



(10) **DE 10 2011 000 585 A1** 2012.08.09

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 000 585.4**

(22) Anmeldetag: **09.02.2011**

(43) Offenlegungstag: **09.08.2012**

(51) Int Cl.: **F16F 15/26 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Ford Global Technologies, LLC., Detroit, Mich.,
US**

(72) Erfinder:

**Quiring, Stefan, Dr., 51371, Leverkusen, DE;
Röhrig, Michael, 50829, Köln, DE**

(74) Vertreter:

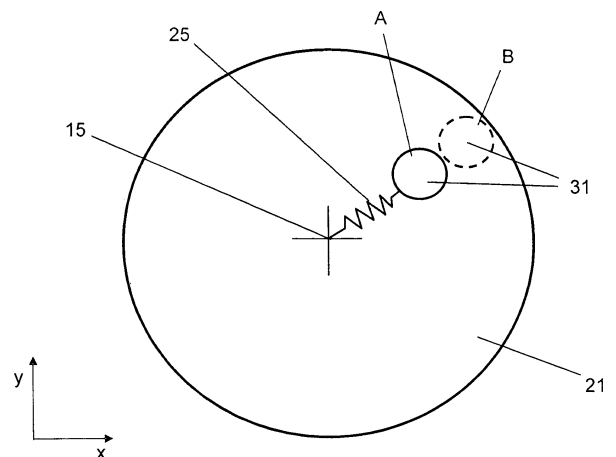
**Drömer, Hans-Carsten, Dipl.-Phys. Dr.-Ing., 50735,
Köln, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Mehrzylinder-Reihen-Brennkraftmaschine für ein Kraftfahrzeug, sowie Verfahren zum Betreiben derselben**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Mehrzylinder-Reihen-Brennkraftmaschine für ein Kraftfahrzeug, mit einer Kurbelwelle (10), welche im Betrieb der Brennkraftmaschine um eine Kurbelwellenachse (15) rotiert und eine Mehrzahl von in axialer Richtung aufeinander folgenden Kurbelkröpfungen (11, 12, 13) aufweist, von denen jede Kurbelkröpfung (11, 12, 13) jeweils einem Zylinder (1, 2, 3) in der Brennkraftmaschine zugeordnet ist, und einer Ausgleichsanordnung zum wenigstens teilweisen Ausgleich der von umlaufenden Massen an der Kurbelwelle (10) hervorgerufenen Trägheitskräfte. Die Mehrzylinder-Reihen-Brennkraftmaschine weist eine Einrichtung zur Variation der Position wenigstens einer der Ausgleichsmassen relativ zur Kurbelwelle (10) in Abhängigkeit von der Motordrehzahl auf. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Mehrzylinder-Reihen-Brennkraftmaschine.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Mehrzylinder-Reihen-Brennkraftmaschine für ein Kraftfahrzeug, mit einer im Betrieb der Brennkraftmaschine um eine Kurbelwellenachse rotierenden Kurbelwelle und einer Ausgleichsanordnung zum wenigstens teilweisen Ausgleich der von umlaufenden Massen an der Kurbelwelle hervorgerufenen Trägheitskräfte. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Mehrzylinder-Reihen-Brennkraftmaschine.

[0002] In einer Mehrzylinder-Reihen-Brennkraftmaschine mit z. B. drei Zylindern werden Gegengewichts- oder Ausgleichsanordnungen dazu eingesetzt, die auftretenden Vibrationen (insbesondere Anregungen erster Ordnung), welche insbesondere in Form eines Trägheitskräftepaars von dem ersten und dem dritten Zylinder auf die Kurbelwelle ausgeübt werden, zu verringern oder zu verhindern.

[0003] Aus DE 102 45 376 A1 ist eine Kurbelwelle für eine Reihen-Dreizylinder-Hubkolbenmaschine bekannt, bei der zur Verringerung der Lagerbelastungen der Kurbelwellenlager zwei Ausgleichsmassen vorgesehen sind, welche einen Winkel von 180° bilden und gleich große und entgegengesetzte Ausgleichskräfte erzeugen, wobei die von den Ausgleichskräften gebildete Ausgleichsebene mit der ersten Kurbelkröpfung einen Winkel von 30° bildet.

