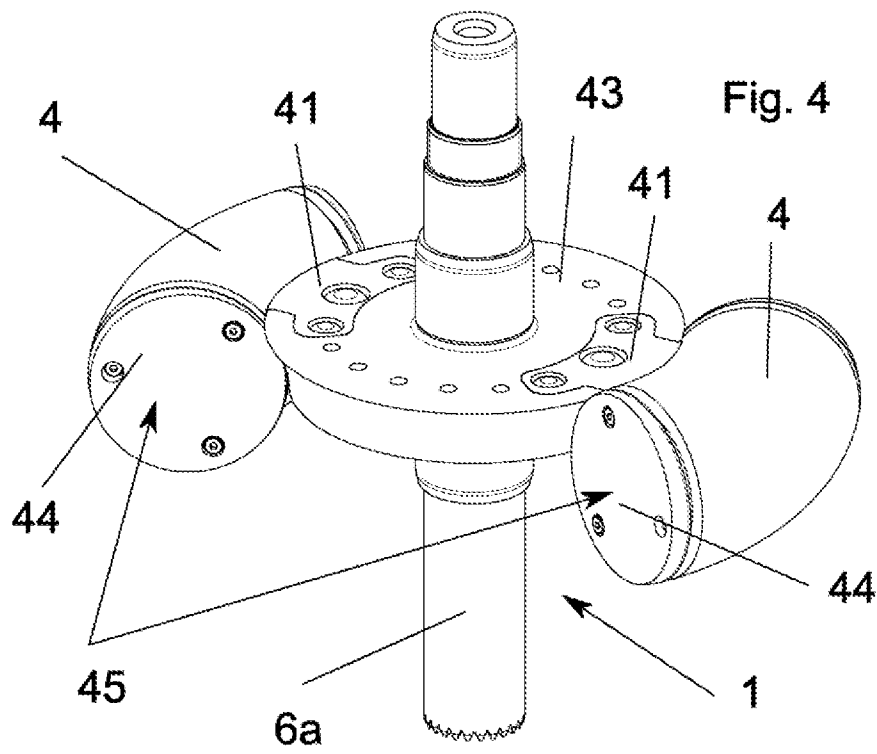
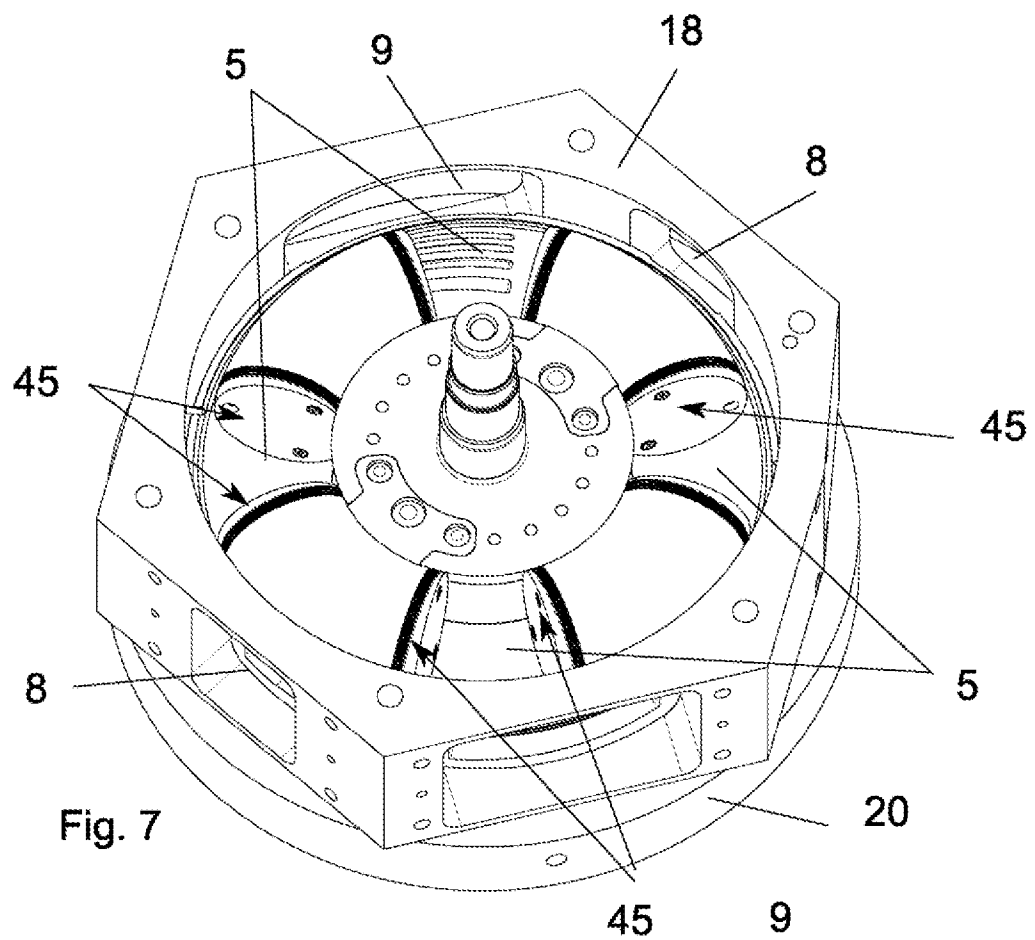
