

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 993/2011  
(22) Anmeldetag: 07.07.2011  
(45) Veröffentlicht am: 15.10.2012

(51) Int. Cl. : **F01C 1/22** (2006.01)  
**G01P 3/00** (2006.01)

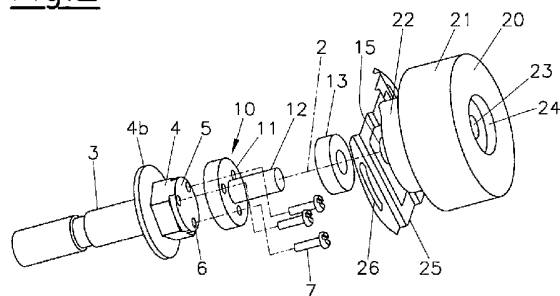
(56) Entgegenhaltungen:  
US 2006230824 A1

(73) Patentinhaber:  
AVL LIST GMBH  
8020 GRAZ (AT)  
(72) Erfinder:  
SIFFERLINGER BERNHARD DIPL.ING.  
GRAZ-LIEBENAU (AT)

### (54) ROTATIONSKOLBENMASCHINE

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Rotationskolbenmaschine (1), insbesondere Kreiskolbenmotor, mit einer Welle (3) und mit mindestens einem Rotationskolben, der die Welle antreibt, wobei die Rotationskolbenmaschine eine Kopplungseinrichtung aufweist, die mindestens ein Kopplungselement (13) aufweist, das so an der Welle angeordnet ist, dass die Drehbewegung der Welle auf das Kopplungselement übertragbar ist und dass durch diese Drehbewegung des Kopplungselements ein Sensorelement (15) drehbar ist, das der Messung eines Rotationsparameters der Welle dient. Um eine zuverlässige Messung der Drehzahl und/oder des Drehwinkels der Welle zu ermöglichen, ist vorgesehen, dass das Kopplungselement ein Isolationselement oder -abschnitt aufweist, so dass dieses eine zumindest teilweise thermische Entkopplung des Sensorelements von der Welle bewirkt.

Fig.2



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Rotationskolbenmaschine, insbesondere Kreiskolbenmotor, mit einer Welle und mit mindestens einem Rotationskolben, der die Welle antreibt, wobei die Rotationskolbenmaschine eine Kopplungseinrichtung aufweist, die mindestens ein Kopplungselement aufweist, das so an der Welle angeordnet ist, dass die Drehbewegung der Welle auf das Kopplungselement übertragbar ist und dass durch diese Drehbewegung des Kopplungselements ein Sensorelement drehbar ist, das der Messung eines Rotationsparameters der Welle dient.

**[0002]** Im Folgenden wird die Erfindung unter Bezug auf einen Kreiskolbenmotor beschrieben, bei dem ein im Wesentlichen dreieckförmiger Rotationskolben auf einer im Motorgehäuse angeordneten Exzenterwelle umläuft. Die Erfindung ist aber auch bei einem Kreiskolbenmotor mit zwei, vier oder mehr Kolbenecken anwendbar und kann generell auch bei Rotationskolbenmaschinen, die einen im Motorgehäuse zentrisch umlaufenden Rotationskolben aufweisen, verwendet werden. Ferner kann die Erfindung auch bei Rotationskolbenmaschinen mit zwei, drei oder mehr nebeneinander angeordneten Rotationskolben eingesetzt werden.

**[0003]** Die vorliegende Erfindung ist vorzugsweise in Kraftfahrzeugen sowie in Zusammenhang mit einem Stromerzeugungsaggregat einsetzbar, welches insbesondere für den Einsatz als sogenannter Range-Extender bei elektrisch betriebenen Kraftfahrzeugen geeignet ist.

**[0004]** Bei Kraftfahrzeugen mit Elektroantrieb und Range-Extender wird die Brennkraftmaschine des Range-Extenders in der Regel während der Fahrt ohne unmittelbare Einwirkung des Fahrers, insbesondere in Abhängigkeit vom Ladezustand der Batterie des Elektroantriebs, gestartet und abgestellt. Im Gegensatz zu Kraftfahrzeugen mit einem reinen Brennkraftmaschinenantrieb wird die Brennkraftmaschine des Range-Extenders in solchen Kraftfahrzeugen nicht kontinuierlich sondern nur zeitweise betrieben und hat in der Regel längere Stillstandzeiten.

**[0005]** Beim Starten und Abstellen der Brennkraftmaschine des Range-Extenders ist es von Bedeutung, dass die Exzenterwelle und mit ihr der Rotationskolben eine definierte Drehstellung haben, um so einen zuverlässigen Start bzw. eine vorteilhafte Haltestellung zu erreichen. Darüber hinaus kann es wünschenswert sein, die Drehzahl und gegebenenfalls deren Schwankungen während des Betriebs der Brennkraftmaschine zu erfassen. Zu diesen Zwecken wird z.B. ein an die Welle der Rotationskolbenmaschine gekoppelter Sensor, insbesondere ein Drehzahlsensor und/oder Drehwinkelsensor verwendet, der die gewünschten Parameter misst. Die Kopplung zwischen Welle und Sensor erfordert eine Kopplungseinrichtung.

**[0006]** Es können verschiedene Arten von Sensoren verwendet werden, in denen jeweils unterschiedliche Messprinzipien zum Einsatz kommen. Grundsätzlich ist eine Wechselwirkung zwischen einem Sensorelement, das mit der Welle rotiert, und einer Messeinrichtung erforderlich, um Bewegungsparameter zu messen, insbesondere Rotationsparameter, welche die Rotation charakterisieren. Rotationsparameter können z.B. die Änderung der Drehzahl oder des Drehwinkels oder deren Absolutwerte, oder Vibrationen bei der Rotation sein. Die Wechselwirkung kann eine physikalische Kontaktierung des Sensorelements erfordern oder kann kontaktfrei sein. Die Wechselwirkung kann z.B. optische oder optoelektronische Effekte verwenden, kann auf dem Halleffekt beruhen oder z.B. auch auf induktiver Schwingkreiskopplung. Dazu weist die Messeinrichtung und optional auch das Sensorelement eine geeignete Ausgestaltung auf, insbesondere optische und/oder elektrische Emitter und Empfänger und/oder elektrische Schaltkreise.