[0004] Ein weiterer Ansatz besteht darin, ein vergleichsweise hohes Maß an Schwingungen des Antriebsstranges in Fahrzeuglängsrichtung (d. h. ein hohes Maß der sogenannten "Gieranregung") in Kauf zu nehmen, um hierfür im Gegenzug geringe Anregungen des Antriebsstranges in vertikaler Richtung (d. h. ein geringes Maß an "Nickanregung") zu realisieren. Wenngleich dieser Ansatz grundsätzlich im Hinblick auf die aufgrund der Übertragungsfunktionen im Kraftfahrzeug geringeren Schwingungen an Sitzschiene und Lenkrad vorteilhaft ist, können sich in der Praxis Probleme in Situationen bzw. bei Manövern ergeben, bei denen hohe Vorlasten an der Motoraufhängung auftreten, wie dies etwa beim Anfahren aus dem Stillstand im ersten Gang, insbesondere auf einer Steigung oder beim Schleppen eines Anhängers der Fall ist, da in solchen Situationen die lastabhängige Motorlagersteifigkeit stark erhöht ist. Infolgedessen wird die Frequenz der Starrkörpermoden des Antriebsstranges in Fahrzeuglängsrichtung (d. h. der "Gieranregung") von einem ursprünglich unterhalb der Leerlaufdrehzahl liegenden Wert auf Werte im Bereich typischer Drehzahlen des Motors im Fahrbetrieb (z. B. auf bis zu 2.500 Umdrehungen pro Minute) erhöht. Infolgedessen wird die Isolation gegenüber der Anregungen erster Ordnung in Fahrzeuglängsrichtung signifikant vermindert. Zugleich treten starke Anregungen in der Hauptverbren-

nungsordnung (1.5-ten Ordnung bei Reihendreizylindermotoren) in Fahrzeuglängsrichtung aufgrund der hohen Last bei der Verbrennung auf. Im Ergebnis führen die ausgeprägten Anregungen in der ersten und 1.5-ten Ordnung zu einer Modulation und einem rauen Motorgeräusch sowie ausgeprägten Vibrationen an der Sitzschiene. Dementsprechend besteht ein Bedarf, das Schwingungsverhalten des Antriebsstranges im Hinblick auf Fahrmanöver, die zu hohen Vorlasten auf den Motorlagern führen zu optimieren.

[0005] Grundsätzlich kann zur Lösung des vorstehend beschriebenen Problems eine zusätzliche Ausgleichswelle zur Eliminierung der Motoranregungen erster Ordnung eingesetzt werden, was jedoch die Komplexität und damit auch die Kosten sowie die Reibung und damit auch den Verbrauch der Brennkraftmaschine erhöht.

[0006] Vor dem obigen Hintergrund ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Mehrzylinder-Reihen-Brennkraftmaschine für ein Kraftfahrzeug sowie ein Verfahren zum Betreiben derselben bereitzustellen, welche bei vergleichsweise wenig komplexem Aufwand eine Verbesserung des Vibrationsverhaltens insbesondere beim Anfahren des Fahrzeuges ermöglichen.

[0007] Diese Aufgabe wird durch die Mehrzylinder-Reihen-Brennkraftmaschine gemäß den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruches 1 bzw. das Verfahren gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 6 gelöst.

[0008] Eine erfindungsgemäße Mehrzylinder-Reihen-Brennkraftmaschine für ein Kraftfahrzeug umfasst eine Kurbelwelle, welche im Betrieb der Brennkraftmaschine um eine Kurbelwellenachse rotiert und eine Mehrzahl von in einer zur Kurbelwellenachse axialen Richtung aufeinander folgenden Kurbelkröpfungen aufweist, wobei jede Kurbelkröpfung jeweils einem Zylinder in der Brennkraftmaschine zugeordnet ist, sowie eine Ausgleichsanordnung zum wenigstens teilweisen Ausgleich der von umlaufenden Massen an der Kurbelwelle hervorgerufenen Trägheitskräfte, wobei die Ausgleichsanordnung wenigstens zwei Ausgleichsmassen aufweist.

[0009] Die Mehrzylinder-Reihen-Brennkraftmaschine ist dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Einrichtung zur Variation der Position wenigstens einer der Ausgleichsmassen relativ zur Kurbelwelle in Abhängigkeit von der Motordrehzahl aufweist.

