

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 6/2019  
(22) Anmeldetag: 10.01.2019  
(45) Veröffentlicht am: 15.07.2024

(51) Int. Cl.: **F01C 1/344** (2006.01)  
**F01C 21/08** (2006.01)  
**F02B 55/00** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
AT 518480 A1  
US 4241713 A  
US 2027972 A  
DE 3220739 A1

(73) Patentinhaber:  
Falkinger Walter Ing.  
4030 Linz (AT)

(72) Erfinder:  
Falkinger Walter Ing.  
4030 Linz (AT)

### (54) Polytropenmotor

(57) Verbrennungsmotor nach dem Otto-, Diesel-, oder Joule-Prozess mit der Ausnutzung des Arbeitsgasdruckes bis 1 bar abs. nach dem Grundprinzip des Zellenradmotors AT 518480 mit einem exzentrisch zum Gehäuse (16) gelagerten Rotor (4) mit den zwangsgeführten Zellenwänden (10), die mit beweglichen Dichtleisten (20) versehen sind, dadurch sich dichte Zellenvolumen ergeben, die Zellenwand mit den Bolzen durch Gleitstücke (12) in einer sich mitdrehenden Scheibe gelagert sind, das Ansaugvolumen kleiner als jenes des Austrittsvolumens nach der Expansion gestaltet ist und auf diese Art und Weise 1 bar abs. erreicht werden mit vollständiger Ausnutzung der technischen Expansionsarbeit mit entsprechender Wirkungsgradsteigerung gegenüber herkömmlichen Hubkolbenmotoren die teils beträchtliche Restdrücke und damit hohe Abgasverluste aufweisen.

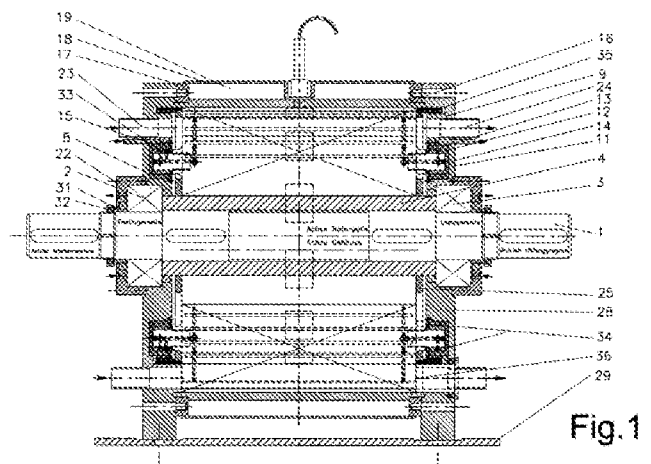


Fig. 1

## Beschreibung

### POLYTROPENMOTOR

**[0001]** Die Bezeichnung Polytropenmotor wurde auf Grund der Ausnutzung der technischen Arbeit bei der polytropen Entspannung des Arbeitsgases bis auf 1 bar abs. gewählt. Übliche Hubkolbenmotoren weisen in der Regel bei Öffnen des Auslassventils Restdrücke, je nach Verdichtungsverhältnis und Verbrennungstemperatur, von etwa 3 bis 6 bar abs. auf, welche für die Leistungsgewinnung am Hauptmotor nicht genutzt werden können. Hier gibt es in der Patentliteratur das Atkinson - oder Millerverfahren, wo versucht wird, ein unterschiedliches Ansaug - / Expansionsvolumen herzustellen. Auch hiesiger Anmelder hat diesbezüglich eine Anwendung bei einem Hubkolbenmotor (AT 517423 A1) eingebracht, die sich jedoch wie die anderen von gegenständlicher Anmeldung grundsätzlich unterscheiden.

**[0002]** Gegenständliche Konstruktion ist vom Grundprinzip in wichtigen Teilen im Wesentlichen ähnlich jener in dem zur Veröffentlichung aufgelegten Patent „Zellenradmotor“ AT 518480 dargelegten Beschreibung, jedoch mit mehreren wichtigen Abänderungen / Verbesserungen zum Stand der Technik. Der Übersicht halber wurde die technische Beschreibung mit den Bezugsnummern in Anlehnung an das zur Veröffentlichung aufgelegte Patent erstellt bzw. nochmals angeführt, ergänzt mit neuen Teilen, sodass dieser Vorzustand zur Inhaltserfassung nicht vorliegen muss.

**[0003]** Die vorliegende Konstruktion ist für das herkömmliche Otto - und Dieselvefahren mit im Wesentlichen gleichen Volumen beim Ansaugen und am Ende der Entspannung mit Restdrücken als auch für eine Aufladung mittels Abgasturbolader geeignet. Das Abgas mit höherer Temperatur weist im Normalfall bei der Entspannung vom Restdruck auf 1 bar abs. ein höheres Enthalpiegefälle auf, als jenes zur Verdichtung der Luft auf einen etwas höheren Druck als der Abgasdruck (ein übliches Radialgebläse mit veränderlicher Drehzahl dürfte ausreichen) zum Spülen (Ladungswechsel) der Zellenvolumen. Es ergibt sich hier noch ein Überschuss an Nutzleistung zur weiteren Verwendung.

**[0004]** Als Abgasturbolader, zumindest bei stationären Anlagen, könnte die später beschriebene Konstruktionsausführung beim Joule - Prozess mit Ausleitung von Luft und Einleitung von Abgas verwendet werden mit Leistungssteigerung und höherem Wirkungsgrade als der Stand der Technik, jedoch unter dem Isentropenmotor. In den Vordergrund gerückt wurde aber die Steigerung des Wirkungsgrades mit der damit verbundenen Einsparung von Brennstoff und CO<sub>2</sub> - Ausstoß an einem einzigen Motor. Die Nachschaltung eines ORC - Prozesses oder Heißgasprozesses, betrieben mit der Abgas - und Kühlwasserwärme brächte noch einige Prozentpunkte an Wirkungsgrad, dürfte allerdings nur bei stationären Anwendungen passen.

**[0005]** Gegenständlicher Polytropenmotor fußt von der Konstruktion aus betrachtet auf dem Prinzip des Zellenradmotors, wo ein exzentrisch gelagerter Rotor mit beweglichen Zellenwände aus Stahl mit Labyrinthdichtungen berührungsfrei laufen, dies bei gegenständlicher Konstruktion durch die hohen Gasdrücke auf eine berührte Dichtleiste abgeändert wurde und zu dichten Zellen führt. Der Zellenradmotor selbst wurde als Expansions - bzw. Kompressionsmaschine konzipiert, für welche auch die gegenständliche Konstruktion geeignet ist. Durch die Drehung entstehen erweiternde und verkleinernde Zellenvolumen, wo das Ansaugen und die Kompression bzw. Expansion und Ausschieben des Gases erfolgen.

