(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
10. August 2023 (10.08.2023)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2023/148126 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F01B 25/02 (2006.01) *F04B 9/12* (2006.01)
F01B 29/02 (2006.01) *F04F 5/04* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2023/052191

(22) Internationales Anmeldedatum:
30. Januar 2023 (30.01.2023)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
22154647.6 01. Februar 2022 (01.02.2022) EP

(71) Anmelder: **ENERGIE-INNOVATION AG** [CH/CH]; Churerstrasse 158, 8808 Pfäffikon SZ (CH).

(72) Erfinder: **BERGER, Franz**; Zweiackerstrasse 38, 8053 Zürich (CH).

(74) Anwalt: **KELLER SCHNEIDER PATENT- UND MARKENANWÄLTE AG**; Eigerstrasse 2, Postfach, 3000 Bern 14 (CH).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV,

(54) **Title:** VACUUM ENGINE

(54) **Bezeichnung:** UNTERDRUCKMOTOR

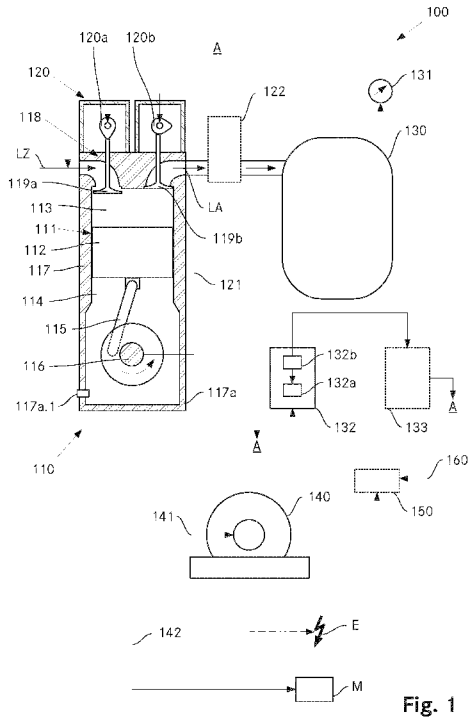


Fig. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to an assembly (100) comprising a piston engine (110) which is designed for combustion-free operation and a vacuum chamber (130) in which a reduced air pressure as compared to the atmosphere (A) surrounding the piston engine (110) can be generated, wherein: a) the piston engine (110) has at least one cylinder (111), which is closed by a cylinder head (110) and in which a piston (112) is movable, the piston (112), on the side remote from the cylinder head (118), being coupled via a connecting rod (115) to a crankshaft (116) of the piston engine (110), the connecting rod (115) and the crankshaft (116) being integrated in a crankcase (117a) of the piston engine (110); b) the at least one cylinder (111) has, at the cylinder head (118), at least one inlet valve (119a) and at least one outlet valve (119b), the vacuum chamber (130) being fluidically connectable via the outlet valve (119b) to a working space (113) of the at least one cylinder (111) in order to generate a vacuum in the working space (113) and being fluidically connectable via the inlet valve (119a) of the working space (113) to the atmosphere (A) surrounding the piston engine (110) in order to generate ambient pressure in the working space (113); c) a valve controller (120) is provided, which actuates the inlet valve (119a) and the outlet valve (119b) during operation in such a way that the piston (112) is moved back and forth in the at least one cylinder (111) by alternate application of ambient pressure and a vacuum; d) and the piston engine (110) is designed in such a way that, during operation, a substantially constant pressure, in particular an atmospheric pressure (A) surrounding the piston engine (110), is always present in a region (114) of the piston remote from the cylinder head (118).

(57) **Zusammenfassung:** Eine Anordnung (100) umfasst einen Hubkolbenmotor (110), welcher zum verbrennungslosen Betrieb ausgelegt ist, sowie eine Unterdruckkammer (130), in welcher gegenüber der den Hubkolbenmotor (110) umgebenden Atmosphäre (A) ein reduzierter Luftdruck erzeugbar ist, wobei: a) der Hubkolbenmotor (110) wenigstens einen mit einem Zylinderkopf (118)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2023/148126 A1

SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

— *in Schwarz-Weiss; die internationale Anmeldung enthielt in ihrer eingereichten Fassung Farbe oder Graustufen und kann von PATENTSCOPE heruntergeladen werden.*

verschlossenen Zylinder (111) aufweist, in welchem ein Kolben (112) bewegbar ist und wobei der Kolben (112) an der dem Zylinderkopf (118) abgewandten Seite über einen Pleuel (115) mit einer Kurbelwelle (116) des Hubkolbenmotors (110) gekoppelt ist, wobei der Pleuel (115) und die Kurbelwelle (116) in einem Kurbelgehäuse (117a) des Hubkolbenmotors (110) integriert sind; b) der wenigstens eine Zylinder (111) am Zylinderkopf (118) wenigstens ein Einlassventil (119a) und wenigstens ein Auslassventil (119b) aufweist, wobei die Unterdruckkammer (130) über das Auslassventil (119b) mit einem Arbeitsraum (113) des wenigstens einen Zylinders (111) fluidleitend verbindbar ist, um im Arbeitsraum (113) einen Unterdruck zu erzeugen und über das Einlassventil (119a) der Arbeitsraum (113) mit der den Hubkolbenmotor (110) umgebenden Atmosphäre (A) fluidleitend verbindbar ist, um im Arbeitsraum (113) Umgebungsdruck zu erzeugen, c) wobei eine Ventilsteuerung (120) vorliegt, welche das Einlassventil (119a) und das Auslassventil (119b) im Betrieb derart angteuert, dass der Kolben (112) im wenigstens einen Zylinder (111) durch abwechselndes Anlegen von Umgebungsdruck und Unterdruck hin und zurück bewegt wird; d) und der Hubkolbenmotor (110) derart ausgelegt ist, dass im Betrieb in einem dem Zylinderkopf (118) abgewandten Bereich (114) des Kolbens stets ein im Wesentlichen konstanter Druck, insbesondere ein den Hubkolbenmotor (110) umgebenden Atmosphärendruck (A), vorliegt.

Unterdruckmotor

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft eine Anordnung umfassend einen Hubkolbenmotor, welcher zum verbrennungslosen Betrieb ausgelegt ist, sowie eine Unterdruckkammer, in welcher gegenüber der den Hubkolbenmotor umgebenden Atmosphäre ein reduzierter Luftdruck erzeugbar ist. Weiter bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zum Betrieb einer solchen Anordnung sowie die Verwendung der Anordnung zum Antreiben einer mechanischen Maschine und/oder zur Erzeugung von elektrischem Strom.

Stand der Technik

In der Energietechnik wird fortlaufend nach Lösungen zur möglichst effizienten, sicheren, umweltschonenden und wirtschaftlichen Gewinnung, Umwandlung, Speicherung und Nutzung von Energie in unterschiedlichen Formen gesucht. Dabei liegt der Fokus heutzutage stark auf Lösungen, welche auf erneuerbaren Energien basieren bzw. diese nutzbar machen.

