



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 013 323.2**
(22) Anmeldetag: **18.03.2009**
(43) Offenlegungstag: **23.09.2010**

(51) Int Cl.⁸: **G01M 15/00** (2006.01)
G01M 15/06 (2006.01)
F02B 77/08 (2006.01)

(71) Anmelder:
FEV Motorentechnik GmbH, 52078 Aachen, DE

(74) Vertreter:
Bals & Vogel, 44799 Bochum

(72) Erfinder:
Juretzki, Björn, 52064 Aachen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

DE 10 2006 033062 A1
DE 10 2005 054627 A1
US 57 86 531 A
US 48 36 015 A
US 46 33 707 A
KR 1020040047 118 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

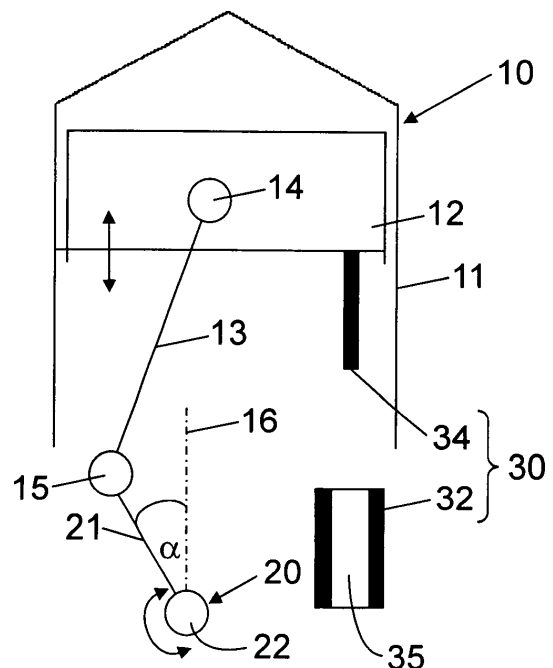
Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur automatischen Ermittlung eines momentanen Verdichtungsverhältnisses einer Hubkolbenmaschine**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur automatischen Ermittlung eines momentanen Verdichtungsverhältnisses einer Hubkolbenmaschine (1) im Betrieb, die ein veränderbares Kompressionsvolumen aufweist, mit mindestens einem Zylinder (11), in dem ein Kolben (12) geführt ist, der über einen Pleuel (13) mit der Pleuelwelle (20) verbunden ist, wobei der Pleuel (13) an einer Pleuelnabe (14) der Pleuelwelle (20) angelenkt ist.

Erfindungsgemäß sind folgende Schritte vorgesehen:

- Auslösen eines Signals in einem Zeitpunkt, bei dem sich der Kolben (12) ungefähr im Bereich des unteren Totpunktes befindet, wobei die Pleuelwelle (20) eine definierte Drehposition einnimmt,
- synchrones Erfassen der Position des Pleuels (13) durch einen Messsensor (32) und
- Ermittlung des Verdichtungsverhältnisses anhand vorbekannter und ermittelter Daten.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur automatischen Ermittlung eines momentanen Verdichtungsverhältnisses einer Hubkolbenmaschine im Betrieb, die ein veränderbares Kompressionsvolumen aufweist, mit mindestens einem Zylinder, in dem ein Kolben geführt ist, der über einen Pleuel mit der Kurbelwelle verbunden ist, wobei das Pleuel an einer Kurbel der Kurbelwelle angelenkt ist. Ferner betrifft die Erfindung eine Hubkolbenmaschine mit einem veränderbar einstellbaren Kompressionsvolumen und einem Kolbentrieb, der mindestens einen Zylinder aufweist, in dem ein Kolben geführt ist, der über einen Pleuel mit der Kurbelwelle verbunden ist, wobei das Pleuel an einer Kurbel der Kurbelwelle angelenkt ist, und einer Sensorelektronik mit einem Auslösesensor, der von mindestens einem beweglichen Teil des Kolbentriebes erregbar ist, wodurch ein Signal auslösbar ist und somit synchron ein Messsensor angesprochen wird, der eine kinematisch wirksame Größe des Kolbentriebes erfasst, wodurch ein Verdichtungsverhältnis ermittelbar ist.

[0002] Aus dem Stand der Technik ist es allgemein bekannt, dass ein hohes Verdichtungsverhältnis bei Hubkolbenmaschinen sich grundsätzlich positiv auf den Wirkungsgrad auswirkt. Bei Hubkolbenmaschinen mit einer Fremdzündung, nachstehend Ottomotor, die ein festes Verdichtungsverhältnis aufweisen, darf das Verdichtungsverhältnis nur so hoch gewählt werden, dass bei Volllastbetrieb ein „Klopfen“ vermieden wird. Für den weitaus häufiger auftretenden Teillastbetrieb, also bei geringer Füllung, könnte ein Verdichtungsverhältnis mit höheren Werten gewählt werden, ohne dass ein „Klopfen“ auftreten würde. Das bedeutet, dass der wichtige Teillastwirkungsgrad bei einem Ottomotor verbessert werden könnte, wenn das Verdichtungsverhältnis variabel einstellbar wäre. Damit wäre es möglich, bei Volllast den Ottomotor mit einem niedrigen Verdichtungsverhältnis und bei Teillast bei einem höheren Verdichtungsverhältnis zu betreiben. Da bei aufgeladenen Ottomotoren das Verdichtungsverhältnis im Allgemeinen niedriger gewählt werden muss, als bei Saugmotoren, wäre bei aufgeladenem Motor der zu erzielende Vorteil eines variablen Verdichtungsverhältnisses entsprechend größer.

[0003] Bei einer Hubkolbenmaschine mit Selbstzündung, nachstehend Dieselmotor genannt, wäre es ebenfalls von Vorteil, das Verdichtungsverhältnis variabel zu gestalten. Für den Motorstart wäre ein höheres Verdichtungsverhältnis vorteilhaft, während für den normalen Motorbetrieb das Verdichtungsverhältnis verringert werden könnte, um die Bauteilbelastung entsprechend zu verringern. Vorteilhaft ist ferner der Einsatz eines variablen Verdichtungsverhältnisses zur Realisierung höherer AGR-Raten mit Hinblick auf Senkung der Stickoxid Emissionen.