**[0006]** Die Verwirklichung des Joule Prozesses mit getrennter Kompression und Expansion in eigenständigen Einheiten mit Zellenradmotor ist bekannt, gleichfalls finden sich in der Patentliteratur vom Prinzip her möglicher Einsatz als Expander (eingesehen WO 9535431 A1, WO 2007063357 A1). Das Patent WO 0052306 A1 ist vom Grundprinzip zur Verwendung als Motor zur gegenständlichen Anmeldung ähnlich, von der Konstruktionsausführung jedoch deutlich unterschiedlich, auch ist in diesem Patent die Ausnutzung des Arbeitsgasdruckes und damit der Polytrope bis 1 bar abs. nicht beabsichtigt. In der Darstellung wurde eine Brennkammer im Gehäuse vorgesehen, die eine Funktion nicht zulässt.

**[0007]** Besonderes Augenmerk wurde der Kinematik der Konstruktion gewidmet, da sich durch die Drehung und der Exzentrizität unterschiedliche Wege an der Führungsnut und dem Gehäusemantel je nach Position am Kreis ergeben und bei einer einheitlichen Lagerung z.B. einer durchgehenden Rollenlagerung sich die Rollen gegenseitig blockieren würden, die eine zufriedenstellende Funktion nicht erlauben würden, dies erst in einer sehr detaillierten Betrachtung der kinematischen Vorgänge ersichtlich ist.

**[0008]** Es ist erforderlich, dass die einzelnen Zellenwände eine eigene unabhängige sich nicht gegenseitig beeinflussende Lagerung in der Führungsnut erhalten, dies bei gegenständlicher Anmeldung beibehalten wurde und soweit gegangen wurde, dass die Führungsnut durch eine sich mitdrehende Scheibe mit der Führungsnut gestaltet wurde und das separate Gleitstück am Bolzen der Zellenwand mittels Gleitreibung nur noch eine Relativbewegung in der sich mitdrehenden Nut von nur wenigen Winkelgraden ausgleichen muss.

**[0009]** Bei gegenständlicher Konstruktion wurde weitgehend auf Gleitlager gesetzt, dies eine Vereinfachung der Konstruktion mit sich bringt und zum Teil deutlich höhere Kräfte gegenüber einem Rollenlager mit sich bringt. Grundsätzlich können jedoch auch Rollen - oder Wälzlager verwendet werden, wo aber bei besonders bei den Gleitlagern die Schmierung sichergestellt sein muss. Ein weiteres Detail bildet die Kühlung von Zellenwänden, Gehäuse und Rotor, welche in anderen Patenten keine besondere Erwähnung finden, zu einer sicheren Funktion jedoch unerlässlich sind und bei gegenständlicher Konstruktion breiter Raum eingeräumt wurde.

**[0010]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde eine Motorenkonstruktion zu beschreiben, mit welcher sowohl eine Verfahrensführung als Otto - als auch Dieselfverfahren (isochore bzw. isobare Wärmezufuhr) mit Restdrücken wie bei einem Hubkolbenmotor möglich ist, aber besonders ein Verfahren mit der Ausnutzung des Arbeitsgasdruckes bis 1 bar abs. erfolgt mit einer deutlichen Steigerung des Wirkungsgrades.

**[0011]** Die Erfindung löst die Aufgabe dadurch, dass hier eine Konstruktion dem Prinzip nach des Zellenradmotors, dargestellt in der Patentveröffentlichung AT 518480 verwendet wird, mit Ergänzungen / Abänderung von Teilen, welche sowohl Ansaugen bzw. Ladungswechsel, Verdichten, Expansion mit einer einzigen Konstruktion ermöglichen, wo der wesentliche Unterschied das unterschiedliche Ansaugvolumen im Vergleich zum Expansionsvolumen darstellt. Dies wird dadurch erreicht, dass auf der Ansaugseite (siehe Fig. 2 180° bis 360°) das Zellenvolumen durch Wahl der Verschlusskante erst bei etwa 240° gesetzt wird und dadurch das Ansaugvolumen veränderlich (voreingestellt) gestaltet werden kann.

**[0012]** Die Konstruktion (siehe Fig. 1, Fig. 2) besteht aus einer Welle mit mehreren Nuten für Passfedern (1), wo auf einer Seite der Antrieb einer Arbeitsmaschine (Generator oder Antriebsstrang) erfolgt, am anderen Ende die erforderlichen Hilfsaggregate. Die stabile Welle ist in Festlager (2) und der gegenüberliegenden Seite in einem Loslager (3) gelagert. Durch die hohe Beanspruchung kommt eher nur ein Gleitlager (mit Flüssigkeitsreibung) oder Nadellager in Frage. Auf der Welle fixiert wird der Rotor (4), welcher mit einer Anzahl von Nuten (abhängig vom gewünschten Arbeitsgasdruck) versehen ist.

**[0013]** In diesen Nuten befinden sich der Gleitlagerträger (5) mit Rillen (6) wo die Kühlluft durchströmen kann. Die Gleitlagerplatte (7) ist mit Nuten für die Schmierölführung versehen und mittels Schwalbenschwanzführung (8) mit dem Gleitlagerträger verbunden, wo mittels Führung (9) dieser in der Nut fixiert wird. Sollte es die Herstellbarkeit durch die beengten Verhältnisse erlauben, sollte auch hier eine Schwalbenschwanzführung gewählt werden. Die Zellenwände mit den beidseitigen Bolzen (10) werden bei der Drehung des Rotors durch die exzentrische Nut (11) ein- und ausgeschoben, wo über diese Bolzen auch die Zufuhr von Öl über Bohrungen zu den Gleitlagerplatten (7) erfolgt.

**[0014]** An den Bolzen befinden sich die mit Gleitlagerung gelagerten Gleitstücke (12), welche sich in der mitdrehenden Scheibe (13) in der Nut am Seitenteil (14) befindet. Die Zuleitung des Schmiermittels erfolgt über Bohrungen (15) im Seitenteil und Abfuhr an der Gegenseite. Die zwangsgeführte Radialbewegung erfolgt über die sich mit Rotordrehzahl mitdrehende Scheibe

mit der Nut (13) zur Aufnahme des Gleitstückes. Die Scheibe ist exzentrisch zum Rotor angeordnet und ist mit Rollen - oder Gleitlager gelagert. Die Achse des Rotors ist mit wählbarem Abstand zur Gehäuseachse angeordnet. Das Gehäuse (16) ist mit 2 Flanschen (17) und dem Kühlmantel (18) ausgestattet, in diesem Zwischenraum befindet sich das Kühlmedium (19), Luft, Wasser oder auch Thermalöl bei höheren Temperaturen.