In diesem Zusammenhang sind unter anderem Kraftmaschinen bekannt, welche durch Nutzung von Unterdruck mechanische Arbeit leisten. Die EP 3 249 155 A1 (Benkendil) beschreibt z.B. einen Luftmotor, der nicht wie eine herkömmliche Wärmekraftmaschine Wärme in mechanische Arbeit umwandelt, sondern durch Unterdruckwirkung arbeitet. Dabei wird ein Zylinder verwendet, welchen an seinen beiden Enden geschlossen ist und im Inneren durch einen beweglichen Kolben in zwei Kammern geteilt ist. Jede der beiden Kammern ist mit einem Einlassventil und einem Auslassventil versehen, wobei jede Kammer über ihr Auslassventil an einen Vakuumerzeuger und über ihr Einlassventil an die Umgebungsluft angeschlossen werden kann. Wenn das Auslassventil einer Kammer geöffnet ist, ist das Einlassventil dieser Kammer geschlossen, während in der anderen Kammer das Einlassventil geöffnet und das Auslassventil geschlossen ist. Durch

abwechlungsweises Öffnen und Schliessen der Ventile lässt sich der Kolben in Zylinder hin und her bewegen.

Über eine am Kolben angebrachte und aus dem Zylinder herausgeführte Schubstange, kann deren Translationsbewegung mittels eines entsprechenden Mechanismus in eine Rotationsbewegung umgewandelt werden, so dass sich beispielsweise ein Generator betreiben lässt.

Zu Erzeugung des erforderlichen Unterdrucks wird in der EP 3 249 155 A1 (Benkendil) ein Venturi-Rohr vorgeschlagen, welches beispielsweise in einen Wasserstrom eingesetzt wird. Beispielsweise kann das Venturi-Rohr in einen Wasserlauf, im Bereich eines Wehrs oder am Ausgang eines Damms angebracht werden.

Es hat sich jedoch gezeigt, dass die bislang bekannten Kraftmaschinen, welche durch Nutzung von Unterdruck mechanische Arbeit leisten, nicht vollständig zu überzeugen vermögen. Im Besonderen ist der Wirkungsgrad bekannter Maschinen relativ gering und es ergeben sich in konstruktiver Hinsicht Probleme. Es besteht daher nach wie vor Bedarf nach verbesserten Lösungen.

Darstellung der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es daher, verbesserte Lösungen bereitzustellen, welche es ermöglichen, Unterdruck als Energieform zu nutzen. Im Besonderen sollen Vorrichtungen auf Basis von Kraftmaschinen bereitgestellt werden, welche durch Nutzung von Unterdruck mechanische Arbeit leisten, welche bei Bedarf wiederum in anderen Energieformen umwandelbar ist.

Die Lösung der Aufgabe ist durch die Merkmale des Anspruchs 1 definiert. Kern der Erfindung ist demnach eine Anordnung umfassend einen Hubkolbenmotor, welcher zum verbrennungslosen Betrieb ausgelegt ist, sowie eine Unterdruckkammer, in welcher gegenüber der den Hubkolbenmotor umgebenden Atmosphäre ein reduzierter Luftdruck erzeugbar ist, wobei:

a) der Hubkolbenmotor wenigstens einen mit einem Zylinderkopf verschlossenen Zylinder aufweist, in welchem ein Kolben bewegbar ist und wobei der Kolben an der dem Zylinderkopf abgewandten Seite über einen Pleuel mit einer Kurbelwelle des Hubkolbenmotors gekoppelt ist, wobei der Pleuel und die Kurbelwelle in einem Kurbelgehäuse des Hubkolbenmotors integriert sind;

b) der wenigstens eine Zylinder am Zylinderkopf wenigstens ein Einlassventil und wenigstens ein separates Auslassventil aufweist, wobei die Unterdruckkammer über das Auslassventil mit dem Arbeitsraum des wenigstens einen Zylinders fluidleitend verbindbar ist, um im Arbeitsraum einen Unterdruck zu erzeugen und über das Einlassventil der Arbeitsraum mit der den Hubkolbenmotor umgebenden Atmosphäre fluidleitend verbindbar ist, um im Arbeitsraum Umgebungsdruck zu erzeugen;

c) wobei eine Ventilsteuerung vorliegt, welche das Einlassventil und das Auslassventil im Betrieb derart ansteuert, dass der Kolben im wenigstens einen Zylinder durch abwechselndes Anlegen von Umgebungsdruck und Unterdruck hin und zurück bewegt wird;

d) und der Hubkolbenmotor derart ausgelegt ist, dass im Betrieb in einem dem Zylinderkopf abgewandten Bereich des Kolbens stets ein im Wesentlichen konstanter Druck, insbesondere ein den Hubkolbenmotor umgebenden Atmosphärendruck, vorliegt.

Die erfindungsgemässe Anordnung hat sich als äusserst vorteilhaft und effizient herausgestellt. Ohne an die Theorie gebunden zu sein, wird davon ausgegangen, dass aufgrund des im Wesentlichen konstanten Drucks auf der dem Zylinderkopf abgewandten Seite des Kolbens im Vergleich mit Ansätzen wie sie in der EP 3 249 155 A1 beschriebenen sind, eine rundere Bewegung des Kolbens erreicht wird.

Ein im Wesentlichen konstanter Druck meint vorliegend insbesondere, dass sich im Betrieb der Druck im dem Zylinderkopf abgewandten Bereich des Kolbens um nicht mehr als 50 mbar, im Speziellen um nicht mehr als 10 mbar, verändert.

Zudem ist keine Abdichtung der Schubstange bzw. des Pleuels bei der Herausführung aus dem Zylinder erforderlich. Solche Abdichtungen sind meist aufwändig zu realisieren und weisen relativ hohe Leckraten auf. Insgesamt können daher höhere Drehzahlen realisiert werden ohne dass es zu übermässigen mechanischen Belastungen kommt und das Wechselspiel zwischen Unterdruck und Atmosphärendruck im Arbeitsraum lässt sich präziser kontrollieren.

Durch die zusätzliche Integration des Pleuels und der Kurbelwelle im Kurbelgehäuse sind die sich bewegenden Teile des Hubkolbenmotors optimal vor Beschädigungen und Witterungseinflüssen geschützt und die Druckverhältnis in diesem Bereich können bestmöglich kontrolliert werden.

Wichtig ist auch, dass es sich beim Einlassventil und beim Auslassventil um zwei separate Ventile handelt, wobei das Auslassventil ausschliesslich dazu ausgelegt ist, Luft aus dem Arbeitsraum abzuführen, während das Einlassventil ausschliesslich dazu ausgelegt ist Luft in den Arbeitsraum zuzuführen. Durch diese Separierung wird die Luftzu- und Abfuhr äusserst präzise kontrolliert. Erfolgen die Luftzufuhr und die Luftabfuhr über den gleichen Einlass bzw. Auslass, nimmt die Effizienz stark ab.

Die Verwendung einer Unterdruckkammer in der erfindungsgemässen Anordnung gewährleistet des Weiteren einen im Wesentlichen konstanten Unterdruck während dem Betrieb des Hubkolbenmotors und zwar in weiten Bereichen unabhängig von der Drehzahl. Dies ist bei einem einfachen Absaugen der Luft aus dem Arbeitsraum mit einem Lüfter oder dergleichen nicht erreichbar.

Die Unterdruckkammer weist im Besonderen ein Volumen auf, welches grösser ist als der Hubraum des Hubkolbenmotors. Im Besonderen entspricht das Volumen der Unterdruckkammer wenigstens dem zehnfachen, insbesondere wenigstens dem hundertfachen, im Speziellen wenigstens dem tausendfachen, des Hubraums des Hubkolbenmotors. Der Hubraum des Hubkolbenmotors definiert das Volumen, das durch den Hub aller Kolben insgesamt verdrängt wird.

Durch das funktionale Zusammenwirken der Elemente der erfindungsgemässen Anordnung wird eine überraschend vorteilhafte und effiziente Nutzung von Unterdruck und

Umwandlung in mechanische Arbeit ermöglicht. Mit anderen Worten wirken die einzelnen Elemente der erfindungsgemässen Anordnung synergistisch zusammen.