[0010] Der Erfindung liegt insbesondere das Konzept zugrunde, Schwingungen des Antriebsstranges in Fahrzeuglängsrichtung (d. h. die "Gieranregung") in Situationen bzw. Manövern zu reduzieren, in denen hohe Vorlasten an der Motoraufhängung auftreten, und lediglich in Situationen ohne derartige ho-

he Vorlasten (z. B. im Leerlauf) starke Schwingungen des Antriebsstranges in Fahrzeuginnenrichtung in Kauf zu nehmen. Dieser Ansatz geht zunächst von der Erkenntnis aus, dass sich grundsätzlich wie eingangs erläutert ein nahezu 100%-iger Ausgleich der translatorischen Massenkräfte, welcher mit einem hohen Maß an Schwingungen in Fahrzeuginnenrichtung bei zugleich vergleichsweise geringen Anregungen in vertikaler Richtung einhergeht, aufgrund der Übertragungsfunktionen im Kraftfahrzeug als günstig erwiesen hat und letztendlich wesentlich geringere Schwingungen an Sitzschiene und Lenkrad zur Folge hat, als dies etwa bei einem nur 30%-igen oder 50%-igen Ausgleich der translatorischen Massenkräfte der Fall ist. Der Ansatz berücksichtigt jedoch die weitere Erkenntnis, dass eine Modifikation des Ausgleichs der von umlaufenden Massen an der Kurbelwelle hervorgerufenen Trägheitskräfte in Situationen geboten ist, in denen hohe Vorlasten an der Motoraufhängung auftreten. Um nun die Schwingungen des Antriebsstranges in Fahrzeuginnenrichtung in Situationen zu reduzieren, in denen hohe Vorlasten an der Motoraufhängung auftreten (also z. B. beim Anfahren insbesondere an einer Steigung oder beim Schleppen eines Anhängers), wird erfindungsgemäß die Wirkung der zum wenigstens teilweisen Ausgleich der von umlaufenden Massen an der Kurbelwelle hervorgerufenen Trägheitskräfte vorgesehene Ausgleichsanordnung drehzahlabhängig realisiert, was wiederum durch Variation der Position wenigstens einer der Ausgleichsmassen relativ zur Kurbelwelle erfolgt.

[0011] Die Einrichtung zur Variation der Position wenigstens einer der Ausgleichsmassen kann insbesondere dazu ausgelegt sein, den Abstand wenigstens einer der Ausgleichsmassen von der Kurbelwelle in bezogen auf die Kurbelwellenachse radialer Richtung in Abhängigkeit von der Motordrehzahl zu variieren.

[0012] Bei der Ausgleichsmasse, deren Position relativ zur Kurbelwelle in Abhängigkeit von der Motordrehzahl variiert wird, kann es sich insbesondere um eine an der Riemenscheibe angeordnete Ausgleichsmasse handeln.

[0013] Im Rahmen der Erfindung kann insbesondere auf eine zusätzliche Ausgleichswelle zur Eliminierung der Motoranregungen erster Ordnung verzichtet werden, was u. a. unter Kostengesichtspunkten vorteilhaft ist.

[0014] Die erfindungsgemäße Mehrzylinder-Reihen-Brennkraftmaschine kann insbesondere eine Dreizylinder-Reihen-Brennkraftmaschine sein.

[0015] Gemäß einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer Mehrzylinder-Reihen-Brennkraftmaschine in einem Kraftfahrzeug, wobei die Mehrzylinder-Reihen-Brennkraftmaschine eine Kurbelwelle, welche im Betrieb der

Brennkraftmaschine um eine Kurbelwellenachse rotiert und eine Mehrzahl von in einer zur Kurbelwellenachse axialen Richtung aufeinander folgenden Kurbelkröpfungen aufweist, wobei jede Kurbelkröpfung jeweils einem Zylinder in der Brennkraftmaschine zugeordnet ist, und eine Ausgleichsanordnung zum wenigstens teilweisen Ausgleich der von umlaufenden Massen an der Kurbelwelle hervorgerufenen Trägheitskräfte, wobei die Ausgleichsanordnung wenigstens zwei Ausgleichsmassen aufweist, besitzt, und wobei die Position wenigstens einer der Ausgleichsmassen in Abhängigkeit von der Motordrehzahl variiert wird.