**[0007]** Damit die Wechselwirkung planmäßig und zuverlässig zur Messung eingesetzt werden kann, müssen die entsprechenden zulässigen Betriebsparameter bzw. Umgebungsparameter der Messeinrichtung, insbesondere der Rotationssensoreinrichtung, eingehalten werden. Bei einem Rotationskolbenmaschine, insbesondere einem Wankelmotor, besteht das Problem insbesondere darin, dass die in der Rotationskolbenmaschine erzeugte Wärme über die Welle der Rotationskolbenmaschine in Richtung des Sensorelementes weitergeleitet wird, was zu einer Temperaturerhöhung an der Rotationssensoreinrichtung führen kann. Die so auf das

Sensorelement oder die Rotationssensoreinrichtung übertragende Wärme kann in bestimmten extremen Betriebssituationen der Rotationskolbenmaschine zu fehlerhaften Messungen der Rotationssensoreinrichtung führen, was wiederum die Funktion der Rotationskolbenmaschine beeinträchtigen kann. Ferner können Messfehler auch entstehen, wenn mechanische Schwingungen, die durch die sich ständig ändernden Druckverhältnisse in den Brennkammern der Rotationskolbenmaschine erzeugt werden, auf das Sensorelement oder die Rotationssensoreinrichtung übertragen werden. Grundsätzlich ist es erforderlich, den zuverlässigen Betrieb der Messeinrichtung zu ermöglichen.

**[0008]** Die US 2006/0 230 824 A1 offenbart eine verbesserte Sensoreinheit für eine Drehwelle, welche durch einen Motor oder anderes betätigt wird. Motoren gemäß der US 2006/0 230 824 A1 sind hydraulische Motoren oder andere Einheiten, welche einen drehbaren Ausgang haben. Insbesondere bezieht sich die US 2006/0 230 824 A1 auf eine Gerotor-Druckvorrichtung, also eine Pumpvorrichtung. Ein Kopplungselement, das ein Isolationselement oder einen Isolationsabschnitt aufweist, so dass dieses eine teilweise thermische Entkopplung eines Sensorelementes von einer Welle bewirkt, wird durch die Veröffentlichung nicht geoffenbart.

**[0009]** Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Rotationskolbenmaschine mit einer rotierenden Welle anzugeben, die eine zuverlässigere Messung des Absolutwertes oder der Änderungen der Drehzahl und/oder des Drehwinkels der Welle ermöglicht.

**[0010]** Diese Aufgabe wird durch eine Rotationskolbenmaschine gemäß Anspruch 1 gelöst. Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sind insbesondere Gegenstände der Unteransprüche.

**[0011]** Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass das Kopplungselement ein Isolationselement oder -abschnitt aufweist, so dass dieses eine zumindest teilweise thermische Entkopplung des Sensorelements von der Welle bewirkt.

**[0012]** Durch das Bereitstellen des Kopplungselements an der Welle wird das Sensorelement, dass vorzugsweise einer Sensoreinrichtung, insbesondere Rotationssensoreinrichtung oder Bewegungs- oder Schwingungsmesseinrichtung, zugeordnet ist, von der Welle der Rotationskolbenmaschine thermisch entkoppelt, so dass der Wärmefluss von der Welle zum Sensorelement zumindest an den Übergangsstellen zum Kopplungselement gestört oder blockiert wird. Das Kopplungselement dient so insbesondere der thermischen Entkopplung des Sensorelements von der Welle.

**[0013]** Bewegungsparameter charakterisieren die Bewegung der Welle. Es kann sich z.B. um eine Geschwindigkeit oder eine Beschleunigung handeln, die jeweils zeitabhängig sein können. Die Bewegung kann in axialer oder radialer Richtung zur Wellenachse oder in einer anderen Richtung erfolgen und kann insbesondere eine Schwingung oder eine Vibration sein. Rotationsparameter charakterisieren die Rotation der Welle, insbesondere die Änderung der Drehzahl und/oder des Drehwinkels und/oder deren jeweiligen Absolutwert, und/oder Schwingungen, z.B. Vibrationen der Welle entlang der Drehrichtung der Welle. Die Welle ist vorzugsweise eine Abtriebswelle, insbesondere zum Antreiben eines elektromechanischen Energiewandlers. Es ist aber auch möglich und bevorzugt, dass die Welle eine Antriebswelle ist, insbesondere wenn es sich bei der Rotationskolbenmaschine um eine Pumpe handelt.

**[0014]** Das Kopplungselement ist vorzugsweise so an der Welle angeordnet, dass die Drehbewegung der Welle auf das Kopplungselement übertragbar ist, und dass durch diese Drehbewegung des Kopplungselements ein Sensorelement beeinflussbar, insbesondere drehbar ist, insbesondere mit derselben Drehgeschwindigkeit wie das Kopplungselement.

**[0015]** Das Kopplungselement kann insbesondere zur Dämpfung und/oder Isolation von Schwingungen, z.B. Vibrationen, ausgebildet sein, die von der Welle auf das Kopplungselement wirken. Dazu kann das Kopplungselement einen Dämpferabschnitt zum Dämpfen von mechanischen Schwingungen aufweisen, der insbesondere ein Federelement oder einen elastischen Abschnitt des Kopplungselements aufweisen kann, der sich insbesondere axial erstrecken kann.

**[0016]** So wird erreicht, dass die Sensoreinrichtung, insbesondere Rotationssensoreinrichtung hinsichtlich bestimmter möglicher Störparameter (z.B. Vibrationen oder Temperatur) stets unter bestimmungsgemäßen bzw. spezifikationsgemäßen Bedingungen betrieben wird. Auf diese Weise wird die Zuverlässigkeit der Sensoreinrichtung, insbesondere Rotationssensoreinrichtung, bzw. der Rotationskolbenmaschine erhöht.

**[0017]** Das Sensorelement ist vorzugsweise zur Wechselwirkung mit der Sensoreinrichtung, insbesondere Rotationssensoreinrichtung, ausgebildet. Vorzugsweise weist das Sensorelement einen Befestigungsabschnitt auf, mit dem das Sensorelement mittels einer Verbindungseinrichtung mit dem Kopplungselement verbindbar ist oder verbunden ist. Ferner weist das Sensorelement vorzugsweise einen Wechselwirkungsabschnitt auf, welcher der Wechselwirkung mit der Rotationssensoreinrichtung dient, um mindestens einen Rotationsparameter der Welle zu bestimmen. Der Wechselwirkungsabschnitt kann eine Oberfläche aufweisen, die für eine optische Abtastung ausgestaltet ist, um z.B. durch eine drehwinkelabhängige Wechselwirkung, zum Beispiel Reflexion, mit Licht eine Information über den Drehwinkel des Sensorelementes und/oder der Welle zu geben. Ferner kann der Wechselwirkungsabschnitt mindestens eine abtastbare Markierung aufweisen, die optisch detektierbar sein kann oder die magnetisch sein kann.