Als weiterer Vorteil ist anzuführen, dass sich erfindungsgemäss eingesetzte Hubkolbenmotoren durch eine Umrüstung von herkömmlichen Verbrennungsmotoren, z.B. von Benzinmotoren oder Dieselmotoren, realisieren lassen. Je nach Motortyp reicht es z.B. die Ventilsteuerung anzupassen, so dass der Motor für den Betrieb mit Unterdruck betrieben werden kann. Damit kann die erfindungsgemässe Anordnung auf relativ einfache und kostengünstige Weise realisiert werden. Gemäss einer vorteilhaften Ausführungsform handelt es sich beim Hubkolbenmotor daher um einen Verbrennungsmotor mit modifizierter Ventilsteuerung.

Der Hubkolbenmotor weist in einer bevorzugten Ausführungsform wenigstens zwei Zylinder auf, insbesondere vier, fünf, sechs, acht, zehn oder zwölf Zylinder. Damit kommen die erfindungsgemässen Vorteile im Besonderen Masse zum Tragen. Es ist aber prinzipiell auch möglich, einen Hubkolbenmotor mit einem einzelnen Zylinder vorzusehen.

Im Speziellen ist der Hubkolbenmotor ein V-Motor, ein Sternmotor oder ein Reihenmotor. Es sind aber auch andere Motorgeometrien möglich.

Die Ventilsteuerung ist insbesondere über wenigstens eine, beispielsweise über zwei, mit der Kurbelwelle gekoppelte Nockenwelle(n) und/oder Nockenscheibe(n) realisiert. Die Kurbelwelle ist dabei insbesondere rein mechanisch mit der wenigstens einen Nockenwelle und/oder Nockenscheibe gekoppelt. Das Ein- und Auslassventil wird dabei bevorzugt über mit der wenigstens einen Nockenwelle und/oder Nockenscheibe zusammenwirkenden Stössel, Schlepphebel und/oder Kipphebel geöffnet und geschlossen. Dies ermöglicht ein besonders präzises und schnelles Öffnen und Schliessen der Ventile, was für den Betrieb des Hubkolbenmotors mit Unterdruck besonders vorteilhaft ist. Die Kopplung ist insbesondere über eine Steuerkette oder einen Zahnriemen realisiert.

Grundsätzlich kann die Ventilsteuerung aber auch anders realisiert werden. Gemäss einer anderen möglichen Ausführungsform ist die Ventilsteuerung eine pneumatische, hydraulische und/oder elektromechanische Ventilsteuerung.

Die wenigstens eine Nockenwelle und/oder Nockenscheibe ist im Besonderen mit einer Übersetzung von 2:1 mit der Kurbelwelle gekoppelt, so dass im Betrieb die wenigstens eine Nockenwelle und/oder Nockenscheibe die halbe Drehzahl der Kurbelwelle aufweist. Damit lassen sich die Ventile präzise öffnen und schliessen. Andere Übersetzungsverhältnisse sind aber ebenfalls umsetzbar.

Gemäss einer weiteren bevorzugten Ausführungsform besteht ein Motorblock, der Kolben, der Pleuel, die Kurbelwelle, die wenigstens eine Nockenwelle und/oder das Kurbelgehäuse des Hubkolbenmotors, insbesondere die gesamte mechanische Struktur des Hubkolbenmotors, aus Kunststoff, Keramik und/oder einem Verbundwerkstoff. Je nach verwendetem Material lassen sich dadurch das Gewicht des Hubkolbenmotors reduzieren, die Herstellung vereinfachen und/oder die Kosten für die Herstellung und Ersatzteile senken. Da beim Betrieb des Hubkolbenmotors nur wenig Reibungswärme entsteht, erwärmt sich der Hubkolbenmotor kaum. Eine Kühlung ist nicht erforderlich. Daher ist es möglich, den Motor oder Bestandteile davon aus weniger hitzebeständigen und kostengünstigeren Materialen zu fertigen als herkömmliche Verbrennungsmotoren. Ein weiterer Vorteil der genannten Materialien besteht darin, dass sich diese z.B. durch additive Fertigungsverfahre, wie beispielsweise 3D-Druck mit nahezu beliebiger Form und Struktur herstellen lassen, so dass auch speziell ausgestaltete Motorformen realisiert werden können.

Gemäss einer anderen vorteilhaften Ausführungsform bestehen der Motorblock, der Kolben, der Pleuel, die Kurbelwelle, die wenigstens eine Nockenwelle und/oder das Kurbelgehäuse des Hubkolbenmotors, insbesondere die gesamte mechanische Struktur des Hubkolbenmotors, aus Metall. Damit können besonders robuste Hubkolbenmotoren realisiert werden.

Die Ventilsteuerung ist insbesondere derart ausgelegt, dass beim Erreichen der maximalen Hubhöhe des Kolbens im wenigstens einen Zylinder das Auslassventil geöffnet und das Einlassventil geschlossen wird, so dass der Luftdruck im Arbeitsraum reduziert wird und beim Erreichen der minimalen Hubhöhe des Kolbens im wenigstens einen Zylinder das Einlassventil geöffnet wird, so dass der Luftdruck im Arbeitsraum erhöht wird. Dies erfolgt insbesondere in gleichmässigen Zyklen während dem Betrieb des Hubkolbenmotors.

Die maximale Hubhöhe des Kolbens ist dann erreicht, wenn der Arbeitsraum im Zylinder das maximale Volumen aufweist, während die minimale Hubhöhe des Kolbens dann erreicht ist, wenn der Arbeitsraum im Zylinder das minimale Volumen aufweist.

Gemäss einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist die Ventilsteuerung derart ausgelegt, dass:

- in einem ersten Takt in welchem sich der Kolben zum Zylinderkopf hinbewegt, das Auslassventil geöffnet und das Einlassventil geschlossen ist, so dass der Kolben durch den Unterdruck in Richtung des Zylinderkopfs gezogen wird;

- in einem darauffolgenden zweiten Takt, in welchem sich der Kolben vom Zylinderkopf wegbewegt, einem ersten Zeitabschnitt das Auslassventil geschlossen und das Einlassventil geöffnet ist und in einem darauffolgenden zweiten Zeitabschnitt beide Ventile geschlossen sind, so dass im zweiten Zeitabschnitt der sich vom Zylinderkopf wegbewegende Kolben im Arbeitsraum einen Unterdruck erzeugt.

Unter einem Takt ist eine vollständige Bewegung des Kolbens vom einen Totpunkt zum anderen Totpunkt zu verstehen. Ein Takt erfolgt insbesondere während einer halben Umdrehung der Kurbelwelle. Beide Takte zusammen erfolgen während einer vollständigen Umdrehung der Kurbelwelle.

Der erste Zeitabschnitt und der zweite Zeitabschnitt im zweiten Takt entsprechen insbesondere je 40 – 60%, im Speziellen je 50%, der Dauer des gesamten zweiten Taktes. Im Besonderen entsprechen die ersten und zweiten Zeitabschnitte somit je einem halben Takt.

Die beiden Takte werden während dem Betrieb insbesondere in einem kontinuierlichen Prozess nacheinander ausgeführt.

Die vorbeschrieben Ventilsteuerungen haben sich als besonders bevorzugt herausgestellt.

Bei mehr als einem Zylinder sind die Kurbelwelle und die Ventilsteuerung derart ausgestaltet, dass die Kolben in den jeweiligen Zylindern im Betrieb zumindest teilweise phasenversetzt bewegt werden. Dies analog zu herkömmlichen Verbrennungsmotoren.