[0004] Ausgestaltungen einer Hubkolbenmaschine, insbesondere einer Brennkraftmaschine mit einem veränderbar einstellbaren Kompressionsvolumen und somit mit einem variablen Verdichtungsverhältnis sind in den Patentanmeldungen DE 102 55 299 A1, DE 198 41 381 A1 und in der DE 37 35 914 C1 offenbart. In der DE 102 55 299 A1 ist eine Hubkolbenmaschine mit einem Pleuel beschrieben, die mit einer veränderbaren Pleuellänge zur Veränderung des Kompressionsvolumens sowie des Verdichtungsverhältnisses der Hubkolbenmaschine arbeitet. Hierbei wird mittels eines Exzenters an einem Pleuelauge des Pleuels ein Abstand von einer Kurbel zu einem am Pleuelauge befestigten Kolben verändert.

[0005] In der DE 198 41 381 A1 ist eine Hubkolbenmaschine mit einem Exzenter mit einer Kurbel offenbart, wobei der Exzenter einen Kurbelradius aufweist und damit ebenfalls das Verdichtungsverhältnis veränderbar macht. Des Weiteren geht eine Vorrichtung zum Verstellen eines im Zylinderkopf einer Brennkraftmaschine zur Änderung des Verdichtungsverhältnisses veränderbar angeordneten Nebenkolbens aus der DE 37 35 914 C1 hervor.

[0006] Es hat sich gezeigt, dass es bei Hubkolbenmaschinen mit einem variabel einstellbarem Verdichtungsverhältnis wichtig ist, im laufenden Betrieb den aktuellen Wert des Verdichtungsverhältnisses als Regelgröße für die allgemeine Motorsteuerung zu überwachen. In der DE 10 2006 033 062 A1 ist ein Verfahren zur automatischen Ermittlung eines momentanen Verdichtungsverhältnisses einer Hubkolbenmaschine offenbart, bei dem das momentane Verdichtungsverhältnis aus einem vorliegenden Kurbelwinkel bei einem bestimmten zurückgelegten Kolbenweg innerhalb des Zylinders errechnet wird. Bei diesem Verfahren wird der Zeitpunkt des Überschreitens des Kolbens bezüglich einer festgelegten Position mittels eines Sensors gemessen. Synchron wird der Kurbelwinkel erfasst und daraus das Verdichtungsverhältnis errechnet. Hierbei dient der Näherungssensor als eine Art Auslösesensor, wodurch ein Signal ausgelöst wird und somit synchron über einen Messsensor der Kurbelwinkel erfasst wird, wodurch das Verdichtungsverhältnis ermittelt werden kann. Nachteilig ist hierbei die Anordnung und Positionierung des Auslösesensors im Bereich des Zylinders, da zum einen ein Durchtritt für den Auslösesensor in die Lauffläche des Zylinders eingebracht werden muss und zum anderen in diesem Bereich hohe Temperaturen vorliegen können, die die Funktionalität des Auslösesensors beeinträchtigen können.

[0007] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur automatischen Ermittlung eines momentanen Verdichtungsverhältnisses einer Hubkolbenmaschine im Betrieb, die ein veränderbares Kompressionsvolumen aufweist, sowie eine Hubkolbenmaschine als solche, mit einem veränderbar ein-

stellbaren Kompressionsvolumen zu schaffen, wobei die oben genannten Nachteile vermieden werden, insbesondere das momentan herrschende Verdichtungsverhältnis einer Hubkolbenmaschine mit einem geringen Aufwand und auf einer verlässlichen Art und Weise ermittelbar ist.

[0008] Die Aufgabe wird mit einem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruches 1 und einer Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruches 10 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind in den jeweiligen abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0009] Dazu ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass das Verfahren zur automatischen Ermittlung eines momentanen Verdichtungsverhältnisses der Hubkolbenmaschine in einem ersten Schritt ein Auslösen eines Signals in einem Zeitpunkt bewirkt, bei dem sich der Kolben ungefähr im Bereich des unteren Totpunktes befindet, wobei die Kurbelwelle entsprechend eine definierte Drehposition einnimmt. Im Zeitpunkt des Auslösens des genannten Signals wird gleichzeitig, insbesondere synchron die Position des Kolbens durch einen in der Hubkolbenmaschine angeordneten Messsensor erfasst. Aus der ermittelten Position des Kolbens kann nun das Verdichtungsverhältnis anhand vorbekannter und ermittelter Daten ermittelt werden. Hierbei ist das Verdichtungsverhältnis als Quotient aus einem ersten Brennraumvolumen bei einer Kolbenstellung in einer unteren Totpunktlage UT zu einem zweiten Brennraumvolumen bei einer Kolbenstellung in einer oberen Totpunktlage OT definiert. Das Kompressionsvolumen ist im Sinne der vorliegenden Erfindung definiert als das Volumen oberhalb des Kolbens, wenn sich der Kolben im oberen Totpunkt OT befindet. Über die bekannten geometrischen Daten der Hubkolbenmaschine sowie der erfassten Daten durch den Messsensor kann auf unbekannte Werte geschlossen werden, so dass das aktuelle Verdichtungsverhältnis im Betrieb der Hubkolbenmaschine bestimmt werden kann, worauf im Folgenden nicht näher eingegangen wird und beispielsweise in der DE 10 2006 033 062 A1 offenbart ist. Im Gegensatz zur DE 10 2006 033 062 A1 ist hier das Verfahren zur Ermittlung des momentanen Verdichtungsverhältnisses umgekehrt. Anstatt den Kurbelwinkel bei gegebener Kolbenposition zu erfassen, wird bei der vorliegenden Erfindung die Kolbenposition bei einem festen Kurbelwinkel bestimmt, wodurch vorteilhafterweise ein einfacheres und präziseres Messverfahren geschaffen wird. Durch eine feste Wahl des Zeitpunktes, bei dem sich der Kolben ungefähr im Bereich des unteren Totpunktes befindet, kann der Messaufwand für die automatische Ermittlung des momentanen Verdichtungsverhältnisses stark vereinfacht werden, insbesondere durch den Einsatz eines Auslösesensors, der den Bereich des unteren Totpunktes des Kolbens über die Drehposition der Kurbelwelle auf eine einfache Art und Weise

erkennt. Beispielsweise kann ein Triggerelement an der Kurbelwelle angeordnet sein, der mit dem Auslösesensor zusammenwirkt. Somit ist der untere Totpunkt durch den Auslösesensor über die Drehposition der Kurbelwelle gut detektierbar. Vorteilhafterweise ist in diesem Zusammenhang der Auslösesensor als ein digitaler Näherungssensor, insbesondere als induktiver Sensor oder Hallsensor ausgebildet.