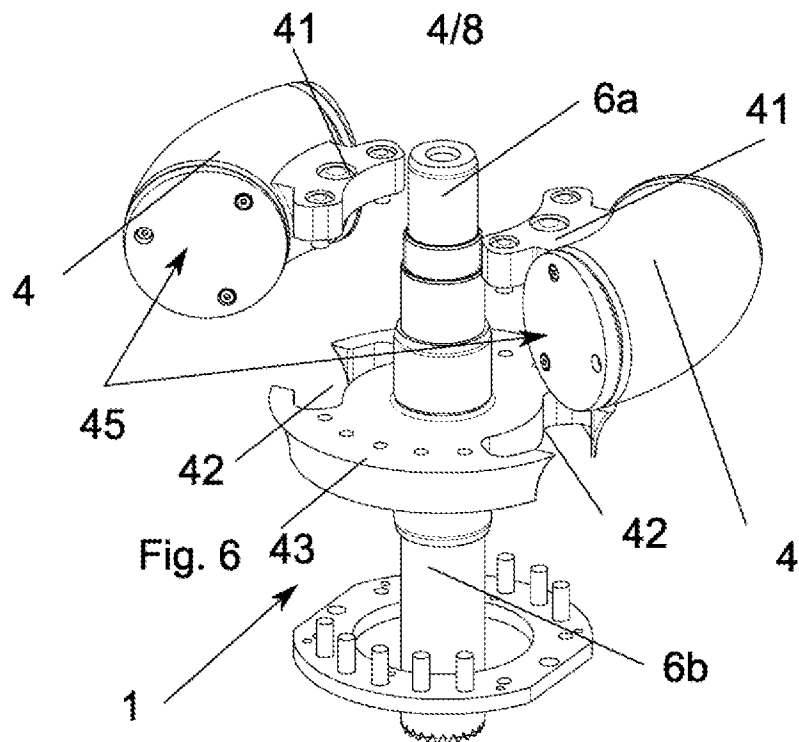