Die Unterdruckkammer ist insbesondere fluidleitend mit einer Vakuumerzeugungseinrichtung, insbesondere eine Vakuumpumpe, verbunden, so dass die Unterdruckkammer durch die Vakuumerzeugungseinrichtung schwingungsfrei evakuiert werden kann oder wird. Die erfindungsgemässe Anordnung ist durch ganz unterschiedliche Vakuumerzeugungseinrichtung betreibbar und somit äusserst flexibel einsetzbar.

Gemäss einer Ausführungsform beinhaltet die Vakuumerzeugungseinrichtung ein Venturi-Rohr. Ein Venturi-Rohr kann als Pumpe eingesetzt werden, welche einfach aufgebaut ist und keine bewegten Teile hat. Entsprechend robust, wartungsarm und vielseitig einsetzbar sind Venturi-Rohre. Gemäss einer möglichen Ausführungsform wird das Venturi-Rohr in einem Wasserlauf angebracht, z.B. im Bereich eines Wehrs oder am Ausgang eines Damms. Dadurch lässt sich Wasserkraft mit der erfindungsgemässen Anordnung in mechanische Energie und bei Bedarf z.B. über einen Generator weiter in elektrische Energie umwandeln.

Gemäss einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform umfasst die Vakuumerzeugungseinrichtung eine elektrisch betriebene Vakuumpumpe, insbesondere eine Drehschieberpumpe. Die elektrisch betriebene Vakuumpumpe kann als zusätzliche oder als alleinige Vakuumerzeugungseinrichtung vorliegen. Damit ist es beispielsweise möglich, Schwankungen bei anderen Vakuumerzeugungseinrichtung auszugleichen. Ebenso kann mit einer elektrisch betriebenen Vakuumpumpe die erfindungsgemässe Anordnung vollständig durch elektrische Energie betrieben werden, z.B. durch Solarenergie oder Überschussenergie aus dem Elektrizitätsnetz.

Es sind aber auch andere Vakuumerzeugungseinrichtungen wie beispielsweise mechanisch betriebene Pumpen denkbar, welche z.B. durch Windenergie angetrieben werden können.

Gemäss einer weiter bevorzugten Ausführungsform beinhaltet die Vakuumerzeugungseinrichtung nebst der elektrisch betriebenen Vakuumpumpe zusätzlich

einen Vakuum-Booster, welcher zwischen Unterdruckkammer und elektrisch betriebener Vakuumpumpe geschaltet ist. Der Vakuum-Booster ist insbesondere elektrisch betrieben.

Vakuum-Booster erhöhen das Saugvermögen und den Enddruck von Vakuumpumpen. Sie sorgen für eine Leistungssteigerung von Vakuumsystemen um einen Faktor von bis zu zehn. Vakuum-Booster arbeiten nach dem Roots-Prinzip: Dabei drehen sich zwei Wälzkolben synchron innerhalb eines Gehäuses. Diese berühren sich weder gegenseitig noch das Gehäuse. Dadurch sind keinerlei Schmiermittel oder Betriebsflüssigkeiten in der Prozesskammer erforderlich. Während der Drehung der Wälzkolben wird Gas zwischen den Wälzkolben und dem Gehäuse in die nachgeschaltete Vakuumpumpe transportiert.

Der Druck in der Unterdruckkammer ist im Betrieb bevorzugt wenigstens 0.2 bar, insbesondere wenigstens 0.4 bar, im Speziellen wenigstens 0.7 bar, geringer ist als der den Hubkolbenmotor umgebenden Atmosphärendruck. Im Speziellen liegt der Druck in der Unterdruckkammer im Bereich von 0.05 – 0.8 bar, insbesondere 0.1 – 0.5 bar, im Speziellen 0.1 – 0.3 bar. Bei solchen Drücken arbeitet die erfindungsgemässe Anordnung besonderes effektiv. In speziellen Konstellationen sind aber auch andere Druckverhältnisse möglich.

Weiter ist es bevorzugt, wenn der Hubkolbenmotor über einen Turbolader verfügt, wobei der Turbolader durch die aus dem Auslassventil strömende Luft angetrieben wird und die über das Einlassventil zugeführte Umgebungsluft verdichtet. Ein Turbolader besteht aus einer Turbine, die die Energie der ausgestossenen Luft nutzt und einen Verdichter antreibt, der die zugeführte Umgebungsluft verdichtet. Die Luftzuführung wird somit erhöht um eine schnellere Volumenfüllung zu erwirken.

Vorteilhaft ist es auch, wenn das Kurbelgehäuse über eine Kurbelgehäusentlüftung, insbesondere eine offene Kurbelgeäusentlüftung verfügt. Diese ist so ausgestaltet, dass das innere Volumen des Kurbelgehäuses und/oder der dem Zylinderkopf abgewandte Bereich des Kolbens fluidleitend mit der umgebenden Atmosphäre kommuniziert. Dadurch kann in einfacher Art und Weise ein im wesentlichen konstanter Druck auf der dem Zylinderkopf abgewandten Bereich des Kolbens aufrechterhalten werden und zugleich Pleuel und Kurbelwelle vor äusseren Einflüssen geschützt werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die Kurbelwelle des Hubkolbenmotors mit einem Stromgenerator gekoppelt, so dass durch die Arbeit des Hubkolbenmotors Strom erzeugt werden kann oder wird. Der Strom kann beispielsweise für den Betrieb von externen Verbraucher genutzt und/oder in einem Stromspeicher zwischengespeichert werden.

Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Anordnung wie sie vorstehend beschrieben ist, wobei über das Einlassventil und das Auslassventil im Arbeitsraum abwechselnd Unterdruck und Umgebungsdruck angelegt wird, so dass der Kolben im wenigstens einen Zylinder hin und zurück bewegt wird, so dass die Kurbelwelle angetrieben wird.

Dabei wird im Besonderen beim Erreichen der maximalen Hubhöhe des Kolbens im wenigstens einen Zylinder das Auslassventil geöffnet und das Einlassventil geschlossen, so dass der Luftdruck im Arbeitsraum reduziert wird und beim Erreichen der minimalen Hubhöhe des Kolbens im wenigstens einen Zylinder das Auslassventil geschlossen und das Einlassventil geöffnet, so dass der Luftdruck im Arbeitsraum erhöht wird.

Weiter bevorzugt werden die Ventile durch die Ventilsteuerung derart angesteuert, dass:

- in einem ersten Takt in welchem sich der Kolben zum Zylinderkopf hinbewegt, das Auslassventil geöffnet und das Einlassventil geschlossen ist, so dass der Kolben durch den Unterdruck in Richtung des Zylinderkopfs gezogen wird;

- in einem darauffolgenden zweiten Takt, in welchem sich der Kolben vom Zylinderkopf wegbewegt, einem ersten Zeitabschnitt das Auslassventil geschlossen und das Einlassventil geöffnet ist und in einem darauffolgenden zweiten Zeitabschnitt beide Ventile geschlossen sind, so dass im zweiten Zeitabschnitt der sich vom Zylinderkopf wegbewegende Kolben im Arbeitsraum einen Unterdruck erzeugt.

Beide Takte zusammen erfolgen während einer vollständigen Umdrehung der Kurbelwelle.

Die beiden Takte werden während dem Betrieb insbesondere in einem kontinuierlichen Prozess nacheinander ausgeführt.

Die Unterdruckkammer wird im Betrieb insbesondere fortlaufend mit einer fluidleitenden verbundenen Vakuumerzeugungseinrichtung, insbesondere eine Vakuumpumpe, evakuiert. Mögliche Vakuumerzeugungseinrichtungen sind vorstehend beschrieben.