[0010] Ebenfalls ist es vorteilhaft, dass das Auslösesignal ohne Auslösesensor direkt aus der Motorsteuerung entnommen wird. Das bedeutet, dass die Motorsteuerung einen definierten Kurbelwinkel vorgibt. Bei diesem Kurbelwinkel erfolgt eine Auslösung und ein „Ansprechen“ des Messsensors, der die Position des Kolbens synchron zu dem Auslösezeitpunkt des Auslösesignals erfasst, wobei der Messsensor sich nicht in oder an der Lauffläche des Zylinders, an der der Kolben während des Betriebes der Hubkolbenmaschine sich bewegt, vorgesehen ist. Hierdurch kann der Gesamtaufbau des Verfahrens zur automatischen Ermittlung des momentanen Verdichtungsverhältnisses stark vereinfacht werden, wobei gleichzeitig die temperaturempfindliche Elektronik zur Auswertung des gemessenen Signals des Messsensors vorteilhafterweise außerhalb des Zylinderkurbelgehäuses anzuordnen ist.

[0011] In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist das Pleuel an der Kurbel angelenkt, wobei sich zwischen der Zylinderhochachse des Zylinders, entlang dieser sich der Kolben bewegt, und der Kurbel ein Kurbelwinkel α bildet. Vorteilhafterweise folgt das Auslösen des Signals bei einem fest definierten Kurbelwinkel α , das bedeutet, vorzugsweise bei einem Winkel $\alpha = 180^\circ$, bei dem sich der Kolben im unteren Totpunkt befindet. Hierbei kann der Messsensor optisch, kapazitiv oder induktiv die Position des Kolbens erfassen. In einer möglichen Ausgestaltung kann der Messsensor als induktiver Sensor ausgeführt sein, der analog die Position des Kolbens erfasst, wodurch eine präzise Auswertung ohne notwendige Weiterverarbeitung eines vom Messsensor ausgelösten Messsignals notwendig ist, sondern direkt ein momentanes Verdichtungsverhältnis der Hubkolbenmaschine ermittelt werden kann. Ein Vorteil der Erfassung der Position des Kolbens zu dem Zeitpunkt, bei dem der Kolben sich im Bereich des unteren Totpunktes befindet ist, dass eine Kollision des Kolbens mit dem Messsensor ausgeschlossen werden kann, da der Messsensor zweckmäßigerweise unterhalb der Lauffläche des Zylinderrohres angeordnet ist. Eine hohe Signaltreue stellt einen weiteren Vorteil für die Bestimmung der Position des Kolbens dar, da die Kolbengeschwindigkeit im unteren Totpunkt nahezu 0 ist.

[0012] In einer möglichen Ausführungsform der Erfindung steht ein Motorsteuergerät in Datenkombination mit dem Messsensor und dem Auslösesensor,

wobei das Motorsteuergerät aus den kinematischen Zusammenhängen, insbesondere aus den vorbekannten und ermittelten Daten des erfindungsgemäßen Verfahrens das Verdichtungsverhältnis ermittelt. Vorzugsweise ist zumindest eine Kennlinie und/oder ein Datensatz im Motorsteuergerät vorgesehen, wobei die Kennlinie und/oder der Datensatz das Verdichtungsverhältnis zu der vom Messsensor erfassten Position des Kolbens beschreibt.

[0013] Des Weiteren wird die Aufgabe der vorliegenden Erfindung durch eine Hubkolbenmaschine mit einem veränderbar einstellbaren Kompressionsvolumen und einem Kolbentrieb gelöst, der mindestens einen Zylinder aufweist, in dem ein Kolben geführt ist, der über einen Pleuel mit der Kurbelwelle verbunden ist, wobei das Pleuel an einer Kurbel der Kurbelwelle angelenkt ist, und einer Sensorelektronik mit einem Messsensor, der eine geometrische Größe des Kolbentriebes erfasst, wodurch ein Verdichtungsverhältnisses ermittelbar ist. Erfindungsgemäß ist hierbei vorgesehen, dass die Sensorelektronik derart am Kolbentrieb angeordnet und ausgeführt ist, dass ein Signal zu einem Zeitpunkt ausgelöst wird, bei dem sich der Kolben ungefähr im Bereich des unteren Totpunktes befindet, wobei die Kurbelwelle eine definierte Drehposition einnimmt, und dass synchron der Messsensor angesprochen wird, der die Position des Kolbens erfasst, wodurch ein Motorsteuergerät, das mit der Sensorelektronik in Datenkommunikation steht, das Verdichtungsverhältnis anhand vorbekannter und ermittelter Daten des Kolbentriebes ermittelt. Durch den erfindungsgemäßen Aufbau der Hubkolbenmaschine mit der integrierten Sensorelektronik kann eine kompakte Gesamteinheit geschaffen werden, die auf einfache und zuverlässige Art und Weise den aktuellen Wert des Verdichtungsverhältnisses der Hubkolbenmaschine ermittelt.

[0014] Vorteilhafterweise kann ein Auslösesensor vorgesehen sein, der das Auslösesignal generiert, bei dem sich der Kolben im Bereich des unteren Totpunktes befindet. Hierbei ist der Auslösesensor von mindestens einem beweglichen Teil des Kolbentriebes erregbar.