**[0018]** Das Kopplungselement ist vorzugsweise in Bezug auf die Wellenachse rotationsfest mit der Welle verbunden, so dass die Rotation der Welle um einen Drehwinkel  $\alpha$  dieselbe Rotation des Kopplungselementes um den Drehwinkel  $\alpha$  bewirkt. Es ist möglich, dass das Kopplungselemente in axialer Richtung der Wellenachse unbeweglich mit der Welle verbunden ist oder in axialer Richtung beweglich mit der Wellenachse verbunden ist. Eine gewisse Axialbeweglichkeit erlaubt insbesondere eine Dämpfung von Vibrationen in axialer Richtung. Die Axialbeweglichkeit kann bei Bedarf mittels eines Federelements bzw. eines sich axial erstreckenden elastischen Abschnitts des Kopplungselements erzielt werden. Das Kopplungselement ist vorzugsweise unbeweglich mit der Welle verbunden.

**[0019]** Das Kopplungselement ist vorzugsweise kraftschlüssig und/oder formschlüssig und/oder stoffschlüssig mit der Welle verbunden. Es kann auch integral mit der Welle ausgebildet sein, insofern es für eine ausreichende energetische Entkopplung ausgebildet ist, die einen zuverlässigen Betrieb der Sensoreinrichtung, insbesondere Rotationssensoreinrichtung ermöglicht. Dies kann insbesondere durch Maßnahmen zur passiven Kühlung des Kopplungselements erreicht werden, wie noch beschrieben wird. Das Kopplungselement kann mehrere Bestandteile aufweisen, die lösbar oder unlösbar, d.h. nicht zerstörungsfrei lösbar, miteinander verbunden sein können. Vorzugsweise ist das Kopplungselement einstückig (integral) ausgebildet.

**[0020]** Das Kopplungselement weist vorzugsweise mindestens einen Isolationsabschnitt auf oder ein Isolationselement oder ist vorzugsweise ein Isolationselement, welches das Sensorelement teilweise oder im wesentlichen vollständig gegen die Schwingungen/Vibrationen der Welle isoliert und/oder welches das Sensorelement thermisch von der Welle isoliert. Ferner kann der Isolationsabschnitt oder das Isolationselement zur elektrischen Isolation ausgebildet sein, um die Welle und das Sensorelement (bzw. Sensoreinrichtung, insbesondere die Rotationssensoreinrichtung) elektrisch voneinander zu isolieren. Auf diese Weisen kann z.B. eine empfindliche Elektronik der Sensoreinrichtung, insbesondere Rotationssensoreinrichtung geschützt werden.

**[0021]** Das Kopplungselement ist vorzugsweise als thermisches Isolationselement ausgestaltet, um der teilweisen oder im wesentlichen vollständigen thermischen Entkopplung der Sensoreinrichtung, insbesondere Rotationssensoreinrichtung von der Welle zu dienen. Auf diese Weise kann insbesondere eine diffusive Wärmeleitung von der Welle zur Sensoreinrichtung, insbesondere Rotationssensoreinrichtung reduziert oder blockiert werden. Das Kopplungselement weist vorzugsweise mindestens einen Abschnitt auf, der ein thermisch isolierendes Material aufweist. Insbesondere in diesem Fall können andere Abschnitte des Kopplungselements vorgesehen sein, die (auch) eine andere Funktion als die des Wärme Isolators haben. Das Kopplungselement kann ferner mindestens einen Abschnitt aufweisen, der aus einem ein thermisch

isolierendes Material besteht. Es ist ferner möglich und bevorzugt, dass das Kopplungselement im wesentlichen vollständig aus einem thermisch isolierendes Material besteht. Dadurch kann das Kopplungselement insbesondere kompakt dimensioniert werden, da dann sein gesamtes Volumen der diffusen Wärmeleitung entgegenwirkt.

**[0022]** Um eine ausreichende thermische Entkopplung zu erreichen, kann das Kopplungselement mindestens einen Wärmetauscherabschnitt aufweisen. Dieser kann eine oder mehrere Aussparungen, Vertiefungen, Öffnungen, Vorsprünge, Lamellen oder andere Oberflächenstrukturen aufweisen, welche insbesondere die Oberfläche des Kopplungselements bzw. des Wärmetauscherabschnitts vergrößert, die durch ein Kühlfluid aktiv oder passiv, z.B. durch die Umgebungsluft, gekühlt wird, insbesondere durch die Rotation des Kopplungselements selbst. Der Wärmetauscherabschnitt kann das Material des thermisch isolierenden Materials des Kopplungselements aufweisen (oder daraus bestehen) oder kann ein Material höherer Leitfähigkeit aufweisen, z.B. das Material der Welle, oder ein Material, das eine Wärmeleitfähigkeit größer als jeweils vorzugsweise  $\lambda_K = 5, 10, 15, 20, 25, 40, 50 \text{ W/(m}^*\text{K)}$  aufweisen, da bei größeren Werten für  $\lambda_K$  eine Kühlung leichter ist.

**[0023]** Die Kopplungseinrichtung oder das Kopplungselement kann einen Unwuchsabschnitt aufweisen, mittels dem eine mögliche Umwucht der rotierenden Welle der Rotationskolbenmaschine ausgeglichen wird. Ein solcher Unwuchsabschnitt ist insbesondere so ausgestaltet, dass eine Masse bezüglich der Wellenachse nicht rotationssymmetrisch verteilt ist. Der Unwuchsabschnitt kann ein oder mehrere verstellbar mit dem Unwuchsabschnitt verbundene Masselemente aufweisen, mittels denen das Ausmaß der Unwucht justiert werden kann.

**[0024]** Die Welle weist vorzugsweise einen ersten Wellenverbindungsabschnitt auf, mit dem die Welle mit dem Kopplungselement verbunden ist. Der erste Wellenverbindungsabschnitt weist vorzugsweise eine zumindest teilweise im wesentlichen planare Kontaktfläche zum Kontakt mit dem Kopplungselement auf, deren Normale vorzugsweise die Wellenachse ist. Die Kontaktfläche verbessert die Stütze des Kopplungselements an der Welle. Der erste Wellenverbindungsabschnitt weist vorzugsweise mindestens einen oder mindestens drei Befestigungspunkte auf, die in der Kontaktfläche liegen können, und an denen die entsprechenden Befestigungsabschnitte des Kopplungselements gelagert und befestigt werden können. An den drei Befestigungspunkten des ersten Wellenverbindungsabschnitts können Bohrungen vorgesehen sein, in denen jeweils ein Innengewinde vorgesehen ist, um das Kopplungselement mit einer Schraube am ersten Wellenverbindungsabschnitts befestigen zu können. Zwischen den Befestigungspunkten kann der erste Wellenverbindungsabschnitt Aussparungen oder Vertiefungen aufweisen, um den Kontakt mit dem Kopplungselemente und die diffusive Wärmeleitung zu reduzieren.