**[0015]** Es sollte nach Möglichkeit eine hohe Temperatur der Gehäusewand im Bereich der Expansion und niedrige im Bereich der Kompression gewählt werden, dies durch entsprechende Führung des Kühlmediums erreicht werden könnte. Vorrangig ist jedoch die Möglichkeit, dass sich an der Gehäuseinnenseite eine Ölschicht ausbildet, die eine hydrodynamische Gleitreibung ermöglicht, wo neben der Belastung die Temperatur und damit Zähigkeit der Öls bei der entsprechenden Temperatur und Gleitgeschwindigkeit die bestimmenden Faktoren sind. Zu diesem Zweck wurde die Zellenwand in 2 Teilen ausgeführt, wo der überwiegende Teil (10) zwangsgeführt ist und ein kleiner Teil als bewegliche Dichtleiste (20), im Schnitt ähnlich der Form einer Linsenkopfschraube, aufgesetzt ist, die in einer Nut (21) in der Zellenwand auch die zwar geringfügigen, aber doch vorhandenen Abstandsänderungen zur Gehäusewand durch die Exzentrizität mitgehen kann und dadurch zu jeder Zeit die Dichtheit gewährleistet ist.

**[0016]** Die Dichtleiste (20) hat ein ungleich geringeres Gewicht zur gesamten Zellenwand und daher ist der Anpressdruck durch die Fliehkräfte auch entsprechend geringer und die Voraussetzungen zum Ausbilden einer Flüssigkeitsschmierung mit sehr geringen Reibwerten sehr gut. Die Gleitfläche am Schaft der Dichtleiste (21) kann vom Ölstrom für die Gleitplatten (7) versorgt werden und es bietet sich zudem die Möglichkeit den Gasdruck des Arbeitsgases im unteren Teil der Führungsnut durch eine oder mehrere kleinere Bohrungen die Dichtleiste, falls erforderlich, stärker an die Gehäusewand anzupressen. Das Mitgehen an den leicht ändernden Abstand zum Gehäusedurchmesser muss gewährleistet bleiben.

**[0017]** Im Gehäusedeckel ist bei Ölschmierung die Abdichtung (22) mittels Wellendichtringen oder Gleitringdichtung vorgesehen. Die Kühlluftzufuhr für den Rotor erfolgt im Querstrom über die Bohrung (23) und über Bohrung (24) auf der Gegenseite wieder abgeführt. Die Zufuhr der Kühlluft erfolgt durch Bohrungen an den Abschlussblechen des Rotors (25), wo sich hier die zu kühlenden Elemente wie die Zellenwände, Gleitlagerträger und Zwischenstücke mit Verbrennungsmulde (26) befinden. Der unterschiedliche Kühlluftbedarf der Gleitlagerung der Zellenwand bzw. Verbrennungsmulde wird durch unterschiedliche Durchmesser der Bohrungen oder einschraubbare Einsätze mit unterschiedlichem Durchmesser gestaltet.

**[0018]** Im Zwischenraum zwischen den einzelnen Zellenwänden bzw. Gleitlagerträger befindet sich das an der Rotorseite mit Kühlluft durchströmte Zwischenstück (26), wo entweder mittig eine oder seitlich mehrere Verbrennungsmulden (27) vorgesehen sind. Diese Leisten werden mit den Gleitlagerträgern für die Zellenwände am Rotor eingeschoben. Eine Fixierung mittels Schrauben ist denkbar. Die Seitenwände (28) sind an der Grundplatte (29), an der Loslagerseite verschiebbar durch die Wärmedehnungen des Gehäuses, befestigt. In den Seitenwänden befinden sich auch die Ausnehmungen (30) für das Spülen der Zellenvolumen, wo von einer Seite reine Luft mit geringem Überdruck (je nach erforderlicher Zeit / Geschwindigkeit den Ladungswechsel zu vollziehen) einströmt und das dort in der Zelle befindliche Verbrennungsgas an der gegenüberliegenden Seite in den Auspuff ausschleibt.

**[0019]** Die Positionierung des Rotors gegenüber dem Festlager und der Welle erfolgt mittels Positionsring (31), auf der Welle mittels Wellenmutter (32). Auf der Festlagerseite sind zur Fixierung der Zellenwände in Längsrichtung Haltestifte (33) vorgesehen und somit als Fixpunkt für die Zellenwände dient. Auf der Loslagerseite ist die Lagerung in der rotierenden Scheibe ohne Haltestift vorgesehen und auch längsverschiebbar gestaltet. Die rotierenden Scheiben mit Nut sind im Bereich der Gleitlagerung mit Haltringen (34) versehen, welche die Gleitstücke der Zellenwände in der Nut fixieren. Der Rotor ist an beiden Seiten mit Abschlussblechen (25) mit Labyrinthdichtung (35), deren Notwendigkeit in einer 3D-Studie festgestellt werden soll, versehen, um einen Gasaustritt aus dem Gehäuse zu vermeiden.

**[0020]** Voraussichtlich können die Wärmedehnungen an Rotor, Gehäuse und Zellenwand sehr

ähnlich gestaltet werden. Sicherheitshalber wird aber bei der Erstaussführung ein gewisser Spalt bei der Zellenwand vorab vorgesehen, die endgültige Ablängung aber im Betrieb durch einen Bolzen mit Schnittkante aus Hartmetall (36) im Bereich der Seitenwand der ausgefahrenen Zellenwände angebracht, welche noch eine vorhandene Überlänge durch Wärmedehnung wegscabt und so ein definierter Spalt in Richtung zur nächsten Zelle mit dem geringeren Druck vorliegt. Die Zellenwand wird an den Stirnseiten mit Nuten versehen, wo sich Öl, welches seitlich zugeführt wird, einlagern kann und zu dichten Zellenvolumen führt. Denkbar ist auch eine kleine Dichtleiste, wie jene am Umfang.

**[0021]** Die Öffnung in den Seitenwänden zum Spülen der Zellenvolumen ist so gestaltet, dass die Einströmkante / Verschlusskante zur Feinabstimmung durch unterschiedlich starke Bleche (37), welche in der Öffnung an den Seitenwänden angeschraubt werden, variiert werden kann. Die Lage der Verschlusskante ist so zu legen, dass am Beginn ein abgeschlossenes Volumen vorliegt, welches unter Berücksichtigung der Prozessauslegung mit der entsprechenden Verbrennungstemperatur und -druck, aber auch Wärmeverluste, am Ende der Expansion 1 bar abs. ergibt. Eine bewegliche Verschlusskante zur Veränderung des Ansaugvolumens ist denkbar. Als zumindest theoretischen Wert kann das Verhältnis der spez. Volumina Eintrittsvolumen zu Austrittsvolumen bei der entsprechenden Temperatur der jeweiligen Zelle angenommen werden, wobei noch die Wärmeverluste an Gehäuse und Rotor zu berücksichtigen sind.