[0015] Erfindungsgemäß kann der Messsensor als induktiver Sensor ausgeführt sein, der mit einem am Kolben angeordneten Sensorgegenelement zusammenwirkt. In Abhängigkeit vom Verfahrensweg des Kolbens während des Betriebs erfolgt gleichzeitig eine Bewegung des Sensorgegenelementes, welches durch den Messsensor detektiert werden kann. Kommt ein induktiver Sensor zum Einsatz, erfolgt in Abhängigkeit vom Verfahrensweg des Sensorgegenelementes eine Änderung der Induktivität der Spule, wodurch zumindest eine kinematisch wirksame Größe des Kolbentriebes erfasst werden kann, wodurch ein Verdichtungsverhältnis ableitbar ist.

[0016] In einer denkbaren Ausführungsform ist der Messsensor als Spule mit einem Innenraum ausgeführt, in den das Sensorgegenelement zumindest teilweise zum Zeitpunkt der Signalauslösung hineintragt. Hierbei kann das Sensorgegenelement stiftartig ausgeführt sein, wobei seine Geometrie dem Innenraum der Spule angepasst ist, damit im unteren Totpunkt des Kolbens das Sensorgegenelement nicht mit dem Messsensor kollidiert, sondern zuverlässig zumindest teilweise in den Innenraum eintauchen kann. In Abhängigkeit vom Eintauchweg ändert sich die Induktivität der Spule. Aus dieser Abhängigkeit kann beispielsweise auf die momentane Pleuelstangenlänge geschlossen werden und somit das aktuelle Verdichtungsverhältnis bestimmt werden. Vorzugsweise besteht das Sensorgegenelement aus einem Weicheisen.

[0017] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung im einzelnen beschrieben sind. Dabei können die in den Ansprüchen und in der Beschreibung erwähnten Merkmale jeweils einzeln für sich oder in beliebiger Kombination erfindungswesentlich sein. Es zeigen:

[0018] [Fig. 1](#) eine mögliche Ausführungsform eines Kolbentriebes einer Hubkolbenmaschine,

[0019] [Fig. 2](#) der Kolbentrieb gemäß [Fig. 1](#), wobei der Kolben sich im unteren Totpunkt befindet und der Kolbentrieb ein erstes Kompressionsvolumen aufweist,

[0020] [Fig. 3](#) der Kolbentrieb gemäß [Fig. 1](#), wobei der Kolben sich im unteren Totpunkt befindet und der Kolbentrieb ein zweites Kompressionsvolumen aufweist, welches größer ist als das erste Kompressionsvolumen gemäß [Fig. 2](#),

[0021] [Fig. 4](#) eine Kennlinie, die eine Relation des Eintauchweges des Sensorgegenelementes in den Messsensor zu dem variablen Verdichtungsverhältnis beschreibt und

[0022] [Fig. 5](#) eine mögliche Ausführungsform einer vierzylindrigen Hubkolbenmaschine mit einem Kolbentrieb gemäß [Fig. 1](#).

[0023] [Fig. 1](#) zeigt rein schematisch einen Kolbentrieb **10**, der mit einem Zylinder **11** ausgeführt ist, in dem ein Kolben **12** linearverschiebbar geführt ist. Der Kolbentrieb **10** ist Bestandteil einer Hubkolbenmaschine, die in [Fig. 5](#) beispielhaft gezeigt ist. Der Kolben **12** ist über einem Pleuel **13** mit der Kurbelwelle **20**, die rein schematisch angedeutet ist, verbunden. Hierbei ist der Pleuel **13** an einem ersten freien Ende an einem Anlenkpunkt **14** mit dem Kolben **12** verbun-

den. An dem zweiten Ende des Pleuels **13** ist das Pleuel **13** am Kurbelzapfen **15** der Kurbelwelle **20** angelenkt. Zwischen dem Kurbelzapfen **15** und der Drehachse **22** der Kurbelwelle **20** befindet sich rein schematisch dargestellt die Kurbel **21**. Der Kolben **12** gemäß [Fig. 1](#) befindet sich in der Nähe des oberen Totpunktes (OT). Der Kolben **12** ist innerhalb eines explizit nicht mit einem Bezugszeichen versehenen Hubraumes mittels des Kolbentriebes **10** bewegbar. Eine Höhe des Hubraumes ist durch einen Abstand von dem oberen Totpunkt zu einem unteren Totpunkt festgelegt, der in [Fig. 2](#) bzw. in [Fig. 3](#) gezeigt ist. Oberhalb des oberen Totpunktes befindet sich ein Brennraumvolumen, das dem Kompressionsvolumen entspricht, wenn bei einer Aufwärtsbewegung des Kolbens **12** die nicht explizit dargestellten Ventile geschlossen sind.

[0024] Im Kolbentrieb **10** ist eine Sensorelektronik **30** integriert, die gemäß [Fig. 5](#) zum einen aus einem Auslösesensor **31** besteht. Dieser Auslösesensor **31** ist von mindestens einem beweglichen Teil des Kolbentriebes **10** erregbar. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist an der Kurbelwelle **20** ein Triggerelement **36** angeordnet, das mit dem Auslösesensor **31** zusammenwirkt. Gemäß des Ausführungsbeispiels in [Fig. 5](#) ist der Auslösesensor **31** ein digitaler Näherungssensor **31**.

[0025] Zum anderen weist die Sensorelektronik **30** einen Messsensor **32** auf, der eine geometrische Größe des Kolbentriebes **10** erfassen kann. Im vorliegenden Fall kann der Messsensor **32** die Position des Kolbens **12** erfassen. Hierbei ist der Messsensor **32** als Spule **32** mit einem Innenraum **35** ausgeführt. Gleichzeitig wirkt der Messsensor **32** mit einem am Kolben **12** angeordneten Sensorgegenelement **34** zusammen. Das Sensorgegenelement **34**, welches aus einem Weicheisen besteht, ist hierbei stiftartig ausgeführt, und kann im unteren Totpunkt des Kolbens **12** in Abhängigkeit vom momentanen Verdichtungsverhältnis zumindest teilweise in den Innenraum **35** des Messsensors **32** eintauchen, welches in [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) angedeutet ist.