[0016] Gemäß einer Ausführungsform erfolgt diese Variation wenigstens zeitweise derart, dass der Abstand wenigstens einer der Ausgleichsmassen von der Kurbelwelle in bezogen auf die Kurbelwellenachse radialer Richtung mit steigender Motordrehzahl erhöht wird.

[0017] Gemäß einer Ausführungsform wird ein durch die Ausgleichsanordnung erzielter Ausgleich der translatorischen Massenkräfte mit steigender Motordrehzahl reduziert.

[0018] Gemäß einer Ausführungsform werden die Ausgleichsmassen bei Leerlaufdrehzahl der Brennkraftmaschine derart angeordnet, dass ein durch die Ausgleichsanordnung erzielter Ausgleich der an der Kurbelwelle hervorgerufenen Trägheitskräfte einem wenigstens 90%-igen, weiter insbesondere 95%-igen, weiter insbesondere 100%-igen Ausgleich der translatorischen Massenkräfte entspricht.

[0019] Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind der Beschreibung sowie den Unteransprüchen zu entnehmen.

[0020] Die Erfindung wird nachstehend anhand bevorzugter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Abbildungen näher erläutert.

[0021] Es zeigen:

[0022] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung einer mit einer Gegengewichtsanordnung versehenen Kurbelwelle für einen Verbrennungsmotor mit drei Zylindern;

[0023] [Fig. 2](#) eine schematische Seitenansicht zu der Anordnung von [Fig. 1](#); und

[0024] [Fig. 3](#) eine schematische Seitenansicht zur Erläuterung der Funktionsweise einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine.

[0025] Gemäß [Fig. 1](#) weist eine erfindungsgemäße Brennkraftmaschine mit drei Zylindern **1**, **2** und **3** und darin beweglichen Kolben **4**, **5** und **6** eine Kurbelwel-

le **10** auf, welche im Betrieb der Brennkraftmaschine um eine im eingezeichneten Koordinatensystem in x-Richtung verlaufende Kurbelwellenachse **15** rotiert und drei entlang dieser Kurbelwellenachse **15** aufeinander folgende, in **Fig. 1** vereinfacht linear dargestellte Kurbelkröpfungen **11**, **12** und **13** besitzt, die typischerweise in Winkelabständen von 120° um die Kurbelwellenachse **15** herum verteilt sind.

[0026] Mit der Bezugsziffer "21" ist eine Riemenscheibe, und mit "22" ein Schwungrad der Brennkraftmaschine dargestellt.

[0027] Gemäß **Fig. 1** ist weiter eine Ausgleichsanordnung mit zwei Ausgleichsmassen **31**, **32** vorgesehen. Diese Ausgleichsanordnung dient zum wenigstens teilweisen Ausgleich der von den umlaufenden Massen an der Kurbelwelle **10** hervorgerufenen Trägheitskräfte. Wenngleich in **Fig. 1** nicht dargestellt, können zusätzlich zu den Ausgleichsmassen **31**, **32** weitere Ausgleichsmassen bzw. Gegengewichte, z. B. an den Kurbelkröpfungen **11** und **13**, angeordnet sein.

[0028] Die Ausgleichsmassen **31**, **32** sind in dem dargestellten Ausführungsbeispiel zueinander in einem Winkel von im Wesentlichen 180° (z. B. $180^\circ \pm 5^\circ$) angeordnet, d. h. in einer gemeinsamen Ebene, welche senkrecht zur Kurbelwellenachse **15** verläuft.

[0029] Des Weiteren ist von diesen Ausgleichsmassen **31**, **32** die eine Ausgleichsmasse **31** an der Riemenscheibe **21** und die andere Ausgleichsmasse **32** am Schwungrad **22** angeordnet. Infolgedessen ist der Abstand der Ausgleichsmassen **31**, **32** entlang der in axialer Richtung verlaufenden Kurbelwellenachse **15** größer als der maximale Abstand der beiden äußeren bzw. der beiden in axialer Richtung am weitesten voneinander entfernten Kurbelkröpfungen **11** und **13**. Grundsätzlich kann in einem solchen Aufbau der durch die Ausgleichsanordnung erzielte Ausgleich der an der Kurbelwelle **10** hervorgerufenen Trägheitskräfte so eingestellt werden, dass er einem wenigstens 80%-igen, insbesondere einem wenigstens 90%-igen, weiter insbesondere 100%-igen Ausgleich der translatorischen Massenkräfte entspricht. Erfindungsgemäß wird ein solches Verhalten der Ausgleichsanordnung nun zwar für die Leerlaufdrehzahl der Brennkraftmaschine realisiert, jedoch bei höheren Drehzahlen (etwa beim Anfahren des Fahrzeuges) variiert.