Der Druck in der Unterdruckkammer wird im Betrieb bevorzugt bei wenigstens 0.2 bar, insbesondere wenigstens 0.4 bar, im Speziellen wenigstens 0.7 bar, unterhalb des den Hubkolbenmotor umgebenden Atmosphärendrucks gehalten. Im Speziellen wird der Druck in der Unterdruckkammer im Bereich von 0.05 – 0.8 bar, insbesondere 0.1 – 0.5 bar, im Speziellen 0.1 – 0.3 bar, gehalten.

Weiter bevorzugt wird die aus dem Auslassventil strömende Luft genutzt um einen Turbolader anzutreiben, welcher die Umgebungsluft vor der Zuführung über das Einlassventil verdichtet. Dies verbessert die Effizient zusätzlich.

Vorteilhaft ist es auch, wenn das Kurbelgehäuse im Betrieb über eine Kurbelgehäusentlüftung, insbesondere eine offene Kurbelgeäusentlüftung entlüftet wird.

Ein zusätzlicher Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft die Verwendung einer wie vorstehend beschriebene Anordnung zum Antreiben einer mechanischen Maschine und/oder zur Erzeugung von elektrischem Strom.

Aus der nachfolgenden Detailbeschreibung und der Gesamtheit der Patentansprüche ergeben sich weitere vorteilhafte Ausführungsformen und Merkmalskombinationen der Erfindung.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Die zur Erläuterung des Ausführungsbeispiels verwendeten Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemässen Anordnung mit einem verbrennungslos antreibbaren Hubkolbenmotor und einer Unterdruckkammer, in welcher gegenüber der den Hubkolbenmotor umgebenden Atmosphäre ein reduzierter Luftdruck erzeugbar ist;

Fig. 2 eine erste Art der Ansteuerung der Ventile des Hubkolbenmotors aus Fig. 1.

Grundsätzlich sind in den Figuren gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Wege zur Ausführung der Erfindung

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer erfindungsgemässen Anordnung 100. Diese umfasst einen zum verbrennungslosen Betrieb ausgelegten Hubkolbenmotor 110, welcher in Fig. 1 in einem Querschnitt senkrecht zur Kurbelwelle dargestellt ist und z.B. sechs in Reihe angeordnete Zylinder umfasst. In Fig. 1 zu sehen ist der erste Zylinder 111, während die anderen fünf Zylinder hinter dem ersten Zylinder liegen und in der Ansicht von Fig. 1 nicht sichtbar sind. Die gesamte mechanische Struktur des Hubkolbenmotors 110 ist z.B. vollständig aus Metall gefertigt.

Der erste Zylinder 111 des Hubkolbenmotors 110 ist im Motorblock 117 angeordnet und mit einem Zylinderkopf 118 verschlossen, wobei im Zylinder 111 ein Kolben 112 bewegbar gelagert ist. An der dem Zylinderkopf 118 abgewandten Seite des Kolbens 112 ist dieser über einen Pleuel 115 mit der Kurbelwelle 116 des Hubkolbenmotors 110 gekoppelt. Der Pleuel 115 und die Kurbelwelle 116 sind in einem Kurbelgehäuse 117a integriert. Das Kurbelgehäuse 117a ist integraler Bestandteil des Motorblocks 117 und verfügt zudem über eine offene Kurbelgehäuseentlüftung 117a.1 in Form einer Öffnung, welche sicherstellt, dass im Betrieb in einem dem Zylinderkopf 118 abgewandten Bereich 114 des Kolbens 112 stets ein im Wesentlichen konstanter Druck bzw. der den Hubkolbenmotor 110 umgebenden Atmosphärendruck vorliegt.

Am Zylinderkopf 118 liegt ein Einlassventil 119a und ein Auslassventil 119b vor. Über das Einlassventil 119a, ist das innere Arbeitsvolumen 113 des Zylinders 111 mit der den Hubkolbenmotor 110 umgebenden Atmosphäre fluidleitend verbindbar (wenn das Ventil 119a wie in Fig. 1 gezeigt geöffnet ist), um dem Zylinder bzw. dem Arbeitsraum 113 Umgebungsluft LZ zuzuführen, um Umgebungsdruck zu erzeugen. Das Auslassventil 119b (in Fig. 1 in der Geschlossenstellung gezeigt) ermöglicht es, den Arbeitsraum 113 des Zylinders 111 mit einer Unterdruckkammer 130 fluidleitend zu verbinden, um Abluft LA abzuführen und im Arbeitsraum 113 einen Unterdruck zu erzeugen (hierfür kann das Auslassventil 119b geöffnet und das Einlassventil 119a geschlossen werden).

Des Weiteren verfügt der Hubkolbenmotor 110 über eine Ventilsteuerung 120 in Form von zwei parallelen Nockenwellen120a, 120b, welche z.B. über einen Zahnriemen 121 (symbolisch als Verbindungspfeile dargestellt) mit der Kurbelwelle 116 gekoppelt sind. Die Nockenwellen 120a, 120b, sind beispielsweise mit einer Übersetzung von 2:1 mit der Kurbelwelle 116 gekoppelt, so dass im Betrieb die Nockenwellen 120a, 120b die halbe Drehzahl der Kurbelwelle 116 aufweist.

Die Ventilsteuerung 120 ist so ausgestaltet, dass das Einlassventil 119a und das Auslassventil 119b im Betrieb derart angesteuert werden, dass der Kolben im Zylinder 111 durch abwechselndes Anlegen von Umgebungsdruck und Unterdruck hin und zurück bewegt wird. Mögliche Ansteuerungen um dies zu erreichen, werden im Zusammenhang mit den Fig. 2 und 3 näher beschrieben. Die Ansteuerung der Ventile der weiteren Zylinder erfolgt analog, wobei die Kolben in den Zylindern 1 und 6 in Phase laufen, die Zylinder 2 und 5 in Phase zueinander aber phasenversetzt zu den Zylindern 1 und 6 laufen, während die Zylinder 3 und 4 in Phase zueinander, aber phasenversetzt zu den anderen Zylindern laufen.

Im Betrieb kann die aus dem Auslassventil 119b strömende Luft genutzt LA werden, um einen optionalen Turbolader 122 anzutreiben, welcher die Umgebungsluft vor der Zuführung über das Einlassventil verdichtet (angedeutet durch eine unterbrochene Verbindungslinie).

Der Hubkolbenmotor 110 ist über das Auslassventil 119b mit der Unterdruckkammer 130 verbunden, in welcher z.B. ein Druck von 0.2 bar vorliegt. Der Druck in der Unterdruckkammer 130 ist somit ca. 0.8 bar geringer als der Umgebungsdruck bzw. der Atmosphärendruck in welchem sich der Hubkolbenmotor 110 befindet. Der Unterdruck in der Unterdruckkammer130 kann mit einem Manometer 131 gemessen werden.

Die Unterdruckkammer 130 ist fluidleitend mit einer Vakuumerzeugungseinrichtung 132 verbunden. Dabei kann es sich um eine elektrisch betriebene Vakuumpumpe 132a, wie z.B. eine Drehschieberpumpe handeln, welche in Kombination mit einem elektrisch betriebenen Vakuum-Booster 132b, welcher zwischen Unterdruckkammer 130 und elektrisch betriebener Vakuumpumpe geschaltet ist, betrieben wird. Die aus der

Unterdruckkammer 130 geförderte Luft wird in die Atmosphäre A abgegeben. Zusätzlich oder alternativ kann eine zweite Vakuumerzeugungseinrichtung 133 in Form eines Venturi-Rohrs vorliegen, welches z.B. in einem Wasserlauf angebracht ist, und aus der Unterdruckkammer 130 ebenfalls Luft evakuiert und in die Atmosphäre abgibt.