[0026] Die Veränderung des momentanen Verdichtungsverhältnisses bzw. des Kompressionsvolumens erfolgt im dargestellten Ausführungsbeispiel über eine Änderung der Pleuellänge L . Die Pleuellänge gemäß [Fig. 2](#) ist hierbei kürzer ausgeführt als die Pleuellänge L gemäß [Fig. 3](#). Hierbei ist während des Betriebes der Hubkolbenmaschine, insbesondere des Kolbentriebes **10** die Position des Pleuels **13** relativ zur Drehachse **22** der Kurbelwelle **20**, insbesondere die Pleuellänge L veränderbar, wodurch das Kompressionsvolumen sowie auch das Verdichtungsverhältnis variierbar ist.

[0027] Wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, ist das Pleuel **13** an der Kurbel **21** angelenkt, wobei zwischen der Zylinder-

derhochachse **16** und der Kurbel **21** ein Kurbelwinkel α sich bildet. Im unteren Totpunkt gemäß [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) ist der Kurbelwinkel $\alpha = 180^\circ$. Um nun die Funktionalität der Hubkolbenmaschine **1** im laufenden Betrieb zu überwachen, wird über die installierte Sensorelektronik **30** der aktuelle Wert des Verdichtungsverhältnisses als Regelgröße für die Motorsteuerung gewonnen, welches nach folgenden Verfahrensschritten abläuft: Das Verfahren zur automatischen Ermittlung des momentanen Verdichtungsverhältnisses ist derart ausgelegt, dass in einem ersten Schritt zunächst in einem fest definierten Zeitpunkt ein Signal ausgelöst wird, bei dem sich der Kolben **12** ungefähr im Bereich des unteren Totpunktes befindet. Dieses ist beispielhaft in [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) dargestellt. Hierfür ist der Auslösesensor **31** gemäß [Fig. 5](#) vorgesehen, der den Bereich des unteren Totpunktes des Kolbens **12** jedes Zylinders über die Drehposition der Kurbelwelle **20** erkennt. Dieses erfolgt über das an der Kurbelwelle **20** angeordnete Triggerelement **36**, das mit dem digitalen Näherungssensor **31** zusammenarbeitet. Befindet sich die Kurbelwelle **20** in der entsprechenden Drehposition, in der der jeweilige Kolben **12** den unteren Totpunkt erreicht hat, erfolgt eine Signalauslösung, bei der synchron der zweite Schritt in Gang gesetzt wird, bei dem die Position des Kolbens **12** durch den Messsensor **32** erfasst wird. Alternativ dazu kann es ebenfalls vorgesehen sein, dass ohne Auslösesensor das Verdichtungsverhältnis ermittelt wird. Hierbei wird das Auslösesignal ohne Auslösesensor direkt aus der Motorsteuerung entnommen. Das bedeutet, dass die Motorsteuerung einen definierten Kurbelwinkel vorgibt. Bei diesem Kurbelwinkel erfolgt eine Auslösung und ein „Ansprechen“ des Messsensors, der die Position des Kolbens synchron zu dem Auslösezeitpunkt des Auslösesignals erfasst.

[0028] In Abhängigkeit vom Eintauchweg des Sensorgegenelementes **34** in die Spule **32** ändert sich die Induktivität der Spule **32**. Gemäß [Fig. 2](#) taucht das Sensorgegenelement **34** lediglich mit seinem freien unteren Ende in den Innenraum **35** der Spule **32** ein, wobei der restliche Körper des Sensorgegenelementes **34** außerhalb des Innenraumes **35** verbleibt. Gleichzeitig ändert sich die Induktivität der Spule **32**, so dass hieraus auf das momentane Verdichtungsverhältnis geschlossen werden kann. [Fig. 4](#) zeigt beispielhaft, wie sich das Verdichtungsverhältnis in Relation zur Eintauchtiefe des Sensorgegenelementes **34** in die Spule **32** verändert. Besonders von Vorteil ist, dass das Sensorgegenelement **34** berührungslos zur Spule **32** in den Innenraum **35** hinein fährt, welches sich unter anderem positiv auf die Wirkungsgradneutralität durch Reibungsfreiheit und Verschleißanfälligkeit auswirkt.

[0029] In [Fig. 3](#) ist die momentane Pleuellänge L geringer als die Pleuellänge gemäß [Fig. 2](#). Aufgrund der geringeren Pleuellänge L in [Fig. 3](#) ist das Kom-

pressionsvolumen größer als das Kompressionsvolumen gemäß [Fig. 2](#). Im unteren Totpunkt des Kolbens **12** taucht das Sensorgegenelement **34** mit einem großen Teil seines Körpers in die Spule **32** ein, wodurch auch hier über die Änderung der Induktivität der Spule **32** auf das momentane Verdichtungsverhältnis des Kolbentriebs **10** geschlossen werden kann.

[0030] Wie in [Fig. 1](#) deutlich wird ist das Sensorgegenelement **34** im Bereich des oberen Totpunktes des Kolbens **12** beabstandet zum Innenraum **35** der Spule **32** angeordnet. Damit die Position des Kolbens **12** in dem unteren Totpunkt erfasst werden kann, ist es notwendig, dass zumindest das Sensorgegenelement **34** sich soweit in den Wirkungsbereich bzw.

[0031] Messbereich des Messsensors **32** bewegt, dass hierdurch ein Auslösesignal induziert werden kann, welches in [Fig. 2](#) angedeutet ist. Das Sensorgegenelement **34** kann über eine form- und/oder kraftschlüssige und/oder stoffschlüssige Verbindung am Kolben **12** befestigt sein. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel besteht der Kolben **12** aus einem anderen Material als das Sensorgegenelement **34**. Der Messsensor **32** ist hierbei unterhalb der Lauffläche des Kolbens **12** angeordnet. Auch hier ist es denkbar, den Messsensor **32** form- und/oder kraft- und/oder stoffschlüssig am Zylinderrohr **11** oder am Kurbelgehäuse zu befestigen. Selbstverständlich ist es in einer alternativen Ausführungsform denkbar, den Kolben **12** einstückig, materialeinheitlich mit dem Sensorgegenelement **34** auszuführen.