[0030] Wie in **Fig. 3** schematisch angedeutet ist, ist hierzu eine Einrichtung vorgesehen, welche die Position wenigstens einer Ausgleichsmasse **31** relativ zur Kurbelwelle **10** in Abhängigkeit von der Motordrehzahl variiert. Im Ausführungsbeispiel (und ohne dass die Erfindung hierauf beschränkt wäre) handelt es sich bei dieser Ausgleichsmasse, deren Position

drehzahlabhängig variiert wird, um die an der Riemenscheibe **21** angeordnete Ausgleichsmasse **31**.

[0031] Die erfindungsgemäße Variation der Position der Ausgleichsmasse **31** relativ zur Kurbelwelle **10** erfolgt im Ausführungsbeispiel über eine Variation des Abstandes dieser Ausgleichsmasse **31** von der Kurbelwelle **10** in bezogen auf die Kurbelwellenachse **15** radialer Richtung. Mit "25" ist eine Feder schematisch dargestellt, welche die Ausgleichsmasse **31** mit der Kurbelwelle **10** koppelt. In **Fig. 3** ist lediglich schematisch und qualitativ die Position der betreffenden Ausgleichsmasse **31** in zwei unterschiedlichen Situationen dargestellt, wobei die mit "A" bezeichnete Position beispielsweise der Position bei Leerlaufdrehzahl der Brennkraftmaschine entspricht und wobei die mit "B" bezeichnete (und gestrichelt dargestellte) Position einer Situation mit gegenüber der Leerlaufdrehzahl erhöhten Drehzahl der Brennkraftmaschine (beispielsweise einer Drehzahl von 2.500 Umdrehungen pro Minute) entspricht.

[0032] Im Ergebnis kann erfindungsgemäß ein durch die Ausgleichsanordnung erzielter Ausgleich der translatorischen Massenkräfte bei steigender Motordrehzahl reduziert werden, um etwa Situationen mit hohen Vorlasten an der Motoraufhängung, wie sie etwa beim Anfahren aus dem Stillstand im ersten Gang auftreten, Rechnung zu tragen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 10245376 A1 [[0003](#)]

Patentansprüche

1. Mehrzylinder-Reihen-Brennkraftmaschine für ein Kraftfahrzeug, mit:
einer Kurbelwelle (10), welche im Betrieb der Brennkraftmaschine um eine Kurbelwellenachse (15) rotiert und eine Mehrzahl von in einer zur Kurbelwellenachse (15) axialen Richtung aufeinander folgenden Kurbelkröpfungen (11, 12, 13) aufweist, wobei jede Kurbelkröpfung (11, 12, 13) jeweils einem Zylinder (1, 2, 3) in der Brennkraftmaschine zugeordnet ist; und
einer Ausgleichsanordnung zum wenigstens teilweisen Ausgleich der von umlaufenden Massen an der Kurbelwelle (10) hervorgerufenen Trägheitskräfte, wobei die Ausgleichsanordnung wenigstens zwei Ausgleichsmassen (31, 32) aufweist;
dadurch gekennzeichnet, dass
die Mehrzylinder-Reihen-Brennkraftmaschine eine Einrichtung zur Variation der Position wenigstens einer der Ausgleichsmassen (31) relativ zur Kurbelwelle (10) in Abhängigkeit von der Motordrehzahl aufweist.
2. Mehrzylinder-Reihen-Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung zur Variation der Position wenigstens einer der Ausgleichsmassen dazu ausgelegt ist, den Abstand wenigstens einer der Ausgleichsmassen (31) von der Kurbelwelle (10) in bezogen auf die Kurbelwellenachse (15) radialer Richtung in Abhängigkeit von der Motordrehzahl zu variieren.
3. Mehrzylinder-Reihen-Brennkraftmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung zur Variation der Position wenigstens einer der Ausgleichsmassen dazu ausgelegt ist, die Position einer an der Riemenscheibe (21) angeordneten Ausgleichsmasse (31, 32) relativ zur Kurbelwelle (10) in Abhängigkeit von der Motordrehzahl zu variieren.
4. Mehrzylinder-Reihen-Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung zur Variation der Position wenigstens einer der Ausgleichsmassen (31) eine Feder (25) aufweist.
5. Mehrzylinder-Reihen-Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrzylinder-Reihen-Brennkraftmaschine eine Dreizylinder-Reihen-Brennkraftmaschine ist.
6. Verfahren zum Betreiben einer Mehrzylinder-Reihen-Brennkraftmaschine in einem Kraftfahrzeug, wobei die Mehrzylinder-Reihen-Brennkraftmaschine eine Kurbelwelle (10), welche im Betrieb der Brennkraftmaschine um eine Kurbelwellenachse (15) rotiert und eine Mehrzahl von in einer zur Kurbelwellenachse (15) axialen Richtung aufeinander folgen-