**[0025]** Vorzugsweise weisen der erste Wellenverbindungsabschnitt und das Kopplungselement im wesentlichen unterschiedliche Materialien auf oder bestehen im wesentlichen jeweils vollständig aus einem anderen Material. Dadurch kann der Wärmefluss zwischen der Welle und Entkopplungselement beeinflusst werden.

**[0026]** Das thermisch isolierende Material des Kopplungselements weist vorzugsweise eine Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_K < 15 \text{ W/(m}^*\text{K)}$  auf. Damit liegt die Wärmeleitfähigkeit des Kopplungselementes vorzugsweise unter jener der meisten für das Material der Welle verwendeten Materialien, insbesondere Metalle und Metalllegierungen, wodurch die diffusive Wärmeleitung effektiv reduziert wird. Vorzugsweise weist das thermisch isolierende Material des Kopplungselements eine Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_K$  auf, die um mindestens einen Faktor  $c=10$  kleiner ist als die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_w$  des Materials des ersten Wellenverbindungsabschnitts, so dass  $\lambda_w > 10 \cdot \lambda_K$ . Auf diese Weise wird für die meisten Betriebszustände der Rotationskolbenmaschine eine ausreichende Blockade des Wärmeflusses von der Welle zur Sensoreinrichtung, insbesondere Rotationsensoreinrichtung erreicht. Es ist ferner möglich und bevorzugt, dass das thermisch isolierende Material des Kopplungselements eine Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_K$  aufweist, die um mindestens einen Faktor  $c=100$  kleiner ist als die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_w$  des Materials des ersten Wellenverbindungsabschnitts. Auf diese Weise wird insbesondere für die meisten Betriebszustände der

Rotationskolbenmaschine eines Range-Extenders eines elektrisch betriebenen Kraftfahrzeugs eine sichere Reduzierung des Wärmeflusses von der Welle zur Sensoreinrichtung, insbesondere Rotationssensoreinrichtung erreicht. Andere, jeweils bevorzugte Werte für  $c$  sind  $c = 2, 5, 25, 50, 75, 200, 1000$ , je nach konkreter Anforderung, um einen sicheren Betrieb einer bestimmten Rotationskolbenmaschine zu gewährleisten.

**[0027]** Vorzugsweise ist das thermisch isolierende Material des Kopplungselements ein Kunststoff, insbesondere ein gieß- oder spritzbarer Kunststoff, was eine einfache Herstellung ermöglicht. Es eignen sich zum Beispiel verschiedene duroplastische oder thermoplastische Kunststoffe bzw. -gemische, beispielsweise Propylenpolymere bzw. -copolymere, die nach ihrer Ausformung bzw. Härtung ausreichende Formstabilität und mechanische Festigkeit besitzen. Die meisten Kunststoffe weisen eine Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda_K < 0,5 \text{ W/(m}^*\text{K)}$  auf, was insbesondere für die meisten Betriebszustände der Rotationskolbenmaschine eines Range-Extenders eines elektrisch betriebenen Kraftfahrzeugs eine sichere Reduzierung des Wärmeflusses von der Welle zur Sensoreinrichtung, insbesondere Rotationssensoreinrichtung bewirkt.

**[0028]** Vorzugsweise ist das thermisch isolierende Material des Kopplungselements ein faserverstärkter Kunststoff, was eine besonders gute mechanische (Langzeit-)Stabilität und eine geringe Masse des Kopplungselements und eine ausreichende Reduzierung der Wärmeleitung bewirkt. Eine geringe Masse ist vorteilhaft, da die Kopplungseinrichtung mit der Welle beschleunigt werden muss, was Energie verbraucht und die beschleunigten Strukturen verschleißt.

**[0029]** Das ist ferner möglich und bevorzugt, dass das thermisch isolierende Material des Kopplungselements eine Industriekeramik oder eine faserverstärkte Industriekeramik ist, die insbesondere eine Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda_K < 3 \text{ W/(m}^*\text{K)}$  aufweist, was eine besonders gute mechanische (Langzeit-)Stabilität und eine geringe Masse des Kopplungselements und eine ausreichende Reduzierung der Wärmeleitung bewirkt.

**[0030]** Das Kopplungselement weist vorzugsweise einen Axiallängsabschnitt, insbesondere Stiftabschnitt, auf und weist vorzugsweise einen zweiten Wellenverbindungsabschnitt aufweist, mit dem das Kopplungselement mit einem ersten Wellenverbindungsabschnitt der Welle verbunden ist. Der zweite Wellenverbindungsabschnitt kann als Flanschabschnitt des Kopplungselements ausgebildet sein und/oder als Steckerabschnitt, insbesondere als in axialer Richtung offener Hohlkörper, insbesondere Hohlzylinder, in den der erste Wellenverbindungsabschnitt beziehungsweise die Welle eingreift. Der zweite Wellenverbindungsabschnitt kann mindestens einen oder mindestens drei Befestigungsabschnitte aufweisen, die insbesondere Öffnungen oder Aussparungen sein können, mit denen der zweite Wellenverbindungsabschnitt z.B. mittels Schrauben am ersten Wellenverbindungsabschnitt befestigt werden kann. Durch die mindestens drei Befestigungspunkte und/oder mindestens drei Befestigungsabschnitte kann eine sichere räumliche Fixierung des Kopplungselements an der Welle erreicht werden.

**[0031]** Vorzugsweise ist das Kopplungselement rotationssymmetrisch zur Wellenachse ausgebildet und vorzugsweise konzentrisch zur Wellenachse angeordnet. Auf diese Weise kann die Erzeugung einer unerwünschten Unwucht verhindert werden.

**[0032]** Die Kopplungseinrichtung weist vorzugsweise ferner eine Verbindungseinrichtung, insbesondere aufweisend ein Verbindungselement, auf, mittels dem das Sensorelement mit dem Kopplungselement verbindbar ist. Auf diese Weise wird eine weitere Entkopplung von Kopplungselement (bzw. Welle) und Sensoreinrichtung, insbesondere Rotationssensoreinrichtung, erreicht. Das Verbindungselement ist vorzugsweise ein Stellringelement, insbesondere Stellring, der z.B. mittels Madenschrauben das Sensorelement kraftschlüssig am Kopplungselement befestigt bzw. festklemmt. Durch Verwendung eines Stellringelements kann die Kontaktfläche zwischen Kopplungselement und Stellring beziehungsweise Kopplungselement und Sensorelement besonders klein ausgebildet werden, so dass die Wärmeleitung weiter reduziert wird. Ferner kann die Sensoreinrichtung, insbesondere Rotationssensoreinrichtung auf diese Weise leicht ausgewechselt werden.