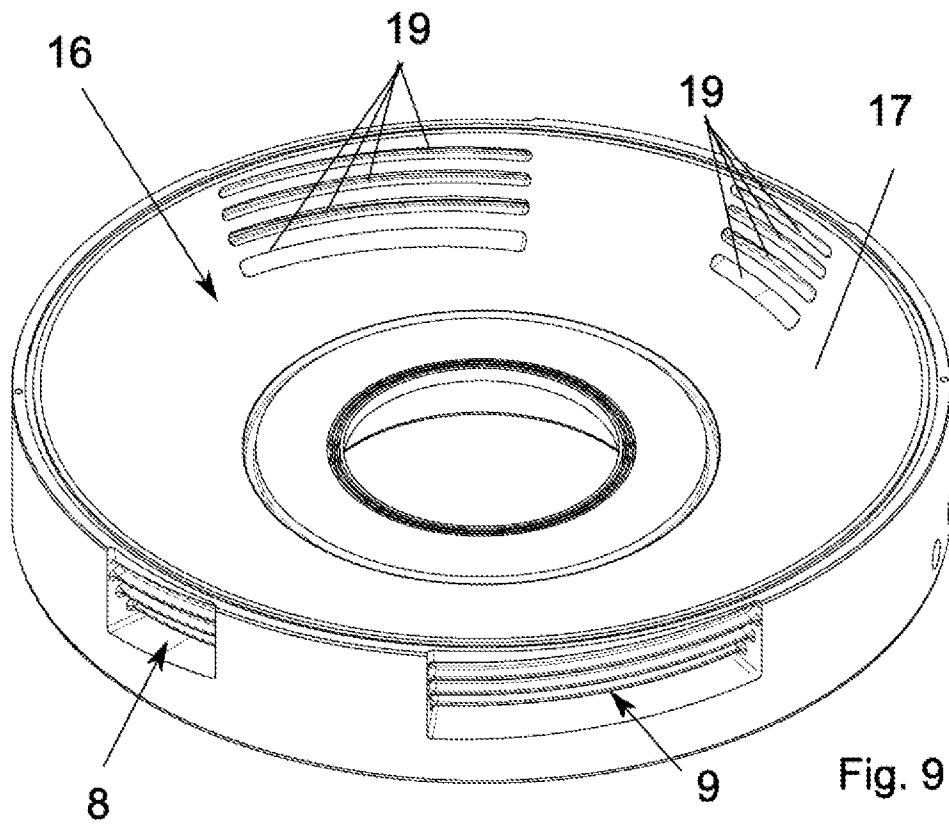
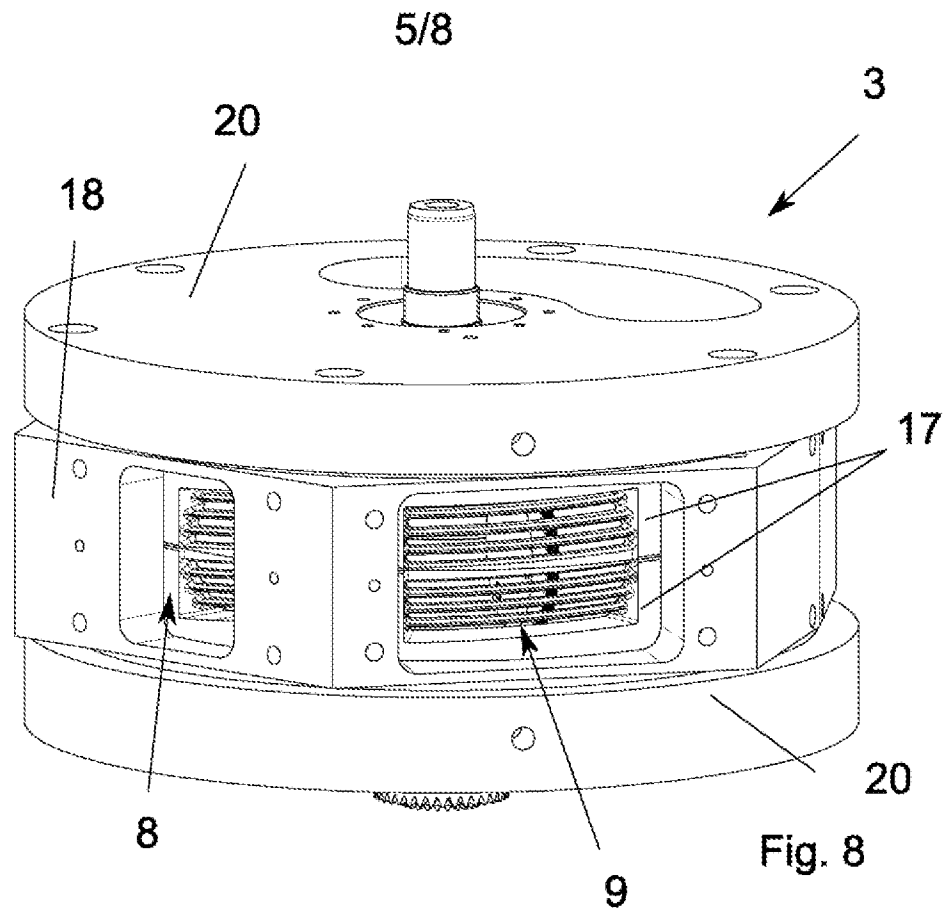