**[0022]** Läuft der Motor als Dieselmotor wird reine Luft verdichtet und im oberen Bereich (plus / minus 0°) der Kraftstoff durch eine Düse (38) eingespritzt, der sich an der durch die Kompression heißen Luft in der Verbrennungsmulde entzündet und bis ca. 180° unter Arbeitsabgabe entspannt. Es gilt hier genauso die Berücksichtigung des Zündverzuges wie beim Hubkolbenmotor. Bei Verwendung als Ottoverfahren mit der Verwendung von einem Vergasertreibstoff oder gasförmigen Brennstoff sollte auch die Luft aus dem Ladungswechsel erst nach Schließen der Abschlusskante entweder feinst zerstäubt eingespritzt oder bei gasförmigen Brennstoff unter leichtem Überdruck im Bereich von 270° über kleine Bohrungen über die gesamte Gehäusebreite zugeführt werden und dann verdichtet.

Eine Steigerung von Wirkungsgrades und Leistung könnte sich durch Eindüsung einer abgemessenen Menge Wasser, feinst zerstäubt, am Beginn der Kompression ergeben, welche dann verdunstet und auch die Kompressionsleistung etwas vermindert, da hier durch die höhere spez. Wärmekapazität von Wasserdampf die Verbrennungs- / Arbeitsgastemperatur abgesenkt werden kann und sich dadurch die Wärmeverluste an die Gehäusewände verringern, die dann für die Expansion zur Verfügung stehen. Beim Dieselmotorverfahren darf allerdings die Selbstentzündungstemperatur nicht unterschritten werden. Beim Ottoverfahren wurde dies allerdings höhere Verdichtungsdrücke / Verdichtungsverhältnisse erlauben.

**[0023]** Es könnte sich bei höheren Drehzahl das Problem ergeben, dass durch die rasche Abfolge der Verbrennungsmulden die Intervalle für die rechtzeitige Bereitstellung eines Zündfunken durch eine Zündkerze bzw. der Einspritzmenge an Diesel ein Problem werden könnte. Eine Abhilfe könnte hier sein, dass mehrere Zündkerzen / Einspritzdüsen angeordnet werden und die Verbrennungsmulden ebenfalls seitlich versetzt angeordnet werden. Die Lage der Zündkerze / Düse wird dann mit der jeweiligen Verbrennungsmulde kombiniert. So könnten die Intervalle zur Zündung je Düse / Zündkerze deutlich verlängert werden und Zeiten wie bei üblichen Hubkolbenmotoren entstehen.

**[0024]** Beim Dieselmotor erfolgt die Zufuhr des Brennstoffes über Düse (38) bzw. beim Ottoverfahren die Entzündung des Brennstoff - Luftgemisches mittels Zündkerze, die beide im Bereich von 0° angeordnet sind. Die Kühlwasserzufuhr zum Mantel erfolgt über Rohr (39) die Ausleitung über Rohr (40). Das zur Ausbildung eines Schmierfilmes am inneren Gehäusemantel erforderliche Öl wird über Leitung (41) zugeführt, wo sich auch kleine Bohrungen über die gesamte Breite im Gehäusemantel befinden. Ein Überschuss an Öl kann durch Leitung (42) ebenfalls mit kleinen Bohrungen im Gehäuse abgeleitet werden. Die Ölzufuhr sollte eher im drucklosen Bereich, oder nur mit geringen Arbeitsgasdrücken erfolgen. Die Zufuhr von flüssigen Vergaserkraftstoffen mittels einer Düse oder die Zufuhr von gasförmigen Brennstoff erfolgt über Leitung (43) im Bereich von 270°, ebenfalls nur mit geringen Arbeitsgasdrücken.

**[0025]** Der Vollständigkeit halber sei auch angeführt, dass mit der Konstruktion auch ein Joule - Prozess ausgeführt werden kann. Die Luft wird im linken Bereich verdichtet, im Bereich, je nach gewünschtem Druck, bei etwa 330° bis 360° ausgeleitet und einer Brennkammer mit kontinuierlicher Verbrennung zugeführt. Die erhitzte Luft wird im rechten Bereich von ca. 0° bis 60° dem Motor zur Entspannung wieder zugeführt. Im Bereich von etwa 180° bis 240° erfolgt der Ladungswechsel unter abgestimmten Druck der Frischluft. Je nach Austrittstemperatur kann diese Luft auch für einen Rekuperator mit Erhitzung der komprimierten Luft vor der Brennkammer verwendet werden mit entsprechender Steigerung des Wirkungsgrades und Brennstoffeinsparung.

**[0026]** Diese fällt besonders hoch aus, wenn bei der Kompression Wasser feinst zerstäubt eingedüst wird, dies zu einer isothermenähnlichen Kompression mit geringem Leistungsbedarf führt. Mit dieser Konstruktion können deutlich höhere Drücke und Temperaturen als bei AT 518480 und dadurch auch höhere Leistungen und Wirkungsgrade bei gleicher Baugröße erreicht werden. Bessere thermische Verhältnisse würden durch Trennung von Kompression und Expansion in jeweiligen separaten Einheiten erreicht, da der Ladungswechsel nur bedingt exakt erfolgen kann und heiße Luft zur Kompression, oder kalte Luft zum Rekuperator gelangen könnte. Die Verwendung nur als Kompressor oder Expander ist durch entsprechend gestaltete Ein- und Auslässe möglich.

#### NÄHERUNGSWEISE BETRACHTUNG DES WIRKUNGSGRADES:

**[0027]** Die hier gewählten Parameter sind beispielsweise herausgegriffen, wo es hinsichtlich der Wahl von Verdichtungsdruck und Verbrennungstemperatur eine Vielzahl verschiedener Kombinationen gibt, die naturgemäß zu einem anderen Ergebnis führen. Vorläufig angenommen: Ottoverfahren mit Verdichtungsverhältnis 1:15 (Verdichtungsdruck ca. 40 bar abs., isochore Wärmezufuhr bis ca. 100 bar Verbrennungsdruck erreicht werden ca. 2000 K) und Dieselfverfahren mit Verdichtungsverhältnis ca. 1:26 (Druck ca. 100 bar abs. isobare Wärmezufuhr), sodass sich die gleiche Expansionenthalpie ergibt. Verbrennungstemperatur angenommen beide ca. 2000 K. Ansaugtemperatur 0° C. Leider wurden keine verlässlichen Formeln zur Errechnung des Restdruckes gefunden. Der hier angenommene Restdruck stellt daher nur einen sehr groben Richtwert dar, wo Sie wahrscheinlich verlässlichere Angaben haben. Angenommen bei Dieselmotor 2,8 bar abs., bei einem Ottoverfahren ist dieser durch das niedrigere Verdichtungsverhältnis höher, angenommen ca. 3,8 bar abs.