**[0033]** Vorzugsweise weist dieses Verbindungselement ein thermisch isolierendes Material auf oder besteht im wesentlichen vollständig aus einem solchen Material, insbesondere aus dem selben thermisch isolierende Material des Kopplungselements, wobei dieses Material vorzugsweise eine geringere Wärmeleitfähigkeit aufweist als  $15 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ . Dadurch wird die Wärmeisolierung zwischen Welle und Sensoreinrichtung, insbesondere Rotationssensoreinrichtung weiter verbessert. Das Verbindungselement, insbesondere das Stellringelement, weist vorzugsweise einen durchschnittlichen (Außen-)Durchmesser  $D_v$  in radialer Richtung zur Wellenachse auf, der vorzugsweise mindestens so groß ist wie  $e \cdot D_R$ , wobei  $D_R$  der durchschnittliche (Außen-)Durchmesser des Sensorelements ist und  $e$  ein Faktor, wobei jeweils vorzugsweise  $e = 0,75; 1; 1,5; 2; 2,5; 5; 10$ . Durch die Ausdehnung des Verbindungselements in radialer Richtung wird das Sensorelement beziehungsweise die Sensoreinrichtung, insbesondere die Rotations-sensoreinrichtung gegen die Restwärmestrahlung abgeschirmt, die vom Kopplungselement ausgeht.

**[0034]** Es ist ferner möglich und bevorzugt, dass die Kopplungseinrichtung ferner ein sich in radialer Richtung der Wellenachse erstreckendes, insbesondere scheibenförmiges, Abschirmelement aufweist, mit dem ein sich in axialer Richtung der Wellenachse an das Kopplungselement anschließender Bereich gegen die Wärmestrahlung abgeschirmt wird, welche die Rotationskolbenmaschine abstrahlt. Das Abschirmelement weist vorzugsweise einen durchschnittlichen Durchmesser  $D_A$  in radialer Richtung zur Wellenachse auf, der vorzugsweise mindestens so groß ist wie  $e \cdot D_R$ , wobei  $D_R$  der durchschnittliche Durchmesser des Sensorelements ist und  $e$  ein Faktor, wobei jeweils vorzugsweise  $e = 0,75; 1; 1,5; 2; 2,5; 5; 10$ . Durch die Ausdehnung des Abschirmelements in radialer Richtung wird das Sensorelement beziehungsweise die Sensoreinrichtung, insbesondere Rotationssensoreinrichtung gegen die Restwärmestrahlung abgeschirmt, die vom Kopplungselement ausgeht.

**[0035]** Die Rotationskolbenmaschine weist ferner vorzugsweise ein Sensorelement und vorzugsweise eine Sensoreinrichtung, insbesondere Rotationssensoreinrichtung auf, die mit dem Sensorelement Wechsel wirkt, um mindestens einen Bewegungsparameter, insbesondere Rotationsparameter zu messen.

**[0036]** Die Rotationskolbenmaschine weist ferner vorzugsweise mindestens einen Gehäuseabschnitt auf, der einen Innenbereich der Rotationskolbenmaschine zumindest teilweise nach außen abschirmt. Dieser Gehäuseabschnitt weist eine Öffnung auf, durch die die Wellenachse der Rotationskolbenmaschine aus dem Inneren nach außen tritt. Vorzugsweise ist die Welle im wesentlichen im Inneren der Rotationskolbenmaschine angeordnet, vorzugsweise ebenso der erste Wellenverbindungsabschnitt. Die Öffnung ist vorzugsweise kreisförmig und weist einen durchschnittlichen Durchmesser  $D_O$  auf.

**[0037]** Es ist besonders bevorzugt, dass das Kopplungselement als Wellenverlängerungselement ausgebildet ist und insbesondere so angeordnet ist, dass es sowohl innerhalb als auch außerhalb des Inneren der Rotationskolbenmaschine, also diesseits und jenseits des Gehäuseabschnitts, angeordnet ist, und insbesondere durch die Öffnung des Gehäuseabschnittes hervorsteht, vorzugsweise ohne das Gehäuse zu berühren, insbesondere mit einem Luftspalt zum Gehäuse, um Kontakt und diffusive Wärmeleitung zu verhindern. Es ist aber auch möglich und bevorzugt, dass das Kopplungselement die Öffnung des Gehäuseabschnitts vorzugsweise im wesentlichen ausfüllt, wobei ein ausreichendes Spiel oder eine Lagerung, insbesondere eine Gleit- oder Wälzlagerung, des Kopplungsabschnitts am Gehäuseabschnitt vorgesehen ist, um die reibungsarme oder reibungsfreie Rotation des Kopplungselements in dieser Öffnung ermöglichen. Ebenso ist bevorzugt, dass das Kopplungselement, oder der zweite Wellenverbindungsabschnitt, einen Flanschabschnitt aufweist, der im wesentlichen kreisscheibenförmig ist und in radialer Richtung einen Durchmesser  $D_{RM}$  aufweist, der insbesondere dem maximalen Durchmesser des Kopplungselements in radialer Richtung entspricht. Vorzugsweise ist  $D_{RM}/D_O = 1$ , bei einer möglichen relativen Abweichung von bis zu z.B. 5%, 10%, 20%, so dass die Öffnung im wesentlichen vom zweiten Wellenverbindungsabschnitt des Kopplungselements abgeschirmt wird. Auf diese Weise wird jeweils besonders effektiv ein Wärmefluss aus dem Inneren der Rotationskolbenmaschine nach außen verhindert, da durch die vom Kopplungselement im

wesentlichen abgeschirmte oder geschlossene Öffnung im wesentlichen keine konvektive Wärmeleitung erfolgt oder Wärmestrahlung austritt. Vorzugsweise besteht zumindest der Abschnitt des Kopplungselements, der die Öffnung im wesentlichen verschließt, aus einem Material mit geringer thermischer Leitfähigkeit, wie beschrieben.

**[0038]** Die Erfindung betrifft ferner ein Stromerzeugungsaggregat, insbesondere Range-Extender für ein elektrisch betriebenes Kraftfahrzeug, das eine erfindungsgemäße Rotationskolbenmaschine und ferner einen elektromechanischen Energiewandler aufweist.