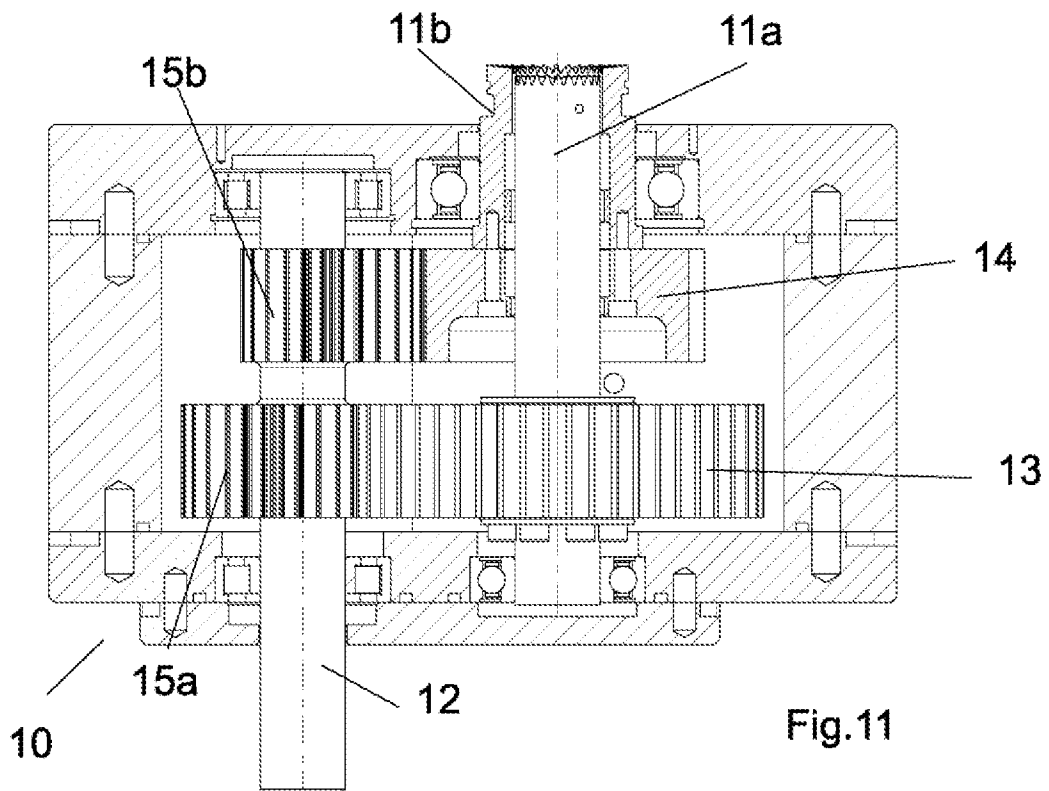
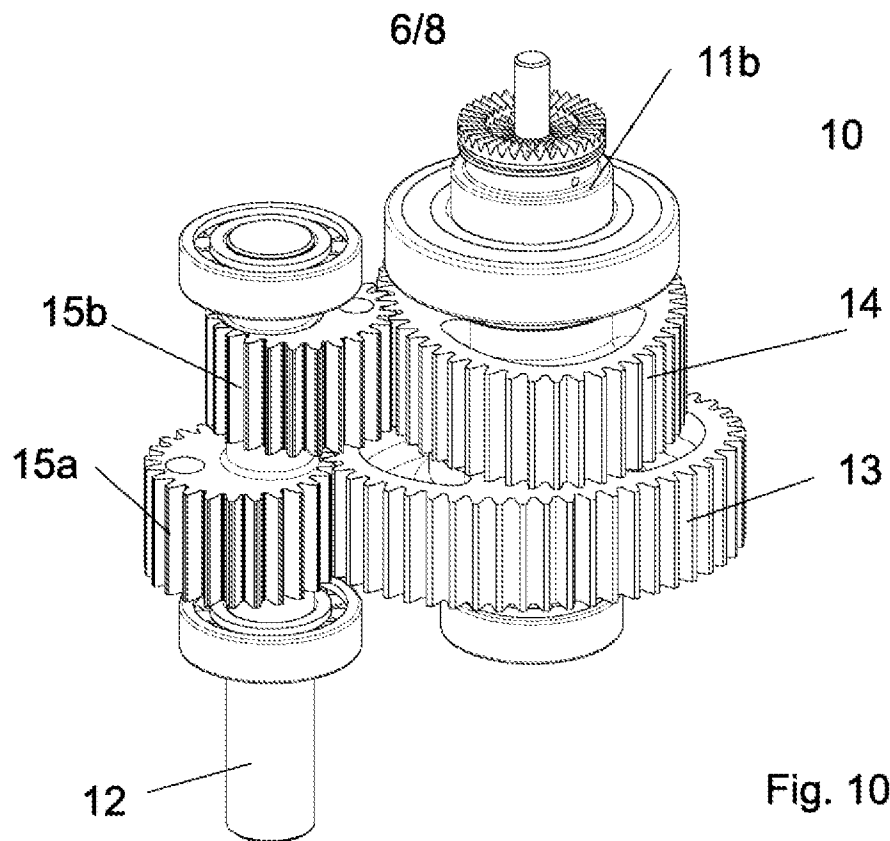