**[0028]** Otto: Isentrope Kompression bis 40 bar abs.:

$$T_2 = T_1 \times p_2 \text{ hoch } 0,285 = 273 \times 40 \text{ hoch } (k - 1 / k = 0,285) = 781 \text{ K}$$

**[0029]** Diesel: Isentrope Kompression bis 100 bar abs.:

$$T_2 = T_1 \times p_2 \text{ hoch } 0,285 = 273 \times 100 \text{ hoch } 0,285 = 1014 \text{ K}$$

**[0030]** Isentrope Expansion bis 1 bar abs.:

$$T_2 = T_1 \times p_2 / p_1 \text{ hoch } 0,285 = 2000 \times 0,01 \text{ hoch } 0,285 = 538 \text{ K}$$

**[0031]** Isentrope Expansion bis Restdruck (Diesel) 2,8 bar.abs.:

$$T_2 = T_1 \times p_2 / p_1 \text{ hoch } 0,285 = 2000 \times (2,8/100) \text{ hoch } (k-1/k = 0,285) = 721 \text{ K}$$

**[0032]** Isentrope Expansion bis Restdruck (Otto) 3,8 bar.abs.:

$$T_2 = T_1 \times p_2 / p_1 \text{ hoch } 0,285 = 2000 \times (3,8 / 100) \text{ hoch } 0,285 = 787 \text{ K}$$

**[0033]** Enthalpiewerte bei den jeweiligen Temperaturen: h (kJ / kg) - cpm (kJ / kg.K) x t (°C)

$$538 \text{ K} = 265^\circ \text{ C} \times 1,015 \text{ kJ / kg.K} = 269 \text{ kJ / kg}$$

$$721 \text{ K} = 448^\circ \text{ C} \times 1,035 \text{ kJ / kg.K} = 464 \text{ kJ / kg}$$

$$781 \text{ K} = 508^\circ \text{ C} \times 1,041 \text{ kJ / kg.K} = 529 \text{ kJ / kg}$$

$$787 \text{ K} = 514^\circ \text{ C} \times 1,040 \text{ kJ / kg.K} = 535 \text{ kJ / kg}$$

$$1014 \text{ K} = 741^\circ \text{ C} \times 1,067 \text{ kJ / kg.K} = 791 \text{ kJ / kg}$$

$$2000 \text{ K} = 1727^\circ \text{ C} \times 1,147 \text{ kJ / kg.K} = 1981 \text{ kJ / kg}$$

**[0034]** Wirkungsgrad =  $\frac{\text{Expansionsenthalpie} - \text{Kompressionsenthalpie}}{\text{zugeführte Wärme}}$

**[0035]** Dieselmotor / Isentropenmotor.:

$$\frac{(1981 \text{ kJ / kg} - 269 \text{ kJ / kg}) - (791 \text{ kJ / kg} - 0 \text{ kJ / kg (0°C)})}{(1981 \text{ kJ / kg} - 791 \text{ kJ / kg})} = \frac{1712-791}{1190} = \frac{921}{1190} = 0,774$$

**[0036]** Dieselmotor mit Berücksichtigung Restdruck:

$$\frac{(1981 \text{ kJ / kg} - 464 \text{ kJ / kg}) - (791 \text{ kJ / kg} - 0 \text{ kJ / kg (0°C)})}{(1981 \text{ kJ / kg} - 791 \text{ kJ / kg})} = \frac{1517-791}{1190} = \frac{726}{1190} = 0,61$$

**[0037]** Ottomotor / Isentropenmotor.:

$$\frac{(1981 \text{ kJ / kg} - 269 \text{ kJ / kg}) - (529 \text{ kJ / kg} - 0 \text{ kJ / kg (0°C)})}{(1981 \text{ kJ / kg} - 529 \text{ kJ / kg})} = \frac{1712-529}{1452} = \frac{1183}{1452} = 0,814$$

**[0038]** Ottomotor mit Berücksichtigung Restdruck:

$$\frac{(1981 \text{ kJ / kg} - 535 \text{ kJ / kg}) - (529 \text{ kJ / kg} - 0 \text{ kJ / kg (0°C)})}{(1981 \text{ kJ / kg} - 529 \text{ kJ / kg})} = \frac{1446-529}{1452} = \frac{917}{1452} = 0,631$$

**[0039]** Die Werte erscheinen plausibel. Der praktisch erreichbare Wirkungsgrad beim Dieselmotor ist mit ca. 0,45 bekannt. Wenn ich die Differenz zu dem Wert mit Restdruck heranziehe und als Wärmeverlust jenen des Hubkolbenmotors auch für den Isentropenmotor mit Restdruck 1 bar abs. unterstelle, ergibt ein ungefähr auch praktisch erreichbarer Wirkungsgrad von ca. 62 %, dies einer Steigerung von ca. 36 % (relativ) ergeben würde.

**[0040]** Bei einem herkömmlichen Gasmotor / Ottomotor sind praktische Wirkungsgrade von ca. 40% bekannt. Unterstellt man auch hier die Wärmeverluste wie jene des Hubkolbenmotors als gleich, ergäbe sich beim Isentropenmotor nach dem Ottoverfahren einen ungefähren Wirkungsgrad von etwa 59 %, dies eine Steigerung von ca. 47 % (relativ) ergäbe.

**[0041]** Nachgeschalteter ORC - Prozess: Unterstellt Abgas - und Kühlwasserwärme = ca. 35 % vom Gesamtenergieeinsatz, ORC - Mediumtemperatur ca. 100° C, ergäbe ca. 10 % Wirkungsgrad Ausnutzung ORC - Medium = ca. 4 % (absolut) höherer Gesamtwirkungsgrad.

**[0042]** Der Vollständigkeit kann hier erwähnt werden, dass die Wärmeverluste über das Gehäuse und dem Rotor nicht nur durch Abzug bei der technischen Arbeit der Polytrope berücksichtigt werden kann, sondern auch durch eine höhere Wärmezufuhr (höhere Temperatur) am Ausgang zur Expansion, dies in der Berechnung etwas bessere Werte für den Wirkungsgrad bringen würde. Die zu erwartenden praktischen Wirkungsgrade des Isentropenmotors liegen etwa im Bereich des theoretischen der herkömmlichen Motoren mit den Restdrücken.