Die elektrisch betriebene Vakuumpumpe 132a und der Vakuum-Booster 132b können über einen optionalen Stromspeicher 150, z.B. einen Akkumulator, welcher durch eine externe Stromquelle 160, z.B. eine Solarzellen und/oder das Stromnetz, geladen wird, mit elektrischer Energie (als strichgepunktete Linie dargestellt) versorgt werden.

Während dem Betrieb wird der Druck in der Unterdruckkammer beispielsweise im Bereich von 0.1 – 0.3 bar gehalten.

Die Kurbelwelle 116 des Hubkolbenmotors 110 ist des Weiteren über ein Getriebe 141 (in Fig. 1 mit einem Verbindungspfeil angedeutet) mit einem Stromgenerator 140 gekoppelt, so dass durch die Arbeit des Hubkolbenmotors 110 elektrische Nutzenergie E erzeugt werden kann.

Möglich ist es auch, einen Teil der im Generator erzeugten Energie dem Stromspeicher 150 zuzuführen. So kann z.B. unter Verwendung des Venturi-Rohrs erzeugte elektrische Energie in Form von Elektrizität im Stromspeicher150 zwischengespeichert werden und zu einem späteren Zeitpunkt zum Betreiben des Unterdruckmotors 110 verwendet werden.

Über ein zweites Getriebe 142 kann die Kurbelwelle 116 optional mit einer mechanischen Maschine M gekoppelt werden, um diese direkt anzutreiben.

Fig. 2 zeigt eine erste Art der Ansteuerung der Ventile des ersten Zylinders 111 des Hubkolbenmotors 110. Die Ansteuerung der Ventile der weiteren Zylinder erfolgt analog, wobei diese aber zeitlich so angesteuert werden, dass die oben beschriebene Phasenbeziehungen erhalten werden. Konkret werden das Einlassventil 119a (linker waagrechter Pfeil) und das Auslassventil 119b (rechter waagrechter Pfeil) wie im Folgenden beschrieben angesteuert. Die Schliessstellung ist jeweils als ("X") und die Offenstellung als "O" gekennzeichnet.

In einem ersten Takt 201, in welchem sich der Kolben 112 zum Zylinderkopf hinbewegt (angedeutet durch den nach oben weisenden Pfeil), ist das Auslassventil 119b geöffnet (O) und das Einlassventil 119a geschlossen (X), so dass der Kolben durch den Unterdruck in Richtung des Zylinderkopfs gezogen wird.

In einem darauffolgenden zweiten Takt 202, in welchem sich der Kolben 112 vom Zylinderkopf wegbewegt (angedeutet durch den nach unten weisenden Pfeil), ist in einem ersten Zeitabschnitt (linke Seite) das Auslassventil geschlossen (X) und das Einlassventil geöffnet (O) und in einem darauffolgenden zweiten Zeitabschnitt (rechte Seite) sind beide Ventile geschlossen (X/X), so dass im zweiten Zeitabschnitt der sich vom Zylinderkopf wegbewegende Kolben im Arbeitsraum einen Unterdruck erzeugt.

Im anschliessenden Takt 203 sind die Ventile wie im ersten Takt 201 geschaltet, während im darauffolgenden Takt 204 die Ventile wie im zweiten Takt geschaltet sind. Darauf beginnt der Zyklus von neuem.

Im dargestellten Zyklus entspricht jeder der Takte einer halben Umdrehung der Kurbelwelle 116, so dass die Kurbelwelle nach einem Zyklus genau zwei Umdrehungen ausgeführt hat. Die Nockenwellen 120a, 120b drehen sich dabei genau einmal.

Die dargestellte Ausführungsform ist lediglich als Beispiel zu verstehen, welche im Rahmen der Erfindung beliebig abgeändert werden kann.

So ist es z.B. möglich, anstelle eines Reihenmotors 110 einen Sternmotor oder einen V-Motor vorzusehen. Auch kann der Motor mehr oder weniger als sechs Zylinder aufweisen.

Ebenso kann die Ventilsteuerung anders ausgestaltet sein. Z.B. können die Schliess- und Öffnungszeiten angepasst werden oder die Ansteuerung kann durch eine einzige Nockenwelle erfolgen.

Auch möglich ist es, einzelne Bestandteile oder die gesamte mechanische Struktur des Hubkolbenmotors 110 aus einem anderen Material als Metall zu fertigen, z.B. aus Kunststoff, Keramik und/oder einem Verbundwerkstoff.

Der Stromspeicher 150 kann auch weggelassen werden. In diesem Fall können die elektrisch betriebene Vakuumpumpe 132a und der Vakuum-Booster 132b z.B. direkt an die externe Stromquelle 160 angeschlossen werden.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass eine besonders vorteilhafte Anordnung umfassend einen Hubkolbenmotor und eine Unterdruckkammer bereitgestellt wurde, welche sich zur wirtschaftlichen Gewinnung, Umwandlung, Speicherung und Nutzung von Energie in unterschiedlichen Formen einsetzen lässt.

Patentansprüche

1. Anordnung (100) umfassend einen Hubkolbenmotor (110), welcher zum verbrennungslosen Betrieb ausgelegt ist, sowie eine Unterdruckkammer (130), in welcher gegenüber der den Hubkolbenmotor (110) umgebenden Atmosphäre (A) ein reduzierter Luftdruck erzeugbar ist, wobei:

   a) der Hubkolbenmotor (110) wenigstens einen mit einem Zylinderkopf (118) verschlossenen Zylinder (111) aufweist, in welchem ein Kolben (112) bewegbar ist und wobei der Kolben (112) an der dem Zylinderkopf (118) abgewandten Seite über einen Pleuel (115) mit einer Kurbelwelle (116) des Hubkolbenmotors (110) gekoppelt ist, wobei der Pleuel (115) und die Kurbelwelle (116) in einem Kurbelgehäuse (117a) des Hubkolbenmotors (110) integriert sind;

   b) der wenigstens eine Zylinder (111) am Zylinderkopf (118) wenigstens ein Einlassventil (119a) und wenigstens ein Auslassventil (119b) aufweist, wobei die Unterdruckkammer (130) über das Auslassventil (119b) mit einem Arbeitsraum (113) des wenigstens einen Zylinders (111) fluidleitend verbindbar ist, um im Arbeitsraum (113) einen Unterdruck zu erzeugen und über das Einlassventil (119a) der Arbeitsraum (113) mit der den Hubkolbenmotor (110) umgebenden Atmosphäre (A) fluidleitend verbindbar ist, um im Arbeitsraum (113) Umgebungsdruck zu erzeugen;

   c) wobei eine Ventilsteuerung (120) vorliegt, welche das Einlassventil (119a) und das Auslassventil (119b) im Betrieb derart ansteuert, dass der Kolben (112) im wenigstens einen Zylinder (111) durch abwechselndes Anlegen von Umgebungsdruck und Unterdruck hin und zurück bewegt wird;

   d) und der Hubkolbenmotor (110) derart ausgelegt ist, dass im Betrieb in einem dem Zylinderkopf (118) abgewandten Bereich (114) des Kolbens stets ein im Wesentlichen konstanter Druck, insbesondere ein den Hubkolbenmotor (110) umgebenden Atmosphärendruck (A), vorliegt.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Hubkolbenmotor (110) wenigstens zwei Zylinder aufweist, insbesondere vier, sechs, acht, zehn oder zwölf Zylinder.