[0032] In [Fig. 5](#) ist schematisch die Hubkolbenmaschine **1** mit vier Zylindern **11** dargestellt. Jeder Kolben **12** innerhalb eines Zylinders **11** ist mit einem Sensorgegenelement **34** an seiner Unterseite ausgeführt, der in dem unteren Totpunkt des Kolbens **12** durch den Messsensor **32** erfasst werden kann. Wie in [Fig. 5](#) verdeutlicht ist, weist jeder Kolbentrieb **10** der vierzylindrigen Hubkolbenmaschine **1** die beschriebenen Merkmale einschließlich Kolbentrieb **10** sowie Sensorelektronik **30** der beschriebenen [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) auf. Die Sensorelektronik **30** ist mit einem Motorsteuergerät **33** in Datenkommunikation, in der aus den kinematischen Zusammenhängen, die über den Auslösesensor **31**/Messsensor **32** erfasst werden, das Verdichtungsverhältnis ermittelt bzw. abgeleitet werden kann.

16	Zylinderhochachse
20	Kurbelwelle
21	Kurbel
22	Drehachse der Kurbelwelle
30	Sensorelektronik
31	Auslösesensor, digitaler Näherungssensor
32	Messsensor, Spule
33	Motorsteuergerät
34	Sensorgegenelement, Stift
35	Innenraum der Spule
36	Triggerelement
L	Pleuellänge

Bezugszeichenliste

1	Hubkolbenmaschine
10	Kolbentrieb
11	Zylinder
12	Kolben
13	Pleuel
14	Anlenkpunkt
15	Kurbelzapfen

ZITATE ENHALTEN 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 10255299 A1 [[0004](#), [0004](#)]
- DE 19841381 A1 [[0004](#), [0005](#)]
- DE 3735914 C1 [[0004](#), [0005](#)]
- DE 102006033062 A1 [[0006](#), [0009](#), [0009](#)]

Patentansprüche

1. Verfahren zur automatischen Ermittlung eines momentanen Verdichtungsverhältnisses einer Hubkolbenmaschine (1) im Betrieb, die ein veränderbares Kompressionsvolumen aufweist, mit mindestens einem Zylinder (11), in dem ein Kolben (12) geführt ist, der über einen Pleuel (13) mit der Kurbelwelle (20) verbunden ist, wobei das Pleuel (13) an einer Kurbel (21) der Kurbelwelle (20) angelenkt ist, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

- a) Auslösen eines Signals in einem Zeitpunkt, bei dem sich der Kolben (12) ungefähr im Bereich des unteren Totpunktes befindet, wobei die Kurbelwelle (20) eine definierte Drehposition einnimmt,
- b) Synchrones Erfassen der Position des Kolbens (12) durch einen Messsensor (32) und
- c) Ermittlung des Verdichtungsverhältnisses anhand vorbekannter und ermittelter Daten.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für den Schritt a) ein Auslösesensor (31) vorgesehen ist, der den Bereich des unteren Totpunktes des Kolbens (12) über die Drehposition der Kurbelwelle (20) erkennt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Triggerelement (36) an der Kurbelwelle (20) angeordnet ist, das mit dem Auslösesensor (31), insbesondere einem digitalen Näherungssensor (31) zusammenwirkt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass während des Betriebes der Hubkolbenmaschine (1) die Position des Pleuels (13) relativ zur Drehachse (22) der Kurbelwelle (20), insbesondere die Pleuellänge (L) veränderbar ist, wodurch das Kompressionsvolumen variierbar ist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Pleuel (13) an der Kurbel (21) angelenkt ist und sich zwischen der Kurbel (21) und der Zylinderhochachse (16) ein Kurbelwinkel (α) bildet, wobei gemäß Schritt a) das Auslösen des Signals bei einem fest definierten Kurbelwinkel (α) erfolgt.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Messsensor (32) optisch, kapazitiv oder induktiv die Position des Kolbens (12) erfasst.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Messsensor (32) als induktiver Sensor (32) ausgeführt ist, der die Position des Kolbens (12) als analoges Signal erfasst.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Mo-

torsteuergerät (33) in Datenkommunikation mit dem Messsensor (32) und dem Auslösesensor (31) steht, wobei das Motorsteuergerät (33) im Schritt c) aus den kinematischen Zusammenhängen das Verdichtungsverhältnis ermittelt.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Kennlinie und/oder ein Datensatz im Motorsteuergerät (33) vorgesehen ist, wobei die Kennlinie und/oder der Datensatz das Verdichtungsverhältnis zu der Position des Kolbens (12) beschreibt.

10. Hubkolbenmaschine (1) mit einem veränderbar einstellbaren Kompressionsvolumen und einem Kolbentrieb (10), der mindestens einen Zylinder (11) aufweist, in dem ein Kolben (12) geführt ist, der über einen Pleuel (13) mit der Kurbelwelle (20) verbunden ist, wobei das Pleuel (13) an einer Kurbel (21) der Kurbelwelle (20) angelenkt ist, und einer Sensorelektronik (30) mit einem Messsensor (32), der eine geometrische Größe des Kolbentriebes (10) erfasst, wodurch ein Verdichtungsverhältnisses ermittelbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensorelektronik (30) derart am Kolbentrieb (10) angeordnet und ausgeführt ist, dass ein Signal in einem Zeitpunkt ausgelöst wird, bei dem sich der Kolben (12) ungefähr im Bereich des unteren Totpunktes befindet, wobei die Kurbelwelle (20) eine definierte Drehposition einnimmt, und dass synchron der Messsensor (32) angesprochen wird, der die Position des Kolbens (12) erfasst, wodurch ein Motorsteuergerät (33), das mit der Sensorelektronik (30) in Datenkommunikation steht, das Verdichtungsverhältnis anhand vorbekannter und ermittelter Daten des Kolbentriebs (10) ermittelt.

11. Hubkolbenmaschine (1) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein Auslösesensor (31) zur Generierung des Auslösesignals vorgesehen ist, der von mindestens einem beweglichen Teil des Kolbentriebs (10) erregbar ist.

12. Hubkolbenmaschine (1) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Messsensor (32) als induktiver Sensor (32) ausgeführt ist, der mit einem am Kolben (12) angeordneten Sensorgegenelement (34) zusammenwirkt.

13. Hubkolbenmaschine (1) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Messsensor (32) als Spule (32) mit einem Innenraum (35) ausgeführt ist, in den das Sensorgegenelement (34) zumindest teilweise zum Zeitpunkt der Signalauslösung hineinragt.

14. Hubkolbenmaschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

dass in einem oberen Totpunkt des Kolbens (12) das Sensorgegenelement (34) beabstandet zum Innenraum (35) der Spule (32) ist und in dem unteren Totpunkt des Kolbens (12) das Sensorgegenelement (34) zumindest teilweise in den Innenraum (35) der Spule (32) eintaucht.

15. Hubkolbenmaschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, dass das Pleuel (13) an einem Anlenkpunkt (14) am Kolben (12) angeordnet ist und ein erstes und ein zweites Kompressionsvolumen im Betrieb einstellbar ist, wobei das erste Kompressionsvolumen kleiner ist als das zweite Kompressionsvolumen, wobei im unteren Totpunkt des Kolbens (12) bezogen auf das erste Kompressionsvolumen der Abstand zwischen dem Anlenkpunkt (14) und dem Messsensor (32) größer ist als der Abstand zwischen dem Anlenkpunkt (14) und dem Messsensor (32) bezogen auf das zweite Kompressionsvolumen.

16. Hubkolbenmaschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensorgegenelement (34) stiftartig ausgeführt ist.

17. Hubkolbenmaschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensorgegenelement (34) an der der Pleuel (13) zugewandten Seite des Kolbens (12) angeordnet ist, insbesondere über eine form- und/oder kraftschlüssige Verbindung am Pleuel (13) befestigt ist.

18. Hubkolbenmaschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensorgegenelement (34) ein Material aus Weicheisen aufweist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