**[0043]** Hier ist auch anzuführen, dass der Motor im Bereich der Auslegungsdaten betrieben werden soll, um den optimalen Wirkungsgrad zu erreichen. Bei Abweichungen ergibt sich ein Restdruck bei höherer Verbrennungstemperatur oder bei Temperaturunterschreitung auch ein Unterdruck am Auslass, dies Minderungen des Wirkungsgrades zur Folge hat, jedoch noch immer höhere Wirkungsgrade als ein herkömmlicher Hubkolbenmotor. Das Optimum würde erreicht, wenn Leistungsänderungen über die Drehzahl erfolgen und die Verbrennungstemperatur gleich belassen werden könnte mit dem Enddruck von 1 bar abs. Hier sind die Getriebekonstruktion gefordert, diesen Betriebszustand automatisiert zu ermöglichen.

**[0044]** Für den Betrieb des Motors mit Joule Prozess wurde ein Druck 20 bar. abs. wegen des nur beschränkt vorhandenen Spalts beim Einbringen der erhitzten Luft angenommen. Die Eintrittstemperatur wurde auf 1700 K abgesenkt. Es könnten mit jener Wärme, welche an die Gehäusewand abgegeben wird bei entsprechender Temperatur über Thermalöl zur Dampferzeugung genutzt werden und dem Gasstrom, je nach Druck, vor der Brennkammer oder während des Kompressionsweges beigemischt werden, oder bei stationären größeren Anlagen ein separater Dampfkraftprozess betrieben würde.

**[0045]** Joule Prozess: Isentrope Kompression bis 20 bar abs:

$$T_2 = T_1 \times p_2^{\text{hoch } 0,285} = 273 \times 20^{\text{hoch } 0,285} = 641 \text{ K (368° C)}, h = 377 \text{ kJ / kg}$$

**[0046]** Isothermenähnliche Verdichtung bis 20 bar:  $R \times T \times \ln p_2 / p_1 = \text{ca. } 275 \text{ kJ / kg}$

Wasserdampfanteil ca. 10 %: ca. 22 kJ / kg; gesamt ca. 297 kJ / kg

**[0047]** Isentrope Expansion bis 1 bar abs.:

$$T_2 = T_1 \times p_2 / p_1 \text{ hoch } 0,285 = 1700 \times 0,05 \text{ hoch } 0,285 = 724 \text{ K (453° C)}, h = 468 \text{ kJ / kg}$$

**[0048]** Eintrittstemperatur: 1700 K (1427° C),  $h = 1606 \text{ kJ / kg}$

**[0049]** Expansion:

$$1606 \text{ kJ / kg} - 468 \text{ kJ / kg} = 1138 \text{ kJ / kg} + \text{H}_2\text{O Anteil: } 251 \text{ kJ / kg} = 1389 \text{ kJ / kg}$$

**[0050]** Brennstoffzufuhr: a) Bei luftgeführtem Prozess:  $1606 \text{ kJ / kg} - 377 \text{ kJ / kg} = 1229 \text{ kJ / kg}$

b) Bei luftgeführtem Prozess mit Rekuperator:  $1606 \text{ kJ / kg} - 468 \text{ kJ / kg} = 1138 \text{ kJ / kg}$

c) Mit Rekuperator und isothermenähnlicher Verdichtung:  $1389 \text{ kJ / kg}$

**[0051]** Wirkungsgrad: Linke Spalte ohne Verluste; Rechte Spalte mit Wärmeverlusten vereinfacht ca. 17 % Abzug bei Expansionsenthalpie

$$\text{a) } \frac{1138 \text{ kJ / kg} - 377 \text{ kJ / kg}}{1229 \text{ kJ / kg}} = \frac{761}{1229} = 0,619 \quad \frac{568}{1229} = 0,462$$

$$\text{b) } \frac{1138 \text{ kJ / kg} - 377 \text{ kJ / kg}}{1138 \text{ kJ / kg}} = \frac{761}{1138} = 0,668 \quad \frac{568}{1138} = 0,499$$

$$\text{c) } \frac{1389 \text{ kJ / kg} - 297 \text{ kJ / kg}}{1389 \text{ kJ / kg}} = \frac{1092}{1389} = 0,786 \quad \frac{856}{1389} = 0,616$$

**[0052]** Der theoretische Joule Prozess mit idealem Gas ( $c_p = 1,0 \text{ kJ / kg.K}$ ) ohne Wärmeverluste liegt bei 0,575 daher erscheinen auch diese Werte plausibel und die praktischen Werte liegen im Bereich der herkömmlichen Motoren, sieht man von den Zusatzmaßnahmen Rekuperator und isothermenähnlicher Verdichtung ab. Diese werden wahrscheinlich eher nur stationären Anwendungen vorbehalten zu sein. Auch die Werte für die Nutzleistungsausbeute bei gegebener Baugröße stehen den herkömmlichen Motoren nicht viel nach, wo bei Annahme des Dieselmotors mit 100 % der Ottomotor etwa 120 % und der Joule Prozess mit Rekuperator und isothermenähnlicher Verdichtung trotz abgesenkter Temperatur und Druck nur etwa 15 % unter dem Dieselmotor zu liegen kommt.

**[0053]** Ich habe mir auch erlaubt eine Berechnung mit dem Medium Methan und anderen Kohlenwasserstoffen (hohe  $c_p$  - Werte im hohen  $t$  - Bereich, geringe Werte im unteren  $t$  - Bereich) durchzuführen (isothermenähnliche Kompression, Rekuperator), wo ein geschlossener Kreislauf (siehe zur Veröffentlichung aufgelegtes Patent AT 517636, Wirkungsgradsteigerung von Heißgasprozessen) erforderlich ist und der sensibelste Teil der Wärmetauscher zum Einbringen der Wärme in das Medium darstellt. Hier wurde auch ein Druck von 15 bis 20 bar unterstellt, die mit dieser Konstruktion erreichbar sind, jedoch die Temperatur auf ca. 700° C abgesenkt, dies technologisch noch gut beherrschbar ist. Hier wurde trotz des hohen Druckes überraschenderweise ein Wirkungsgrad von ca. 73 % erreicht. Die erreichbare Leistung bei dieser geringen Temperatur beträgt hier ca. 150 % des Dieselmotors.