**[0039]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind der Rotationskolben der Rotationskolbenmaschine und/oder die Welle, insbesondere die Exzenterwelle (direkt oder mittelbar) mit einem elektromechanischen Energiewandler gekoppelt. Bei dieser Konstruktion kann der elektromechanische Energiewandler dazu genutzt werden, nach dem Abstellen der Rotationskolbenmaschine den Rotationskolben bzw. die Exzenterwelle zu drehen. Bei dem elektromechanischen Energiewandler handelt es sich zum Beispiel um einen Generator, der im Betrieb der Rotationskolbenmaschine die mechanische Energie der Exzenterwelle in elektrische Energie umwandelt, um diese dann zum Beispiel in einer elektrochemischen Energiespeichervorrichtung (Batterie, Akkumulator, etc.) zu speichern. Dieser Generator kann dann auch als Motor funktionieren, um aus der Energiespeichervorrichtung abgezogene elektrische Energie in eine Rotationsenergie für die Exzenterwelle umzuwandeln.

**[0040]** Weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung in Zusammenhang mit den Figuren. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen im wesentlichen gleiche Bauteile der Vorrichtung. Es zeigen:

- [0041]** Fig. 1 einen Ausschnitt der perspektivischen Ansicht eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Rotationskolbenmaschine, nämlich eines Kreiskolbenmotors;
- [0042]** Fig. 2 eine Explosionsansicht der Welle, Kopplungseinrichtung und Rotationssensoreinrichtung der Rotationskolbenmaschine aus Fig. 1;
- [0043]** Fig. 3 eine Explosionsansicht der Kopplungseinrichtung und Rotationssensoreinrichtung der Rotationskolbenmaschine aus Fig. 1;
- [0044]** Fig. 4a einen Ausschnitt eines vertikalen Querschnitts durch die Rotationskolbenmaschine aus Fig. 1 entlang der Wellenachse;
- [0045]** Fig. 4b einen Detailausschnitt des vertikalen Querschnitts aus Fig. 4a, der insbesondere die Anordnung der Kopplungseinrichtung in Bezug auf das Gehäuse der Rotationskolbenmaschine aus Fig. 1 zeigt.

**[0046]** Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt der perspektivischen Ansicht einer erfindungsgemäßen Rotationskolbenmaschine 1, gemäß einem Ausführungsbeispiel. Bei der Rotationskolbenmaschine handelt es sich um einen Kreiskolbenmotor, bei dem ein im Wesentlichen dreieckförmiger Rotationskolben auf einer im Motorgehäuse 30 angeordneten Exzenterwelle (nachfolgend bezeichnet als „Welle“) umläuft. Fig. 1 zeigt nur einen Ausschnitt des Motorgehäuses 30.

**[0047]** Das Motorgehäuse weist eine kreisförmige Öffnung 31 auf, durch welche das konzentrisch zur Wellenachse 2 angeordnete Kopplungselement (nicht sichtbar) als fest mit der Welle 3 (nicht sichtbar) verbundene Verlängerung der Welle 3 nach außen tritt. In Fig. 1 gezeigt ist ferner die als Drehwinkel- und Drehzahlsensor ausgebildete Rotationssensoreinrichtung 20, die Gehäuseabschnitte 21 und 22 aufweist. Sichtbar ist ferner ein durch eine hohlzylinderförmige Vertiefung 24 des Gehäuseabschnitts 21 versenkt angeordnetes Befestigungsmittel 17 des Sensorelements 15, wobei das Befestigungsmittel 17 und das Sensorelement 15 relativ zum Kopplungselement 10 (kaum sichtbar) fest und unbeweglich mit diesem verbunden sind. Durch das Befestigungsmittel 17 (Schraube mit Klemmhülse, nicht gezeigt) wird ein Wechselwirkungsabschnitt (nicht gezeigt) des Sensorelements 15 mit dessen Hülsenabschnitt 18 verbunden, was die Montage bzw. das Auswechseln der Rotationssensoreinrichtung an der Rotationskolbenmaschine vereinfacht. Das Befestigungsmittel 17 schirmt ferner die Öffnung 23 in der



Sensoreinrichtung 20 nach außen ab und schließt diese im wesentlichen.

**[0048]** Das Gehäuse 21, 22 der Rotationssensoreinrichtung 20 ist unbeweglich, aber lösbar, mit dem Gehäuse 30 der Rotationskolbenmaschine 1 verbunden. Die Rotationssensoreinrichtung 20 ist in Höhe ihrer zwei radialen Vorsprünge 27 des Gehäuseabschnitts 22 fest mit einem Rahmenblech 25 verschraubt, das wiederum fest mit dem Gehäuse 30 der Rotationskolbenmaschine 1 verschraubt ist. Über die zwei entlang einem Abstandsradius zur Wellenachse 2 gekrümmten Langlöcher 26 ist es möglich, die Lage des Drehwinkelsensors 20 bezüglich der mit der Welle verbundenen Rotationskolben manuell zu kalibrieren.

**[0049]** Fig. 2 zeigt eine Explosionsansicht der Bauteile Welle 2, Kopplungseinrichtung und Rotationssensoreinrichtung 20 der Rotationskolbenmaschine 1. Die Welle 3 ist nur teilweise dargestellt. Sie mündet axial nach außen in einem ersten Wellenverbindungsabschnitt 4, der einen kreisscheibenförmigen Flanschabschnitt 4b aufweist, mit dem ein Innenraum der Rotationskolbenmaschine 1 axial nach außen abgeschirmt wird. Die Kopplungseinrichtung besteht aus dem Kopplungselement 10, den drei Schrauben 7, dem Stellring 13 und zwei Madenschrauben (nicht gezeigt).

**[0050]** Fig. 3 zeigt eine Explosionsansicht der Kopplungseinrichtung und Rotationssensoreinrichtung 20 der Rotationskolbenmaschine 1.

**[0051]** Fig. 4a zeigt einen Ausschnitt eines vertikalen Querschnitts durch die Rotationskolbenmaschine 1 entlang der Wellenachse 2. Fig. 4b zeigt einen Detailausschnitt des vertikalen Querschnitts aus Fig. 4a, der insbesondere die Anordnung der Kopplungseinrichtung in Bezug auf das Gehäuse der Rotationskolbenmaschine 1 zeigt. Nicht gezeigt ist in Fig. 4a und 4b jeweils das Sensorelement 15, 16, 17. Ferner ist der komplexe innere Aufbau der Sensoreinrichtung 20 nicht gezeigt.