3. Anordnung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventilsteuerung (120) über wenigstens eine mit der Kurbelwelle (116) gekoppelte Nockenwelle (120a, 120b) realisiert ist.

4. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Nockenwelle (120a, 120b) mit einer Übersetzung von 2:1 mit der Kurbelwelle (116) gekoppelt ist, so dass im Betreib die wenigstens eine Nockenwelle (120a, 120b) die halbe Drehzahl der Kurbelwelle (116) aufweist.

5. Anordnung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventilsteuerung (120) derart ausgelegt ist, dass:

   - in einem ersten Takt, in welchem sich der Kolben (112) zum Zylinderkopf (118) hinbewegt, das Auslassventil (119b) geöffnet und das Einlassventil (119a) geschlossen ist, so dass der Kolben (112) durch den Unterdruck in Richtung des Zylinderkopfs (118) gezogen wird;

   - in einem darauffolgenden zweiten Takt, in welchem sich der Kolben (112) vom Zylinderkopf (118) wegbewegt, einem ersten Zeitabschnitt das Auslassventil (119b) geschlossen und das Einlassventil (119a) geöffnet ist und in einem darauffolgenden zweiten Zeitabschnitt beide Ventile (119a, 119b) geschlossen sind, so dass im zweiten Zeitabschnitt der sich vom Zylinderkopf (118) wegbewegende Kolben (112) im Arbeitsraum (113) einen Unterdruck erzeugt.

6. Anordnung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Motorblock (117), der Kolben (112), der Pleuel (115), die Kurbelwelle (116), die wenigstens eine Nockenwelle (120a, 120b) und/oder das Kurbelgehäuse (117a) des Hubkolbenmotors (110), insbesondere die gesamte mechanische Struktur des Hubkolbenmotors (110), aus Kunststoff, Keramik und/oder einem Verbundwerkstoff besteht.

7. Anordnung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Unterdruckkammer (130) fluidleitend mit einer Vakuumerzeugungseinrichtung (132, 133), insbesondere einer Vakuumpumpe, verbunden ist, so dass die Unterdruckkammer (130) durch die Vakuumerzeugungseinrichtung (132) evakuiert werden kann oder wird.

8. Anordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Vakuumerzeugungseinrichtung (133) ein Venturi-Rohr beinhaltet.

9. Anordnung nach wenigstens einem der Ansprüche 7 – 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Vakuumerzeugungseinrichtung (132, 133) eine elektrisch betriebene Vakuumpumpe (132a), insbesondere eine Drehschieberpumpe, beinhaltet und wobei optional die Vakuumerzeugungseinrichtung nebst der elektrisch betriebenen Vakuumpumpe (132a) zusätzlich einen Vakuum-Booster (132b) beinhaltet, welcher zwischen Unterdruckkammer (130) und der elektrisch betriebenen Vakuumpumpe (132a) geschaltet ist.

10. Anordnung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Hubkolbenmotor (110) über einen Turbolader (122) verfügt, wobei der Turbolader (122) so konfiguriert ist, dass er durch die aus dem Auslassventil (119b) strömende Luft angetrieben wird und die über das Einlassventil (119a) zugeführte Umgebungsluft verdichtet.

11. Anordnung nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kurbelwelle (116) des Hubkolbenmotors (110) mit einem Stromgenerator (140) gekoppelt ist, so dass durch die Arbeit des Hubkolbenmotors (110) elektrischer Strom (E) erzeugt werden kann oder wird.

12. Verfahren zum Betrieb einer Anordnung (100) gemäss einem der Ansprüche 1 – 11, wobei über das Einlassventil (119a) und das Auslassventil (119b) im Arbeitsraum (113) abwechselnd Unterdruck und Umgebungsdruck angelegt wird, so dass der Kolben (112) im wenigstens einen Zylinder (111) hin und zurück bewegt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck in der Unterdruckkammer (130) wenigstens 0.2 bar, insbesondere wenigstens 0.4 bar, im Speziellen wenigstens 0.7 bar, geringer ist als der den Hubkolbenmotor (110) umgebenden Atmosphärendruck (A).

14. Verwendung einer Anordnung gemäss einem der Ansprüche 1 – 13 zum Antreiben einer mechanischen Maschine (M) und/oder zur Erzeugung von elektrischem Strom (E).

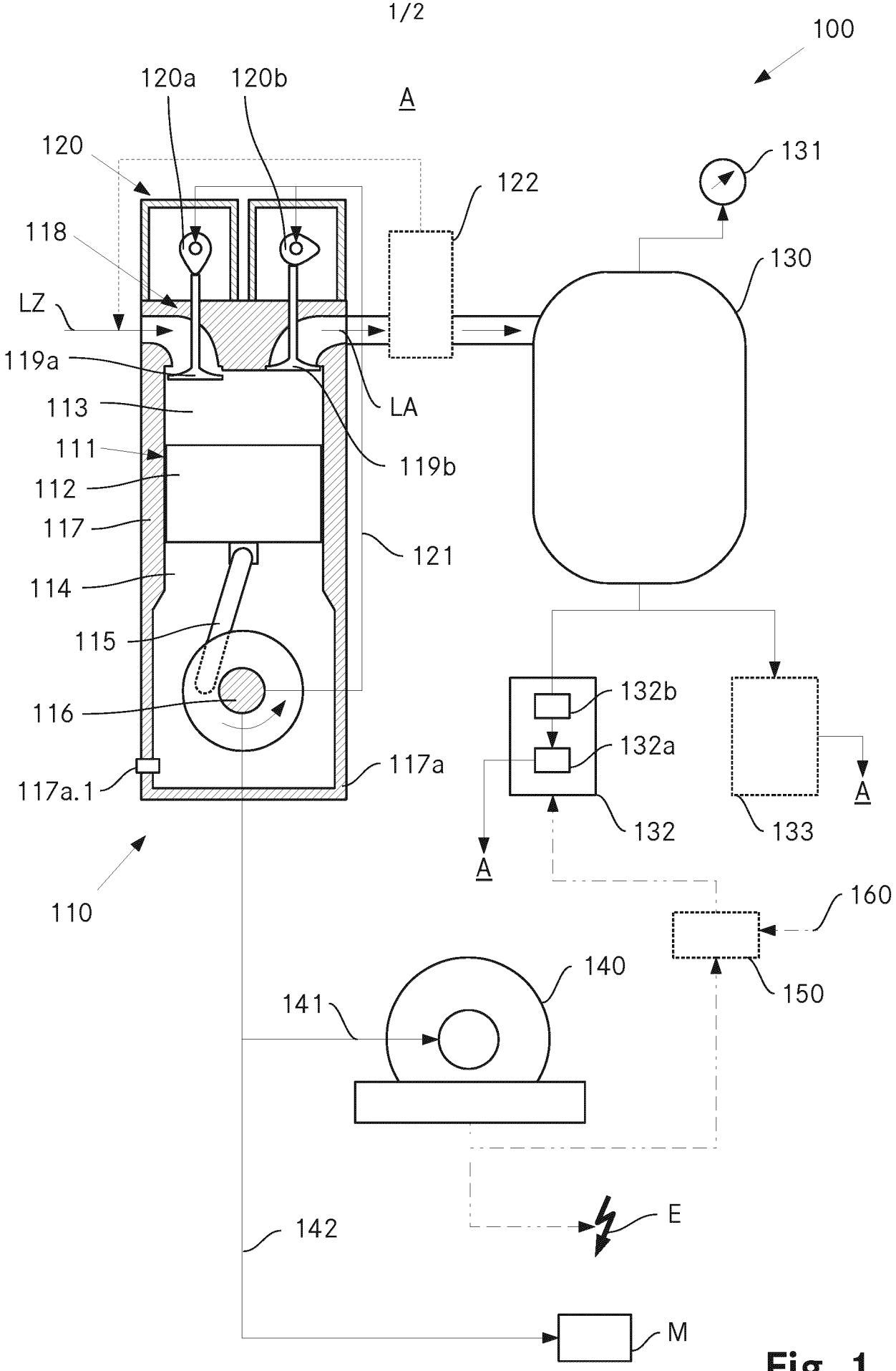

100
120a
120b
A
120
131
122
118
130
LZ
119a
LA
113
119b
111
112
117
121
114
115
116
117a
117a.1
132b
132a
A
A
132
133
110
160
140
141
150
E
142
M