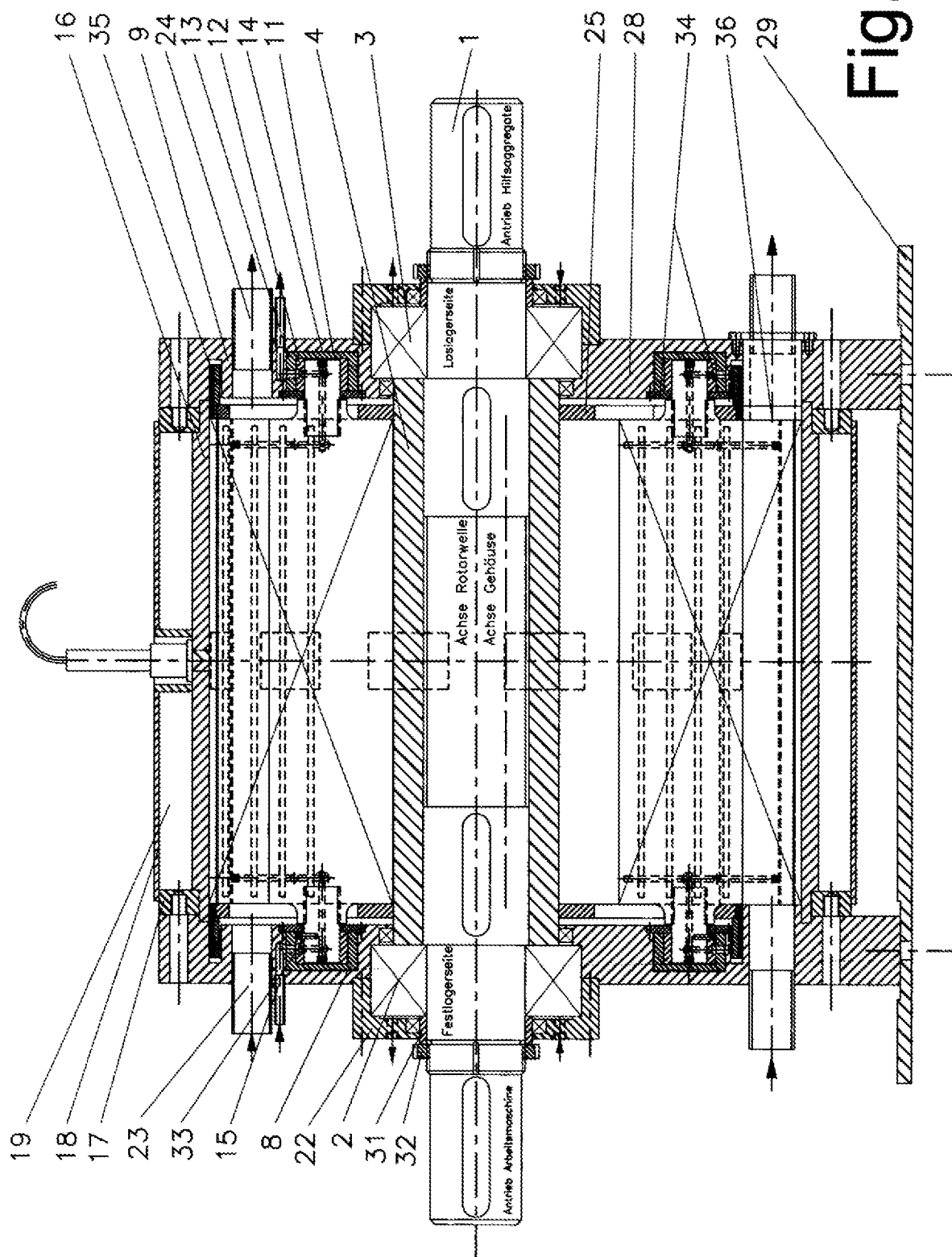
## BEZEICHNUNGEN IN ZEICHNUNGEN FIG. 1 UND FIG. 2

- 1 Rotorwelle mit Passfedern
- 2 Festlager
- 3 Loslager
- 4 Rotor
- 5 Gleitlagerträger
- 6 Rillen zur Schmierung
- 7 Gleitlagerplatte
- 8 Schwalbenschwanzführung
- 9 Führung in Rotornut
- 10 Zellenwand mit Bolzen
- 11 Exzentrische Nut in mitdrehende Scheibe
- 12 Gleitstücke
- 13 Mitdrehende Scheibe
- 14 Nut in Seitenteilen
- 15 Bohrung für Ölzufuhr von Seitenteilen mit Abfuhr in Gegenseite
- 16 Gehäuse
- 17 Flansche
- 18 Kühlmantel
- 19 Kühlmedium
- 20 Bewegliche Dichtleiste
- 21 Nut Dichtleiste
- 22 Gehäusedeckel mit Abdichtung
- 23 Bohrung für Kühlstrom
- 24 Bohrung Abfuhr Kühlluftstrom
- 25 Abschlussblech Rotor
- 26 Zwischenstück mit Verbrennungsmulde
- 27 Verbrennungsmulde
- 28 Seitenwände
- 29 Grundplatte
- 30 Öffnungen für Ladungswechsel
- 31 Positionsring
- 32 Wellenmutter
- 33 Haltestift
- 34 Halteringen
- 35 Labyrinthdichtung
- 36 Schnittkante mit Hartmetall
- 37 Blech zur Veränderung der Abschlusskante Ansaugvolumen
- 38 Einspritzdüse / Zündkerze
- 39 Kühlwasserzufuhr
- 40 Kühlwasserabfuhr
- 41 Zufuhr von Öl zu innerer Gehäusewand
- 42 Abfuhr von Öl aus innerer Gehäusewand
- 43 Zufuhr von flüssigem Vergaserkraftstoff oder gasförmigen Brennstoff