Fig. 3

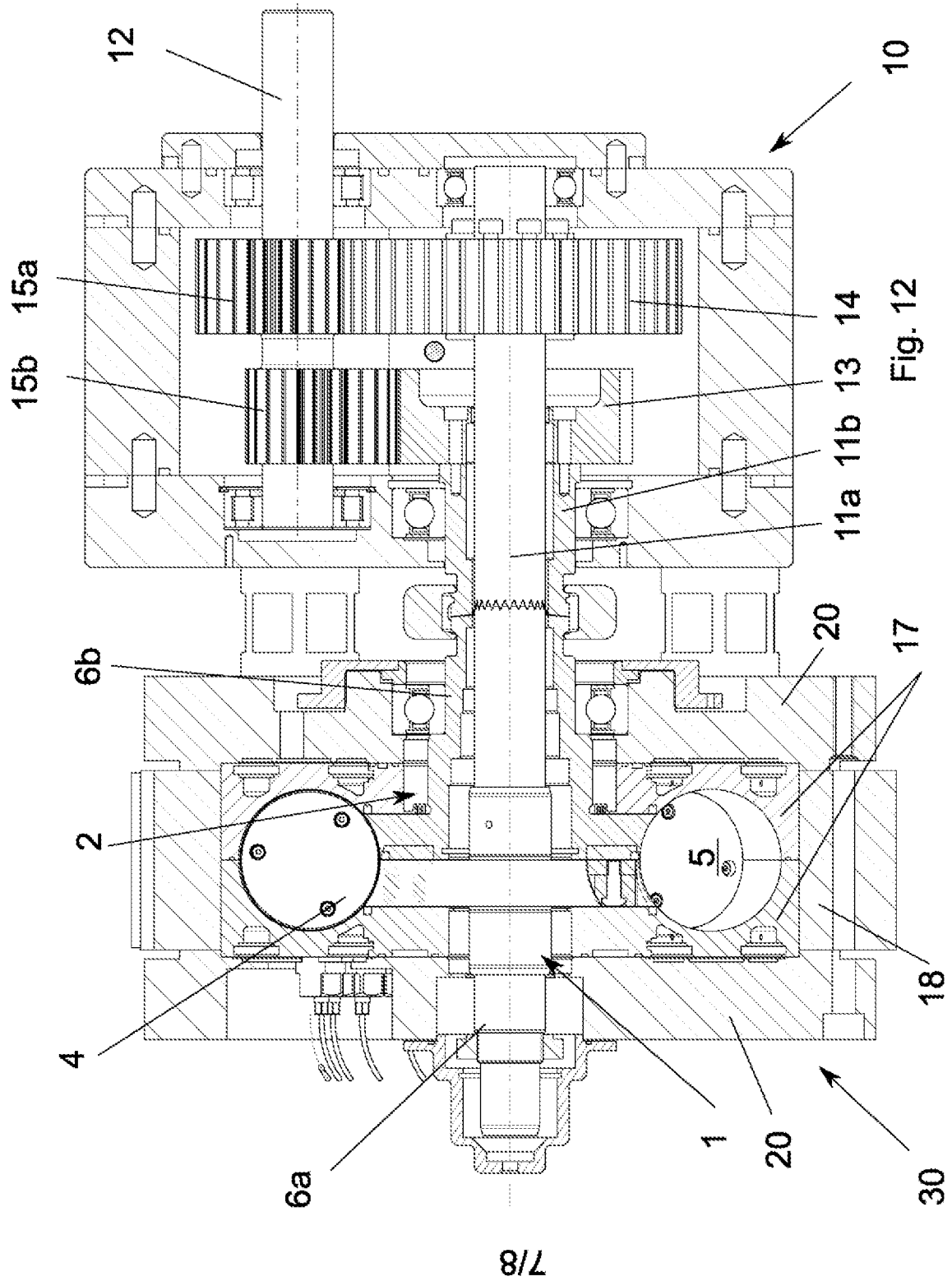
3/8











8/8