den Kurbelkröpfungen (11, 12, 13) aufweist, wobei jede Kurbelkröpfung (11, 12, 13) jeweils einem Zylinder (1, 2, 3) in der Brennkraftmaschine zugeordnet ist und eine Ausgleichsanordnung zum wenigstens teilweisen Ausgleich der von umlaufenden Massen an der Kurbelwelle (10) hervorgerufenen Trägheitskräfte besitzt, wobei die Ausgleichsanordnung wenigstens zwei Ausgleichsmassen aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Position wenigstens einer der Ausgleichsmassen (31) in Abhängigkeit von der Motordrehzahl variiert wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass diese Variation wenigstens zeitweise derart erfolgt, dass der Abstand wenigstens einer der Ausgleichsmassen (31) von der Kurbelwelle (10) in bezogen auf die Kurbelwellenachse (15) radialer Richtung mit steigender Motordrehzahl erhöht wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass diese Variation wenigstens zeitweise derart erfolgt, dass ein durch die Ausgleichsanordnung erzielter Ausgleich der translatorischen Massenkräfte mit steigender Motordrehzahl reduziert wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgleichsmassen (31, 32) bei Leerlaufdrehzahl derart angeordnet werden, dass ein durch die Ausgleichsanordnung erzielter Ausgleich der an der Kurbelwelle (10) hervorgerufenen Trägheitskräfte einem wenigstens 90%-igen, weiter insbesondere 95%-igen, weiter insbesondere 100%-igen Ausgleich der translatorischen Massenkräfte entspricht.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