**[0052]** Wie in Fig. 2 gezeigt, ist das Kopplungselement 10 fest und unbeweglich mit der Welle 3 verbindbar (bzw., in Fig. 1 und 4a, 4b: verbunden). Der erste Wellenverbindungsabschnitt 4 weist eine Kontaktfläche 5 auf, zu der die Wellenachse 2 senkrecht steht. Die Kontaktfläche 5 weist drei Bohrungen 6 auf, die äquidistant zueinander und in konstanten Abstand zur Wellenachse 2 angeordnet sind. Die Bohrungen 6 weisen jeweils ein Innengewinde auf, so dass das Kopplungselement 10 mittels der Schrauben 7 in den drei durch die Bohrungen definierten Befestigungspunkten an der Welle befestigbar ist. Dazu dient der hohlzylinderartige Flanschabschnitt 11 des Kopplungselementes 10, in den der im Querschnitt kreisförmige bzw. hexaederförmige erste Wellenverbindungsabschnitt im wesentlichen formschlüssig passend eingreift, wodurch zusätzlich eine Rotation des Kopplungselements gegenüber der Welle verhindert wird und die Positionierung des Kopplungselements an der Welle gesichert wird. Durch die Schrauben 7 wird die innenliegende Stirnseite des Flanschabschnitts 11 des Kopplungselementes fest an die Kontaktfläche 5 des ersten Wellenlängeabschnitts 4 gepresst, wodurch eine weitere Sicherung der Position des Kopplungselements 10 an der Welle 3 erfolgt. Die Kontaktfläche 5 kann (nicht gezeigt) Vertiefungen und/oder Aussparungen aufweisen, um die thermische Kopplung zwischen Welle und Kopplungselemente zu reduzieren.

**[0053]** Der Gehäuseabschnitt 30 schirmt einen Innenbereich der Rotationskolbenmaschine 1 nach außen ab, und weist eine Öffnung 31 auf, wobei das Kopplungselement bzw. der zweite Wellenverbindungsabschnitt 11, der hier als Kunststoffflansch ausgebildet ist, so angeordnet ist, dass er die Öffnung 31 in axialer Richtung der Wellenachse zu ca. 90% gegenüber dem ersten Wellenverbindungsabschnitt 4 der Welle 3 abschirmt (siehe Fig. 4a, 4b). Dadurch wird die Rotationssensoreinrichtung 20 bereits effektiv gegen eine Wärmeübertragung abgeschirmt.

**[0054]** Das Sensorelement 15, das der Rotationssensoreinrichtung 20 zugeordnet ist, ist mittels einer Verbindungseinrichtung mit dem Kopplungselement verbunden. Diese Verbindungseinrichtung besteht aus dem Verbindungselement 13, das ein Stellring ist, und Madenschrauben (nicht gezeigt), mit dem der Hülsenabschnitt 16 des Sensorelements 15 (axial und radial) am sich axial längs erstreckenden Stiftabschnitt 12 des Kopplungselements 10 fixiert ist. Dabei weisen die beiden Bohrungen 14, die sich von der Außenseite des Stellrings 13 nach radial

innen erstrecken, jeweils ein Innengewinde auf. Wenn der Stiftabschnitt 12 in den Hülsenabschnitt 16 formschlüssig eingreift und der Stellring 13 formschlüssig den Hülsenabschnitt 16 umgreifend und derart angeordnet ist, dass die Bohrungen 14 mit den Öffnungen 18 des Hülsenabschnitts fluchten, können die Madenschrauben versenkt werden, um gegen den Stiftabschnitt 12 zu pressen, wodurch eine Klemmwirkung erzeugt wird, die den Stellring, den Hülsenabschnitt und den Stiftabschnitt kraftschlüssig verbindet.

**[0055]** Es ist vorzugsweise vorgesehen, dass die Verbindungseinrichtung, insbesondere das Verbindungselement (hier: Stellring 13, mit Madenschrauben) und/oder das Kopplungselement so ausgebildet ist, dass im montierten Zustand des Sensorelements beziehungsweise im montierten Zustand der Rotationssensoreinrichtung bei Rotation um die Wellenachse keine Unwucht der Welle mit daran gekoppelter Kopplungseinrichtung und Sensorelement vorliegt.

**[0056]** Dies kann z.B. durch eine geeignete Verteilung der Masse der Verbindungseinrichtung um die Wellenachse erreicht werden.

**[0057]** Die Wellenachse 3 besteht aus Stahl, der eine Wärmeleitfähigkeit von ca. 55 W/(m\*K) aufweist. Dagegen bestehen das Kopplungselement 10 und der Stellring 13 aus einem Kunststoff, der eine Wärmeleitfähigkeit von ca. 0,5 W/(m\*K) aufweist. Auf diese Weise wirkt das Kopplungselement als thermisches Isolationselement, das den Wärmefluss von der Welle in Richtung der Rotationssensoreinrichtung effektiv verhindert. Die Rotationssensoreinrichtung ist auf diese Weise wirkungsvoll von der Welle thermisch entkoppelt, wodurch ein zuverlässiger Betrieb der Rotationskolbenmaschine gewährleistet ist.

## Patentansprüche

1. Rotationskolbenmaschine (1), insbesondere Kreiskolbenmotor, mit einer Welle (3) und mit mindestens einem Rotationskolben, der die Welle antreibt, wobei die Rotationskolbenmaschine eine Kopplungseinrichtung aufweist, die mindestens ein Kopplungselement (13) aufweist, das so an der Welle angeordnet ist, dass die Drehbewegung der Welle auf das Kopplungselement übertragbar ist und dass durch diese Drehbewegung des Kopplungselements ein Sensorelement (15) drehbar ist, das der Messung eines Rotationsparameters der Welle dient, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Kopplungselement ein Isolationselement oder -abschnitt aufweist, so dass dieses eine zumindest teilweise thermische Entkopplung des Sensorelements von der Welle bewirkt.
2. Rotationskolbenmaschine nach Anspruch 1, wobei das Kopplungselement so ausgestaltet ist, dass es eine Dämpfung von mechanischen Schwingungen bewirkt, die von der Welle auf das Kopplungselement wirken.
3. Rotationskolbenmaschine nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Welle einen ersten Wellenverbindungsabschnitt (4) aufweist, mittels dem die Welle mit dem Kopplungselement verbunden ist, wobei der Isolationsabschnitt des Kopplungselementes ein thermisch isolierendes Material aufweist, das eine geringere Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_K$  aufweist als 15 W/(m\*K) oder wobei das thermisch isolierende Material des Kopplungselements eine Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_K$  aufweist, die um mindestens einen Faktor  $c = 10$  kleiner ist als die Wärmeleitfähigkeit  $\lambda_w$  des Materials des Wellenverbindungsabschnitts.
4. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das thermisch isolierende Material ein Kunststoff ist.
5. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Kopplungseinrichtung ferner ein Verbindungselement aufweist, mittels dem das Sensorelement mit dem Kopplungselement (13) verbindbar ist und das vorzugsweise aus einem thermisch isolierenden Material besteht.
6. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, die einen Gehäuseabschnitt (30) aufweist, der einen Innenbereich und einen Außenbereich der Rotationskolbenmaschine trennt, und der eine Öffnung (31) aufweist, in der das Kopplungselement angeordnet ist und vorzugsweise nach außen hervorsteht.