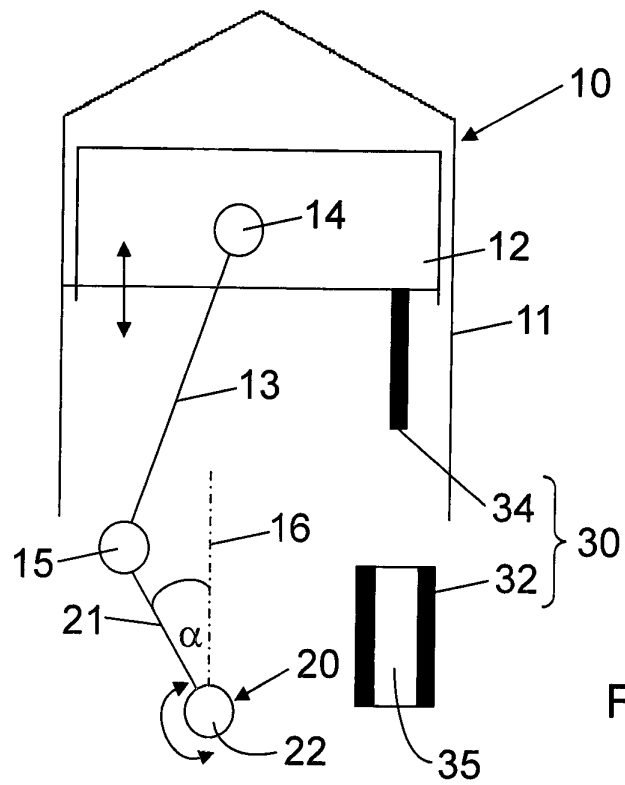


Fig. 1

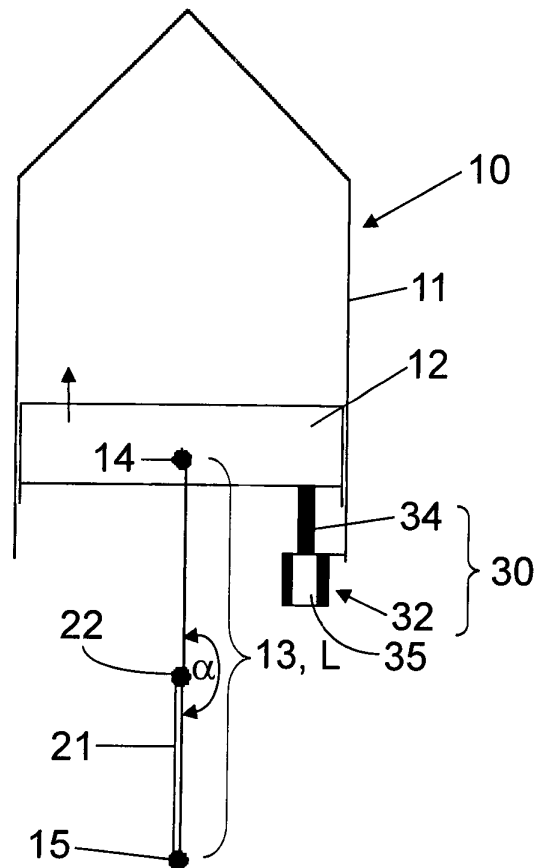


Fig. 2

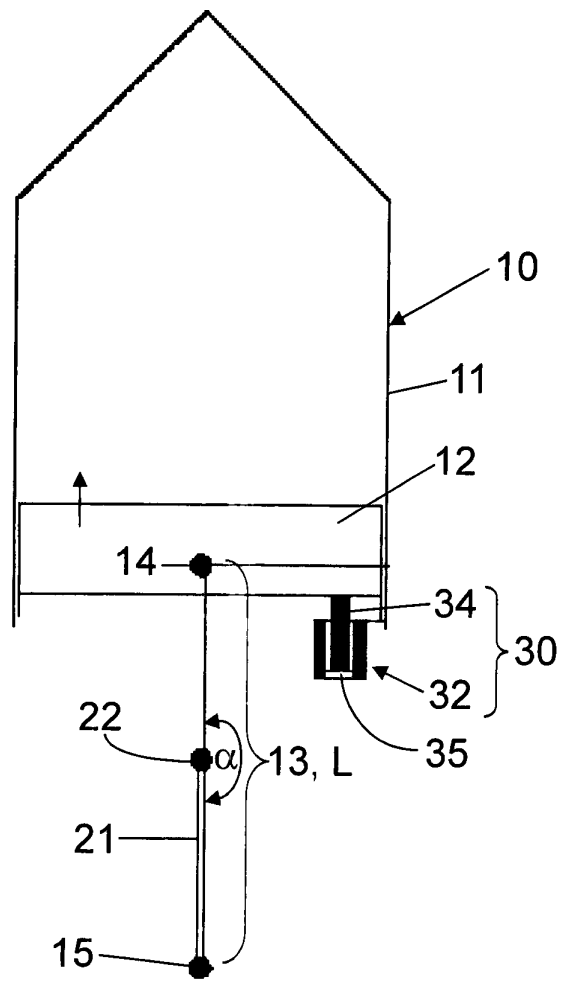


Fig. 3

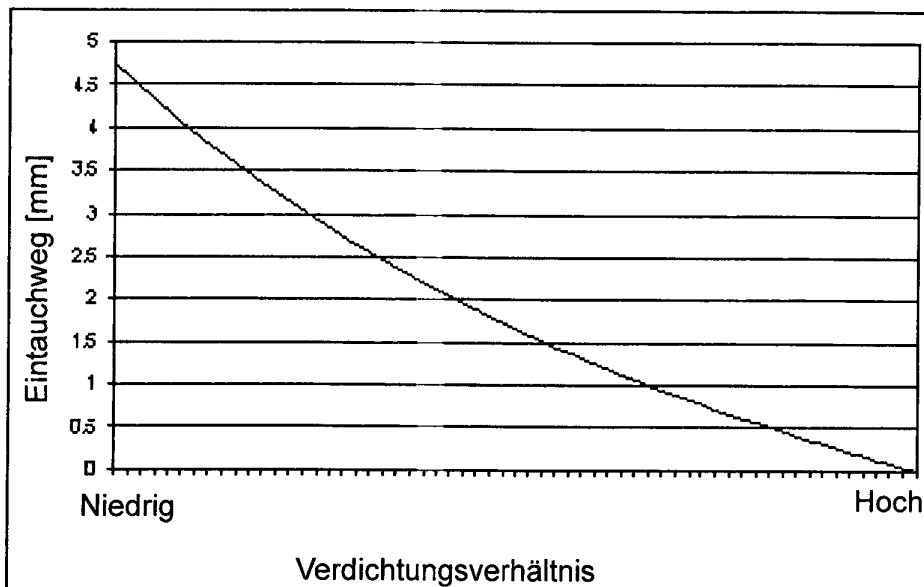


Fig. 4

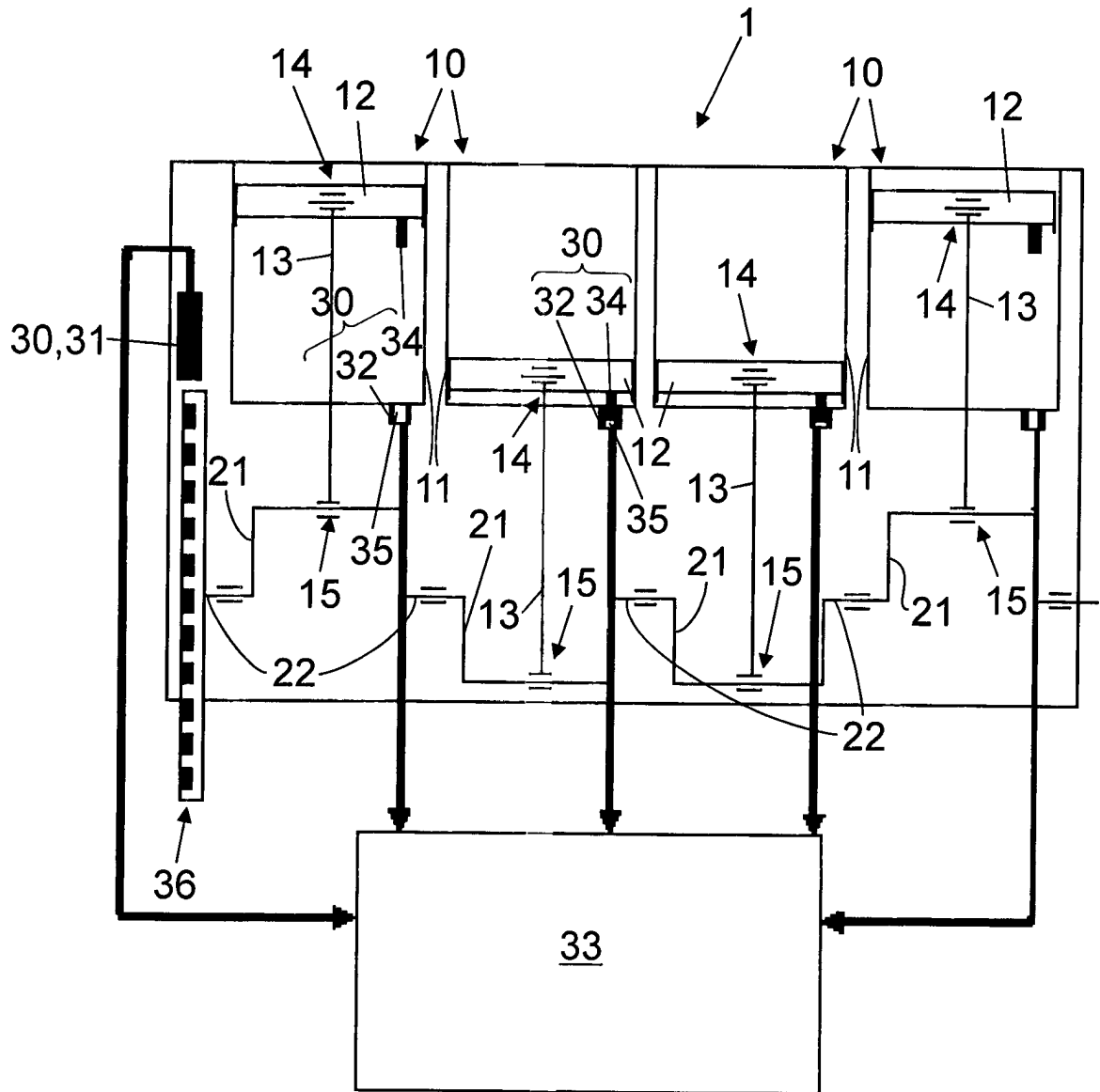


Fig. 5