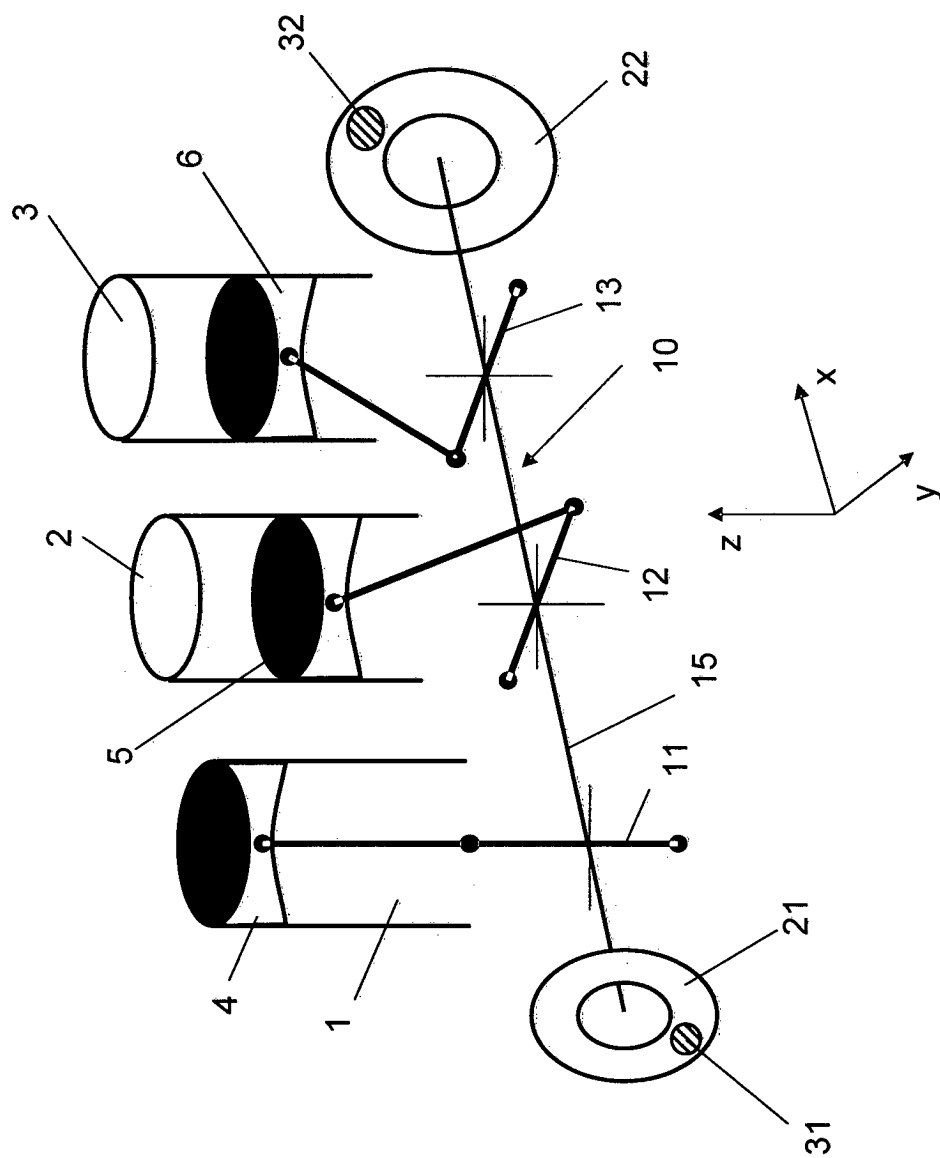


Fig. 1

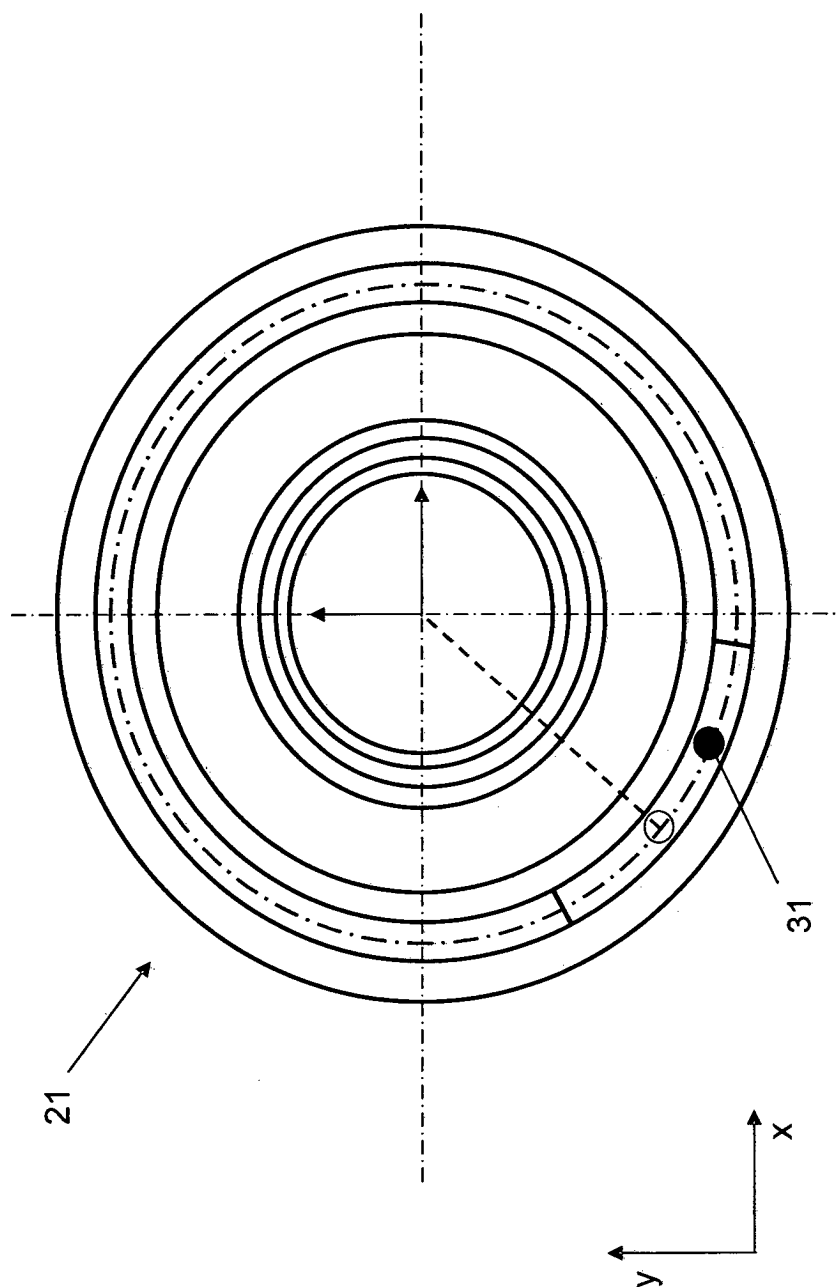