## Patentansprüche

1. Verbrennungsmotor nach dem konstruktiven Grundprinzip des Zellenradmotors mit einem exzentrisch zum Gehäuse (16) gelagerten Rotor (4) mit radial beweglichen Zellenwänden mit beidseitigen Bolzen (10), welche durch die in den Seitenwänden untergebrachten Nut mit den sich mitdrehenden Scheiben (13) bewegt sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass die beweglichen Zellenwände in mit Schmieröl beaufschlagten Gleitlagerplatten (7) mit Rillen (6) geführt sind, wo diese mit dem Gleitlagerträgern (5) und den Zwischenstücken mit Verbrennungsmulde (26) mit speziellen Führungen in den Rotor eingeschoben sind und dadurch fixiert sind, an den Bolzen Gleitstücke (12) vorgesehen sind, welche die zwangsgeführte Radialbewegung als auch Relativbewegung am Umfang und die Zufuhr des Öls von den Seitenwänden zu den beweglichen Zellenwänden ermöglichen und durch Drehung verkleinernde Zellenvolumen für die Kompression auf der einen Seite, Zufuhr des Brennstoffes im Zenit oder ein Joule Prozess mit Wärmezufuhr in einer externen Brennkammer, wo auf der linken Seite die Kompression erfolgt, die komprimierte Luft ausleitbar ist und der Brennkammer zuführbar ist und zur Expansion im rechten Teil des Motors wieder zuführbar ist wobei zur Wirkungsgradsteigerung ein Rekuperator und / oder zusätzlich eine isothermenähnliche Verdichtung mit Wassereindüsung bei der Kompression vorgesehen ist, mit sich erweiternden Zellenvolumen auf der anderen Seite ergeben mit Expansion auf 1 bar abs., dies durch ein kleineres Ansaugvolumen im Verhältnis zum Austrittsvolumen mit Arbeitsabgabe ermöglicht ist.
2. Verbrennungsmotor nach Anspruch 1., **dadurch gekennzeichnet**, dass die bewegliche Zellenwand (10) zweigeteilt ausgeführt ist, wobei der in den Gleitführungen (7) und über die Bolzen in einer exzentrischen sich mitdrehenden Scheibe (13) zwangsgeführte größere Teil mit einer Nut (21) versehen ist, in der die bewegliche Dichtleiste (20), welche durch die Fliehkraft an die mit Öl durch die Bohrungen (41) geschmierte Innenwand des Gehäuses gedrückt ist, geführt ist und auf diese Weise dichte Zellenvolumen entstehen.
3. Verbrennungsmotor nach einem der angeführten Ansprüche 1. bis 2., **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kühlluft für den Rotor (4) durch Querstrom über den Eintritt bei Bohrung (23), in den Öffnungen an der Rückwand der Gleitlagerträger (5) durchströmt und die Abfuhr der Wärme resultierend aus der Temperaturbeaufschlagung des expandierenden Arbeitsgases der Zellenwand über die Gleitlagerplatten (7) übernimmt und über Bohrung (24) den Motor wieder verlässt.
4. Verbrennungsmotor nach einem der angeführten Ansprüche 1. bis 3., **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kühlluft des Zwischenstückes mit Verbrennungsmulde (26) auf der dem Rotor zugewandten Seite mit einer Ausnehmung versehen ist, wo die Kühlluft durchströmt und die Wärme resultierend aus dem Kontakt mit der heißen komprimierten Luft und dem erhitzten Expansionsgas nach der Zündung abführbar ist, wobei die Aufteilung des Kühlluftstromes Zellenwand - Zwischenstück durch abgestimmte Bohrungen an den Abschlussblechen (25) erfolgt.
5. Verbrennungsmotor nach einem der angeführten Ansprüche 1. bis 4., **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abschlusskante zur Festlegung des Ansaugvolumens in den Seitenwänden (28) die Feinabstimmung mit Blechen (37) veränderlich gestaltet werden kann.
6. Verbrennungsmotor nach einem der angeführten Ansprüche 1. bis 5., **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Leistungssteigerung entweder Wasser in die Ansaugluft feinst eindüsbar ist, oder der Druck am Eintritt durch Aufladung erhöht und der damit verbundene höhere Restdruck am Ende des Prozesses dieser entweder in einem herkömmlichen Abgasturbolader oder effizienter in einer Konstruktion ähnlich der gegenständlichen Ausführung beim Joule - Prozess (ohne Brennkammer) verwendbar ist mit zusätzlicher Nutzleistungsgewinnung.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen



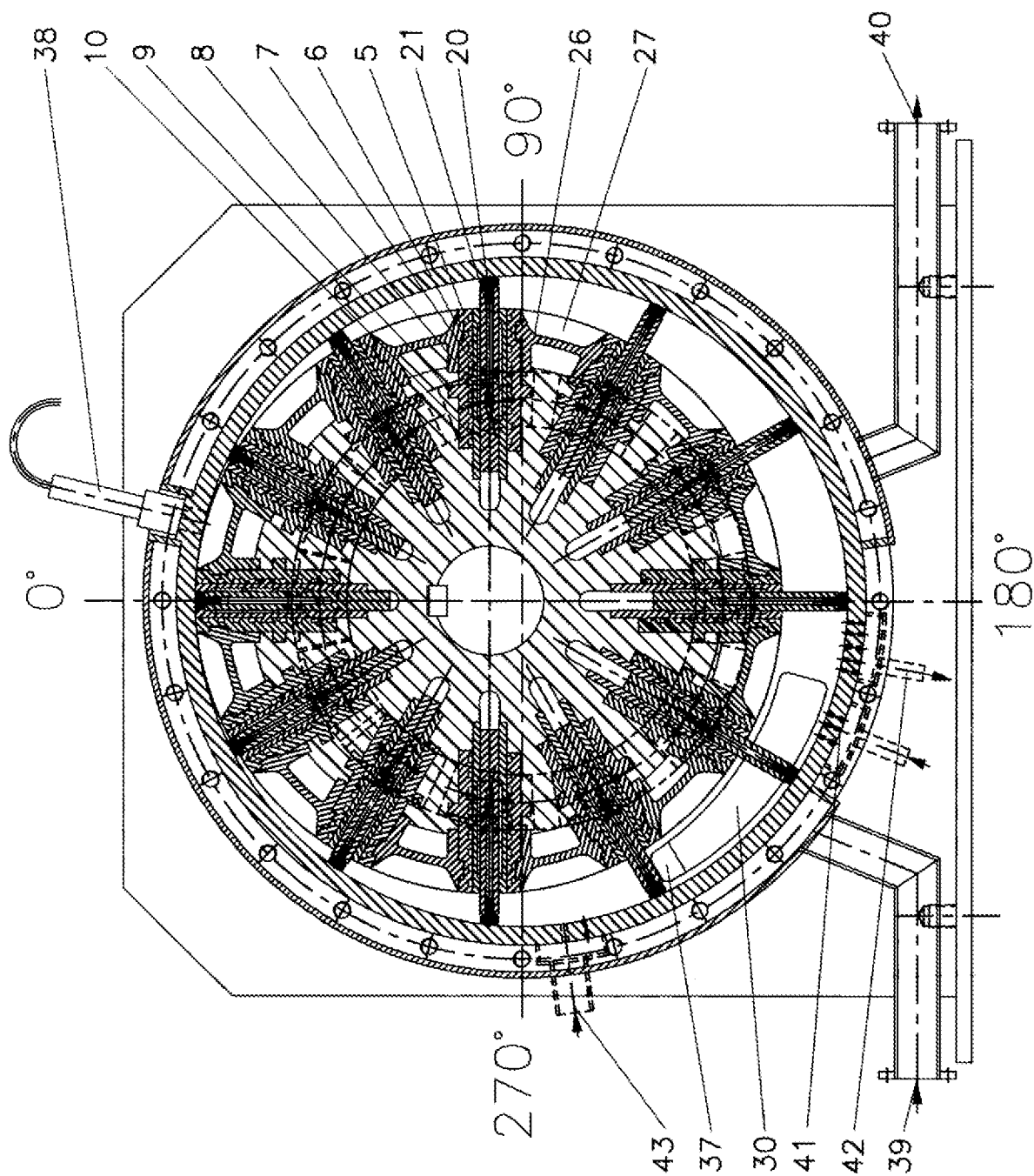


Fig. 2