Fig. 1

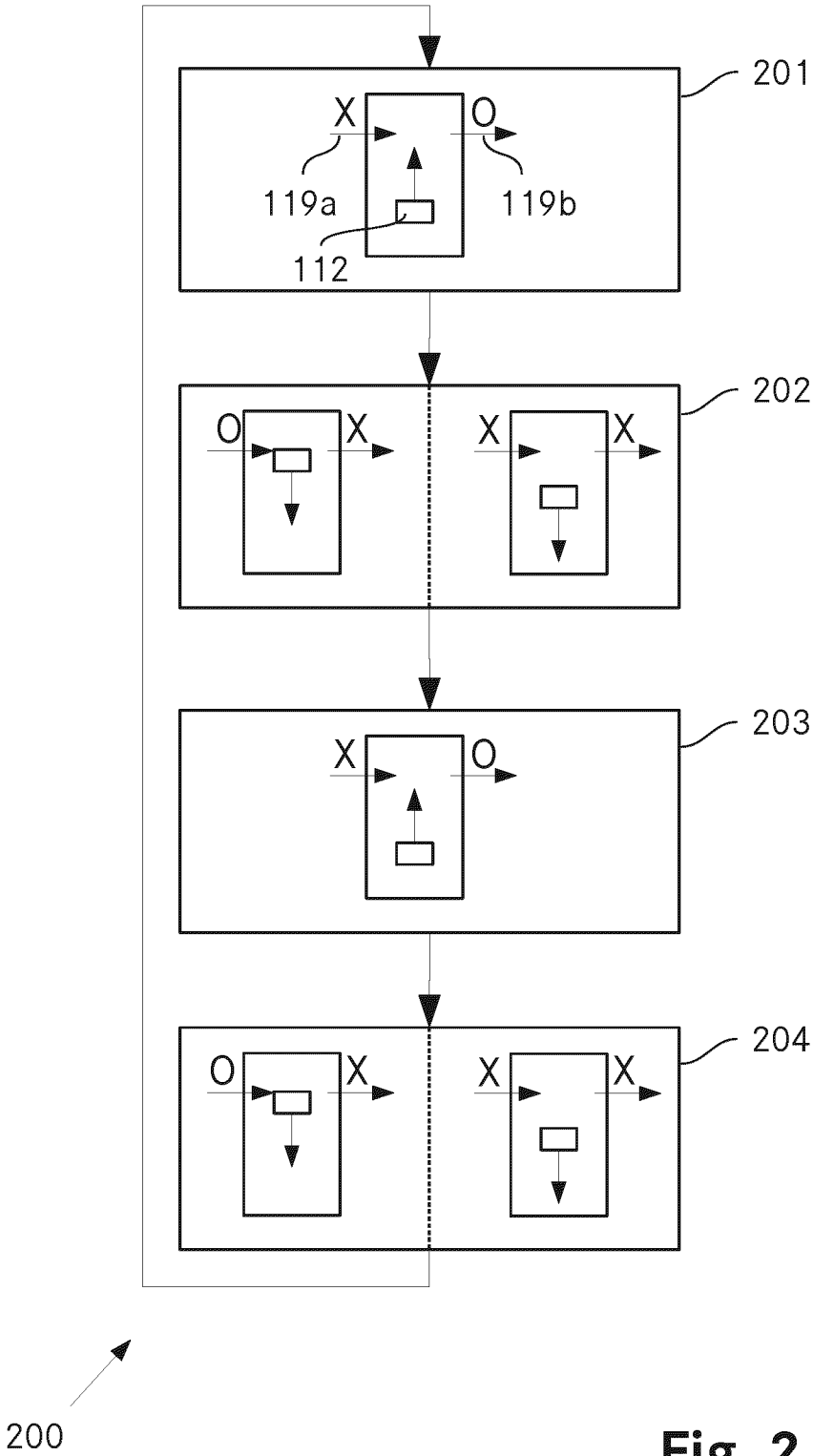


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2023/052191

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F01B 25/02(2006.01)i; ***F01B 29/02***(2006.01)i; ***F04B 9/12***(2006.01)i; ***F04F 5/04***(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F01B; F04B; F04F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 3249155 A1 (BENKENDIL MOHAMED [FR]) 29 November 2017 (2017-11-29) cited in the application paragraph [0017] - paragraph [0020]; figures 1,12	1-14
A	US 3700359 A (VANDERJAGT JOHN A) 24 October 1972 (1972-10-24) column 3, line 12 - column 4, line 12; figures 1,3	1-14
A	DE 202010015561 U1 (OPP WILLI [DE]) 20 January 2011 (2011-01-20) paragraph [0022] - paragraph [0028]; figures 1-8	1-14
A	DE 20118521 U1 (STEINERT MANFRED [DE]) 18 April 2002 (2002-04-18) paragraph [0061] - paragraph [0065]; figures 1,2	1-14

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
20 March 2023	**06 April 2023**
Name and mailing address of the ISA/EP **European Patent Office** **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	Authorized officer **Tietje, Kai** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2023/052191

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
EP 3249155 A1	29 November 2017	EP 3249155 A1	29 November 2017
		FR 3051855 A1	01 December 2017
US 3700359 A	24 October 1972	NONE	
DE 202010015561 U1	20 January 2011	NONE	
DE 20118521 U1	18 April 2002	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2023/052191

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F01B25/02 F01B29/02 F04B9/12 F04F5/04
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F01B F04B F04F

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 3 249 155 A1 (BENKENDIL MOHAMED [FR]) 29. November 2017 (2017-11-29) in der Anmeldung erwähnt Absatz [0017] - Absatz [0020]; Abbildungen 1,12	1-14
A	US 3 700 359 A (VANDERJAGT JOHN A) 24. Oktober 1972 (1972-10-24) Spalte 3, Zeile 12 - Spalte 4, Zeile 12; Abbildungen 1,3	1-14
A	DE 20 2010 015561 U1 (OPP WILLI [DE]) 20. Januar 2011 (2011-01-20) Absatz [0022] - Absatz [0028]; Abbildungen 1-8	1-14

-/--

[x] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [x] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung;; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung;; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
20. März 2023	06/04/2023

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Tietje, Kai

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2023/052191

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 201 18 521 U1 (STEINERT MANFRED [DE]) 18. April 2002 (2002-04-18) Absatz [0061] - Absatz [0065]; Abbildungen 1,2 -----	1-14

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2023/052191

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 3249155 A1	29-11-2017	EP 3249155 A1	29-11-2017
		FR 3051855 A1	01-12-2017
US 3700359 A	24-10-1972	KEINE	
DE 202010015561 U1	20-01-2011	KEINE	
DE 20118521 U1	18-04-2002	KEINE	