Fig. 2

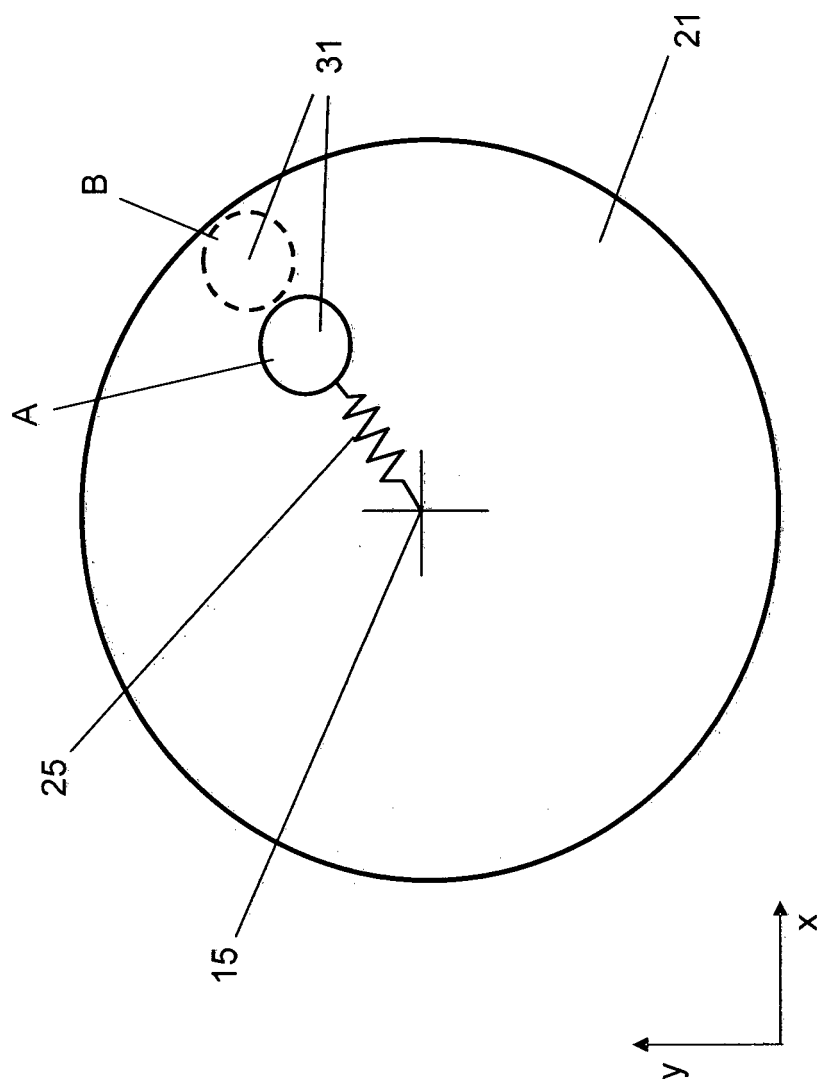


Fig. 3