7. Rotationskolbenmaschine nach Anspruch 1, wobei das Kopplungselement einen Flanschabschnitt aufweist, der die Öffnung im Gehäuseabschnitt (30) in axialer Richtung zumindest teilweise nach außen abschirmt.
8. Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, die ferner eine Sensoreinrichtung, insbesondere Rotationssensoreinrichtung (20) aufweist, die mit dem Kopplungselement verbunden ist.
9. Stromerzeugungsaggregat, insbesondere Range-Extender für ein Kraftfahrzeug, das eine Rotationskolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8 und ferner einen elektromechanischen Energiewandler aufweist.

**Hierzu 4 Blatt Zeichnungen**

Fig.1

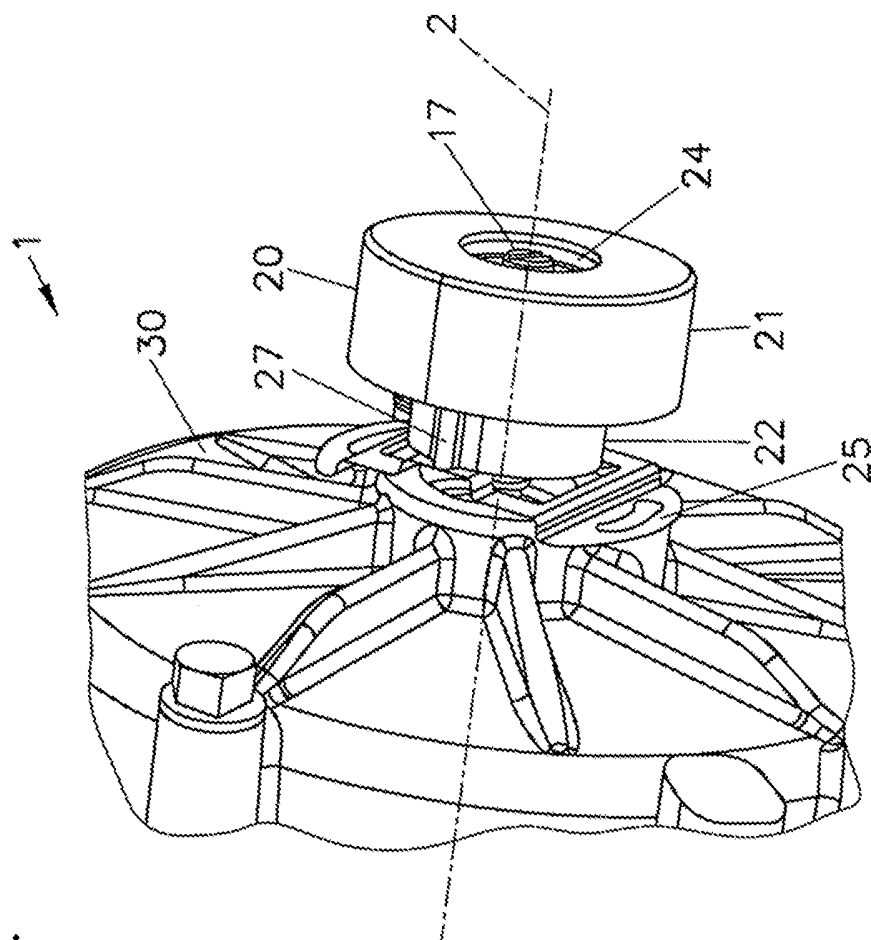


Fig.2

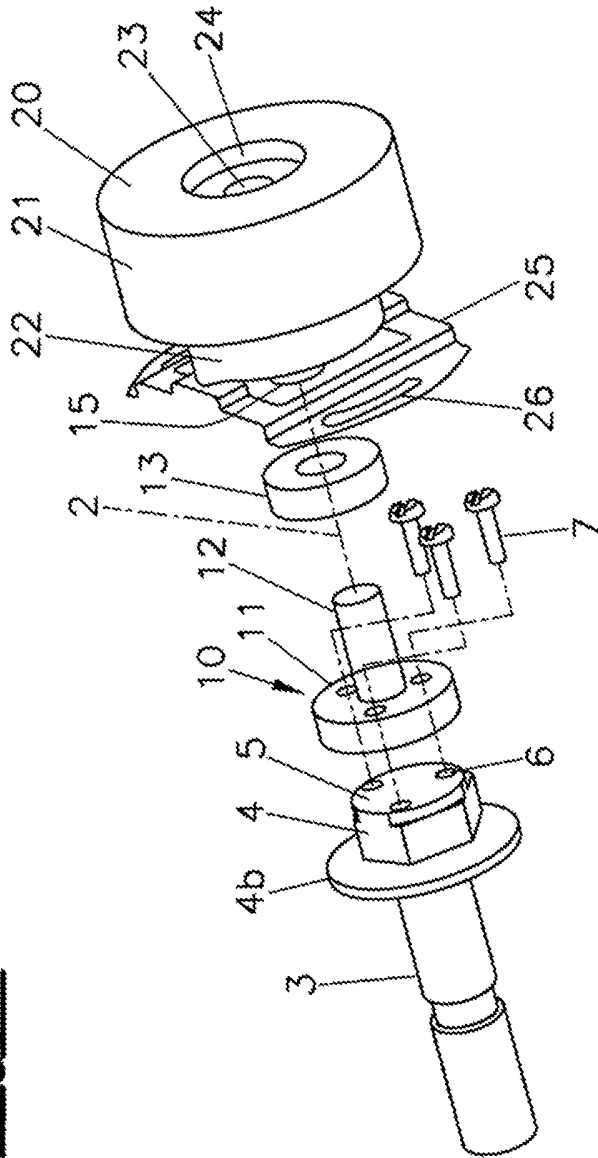


Fig.3

