

(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
7. Februar 2013 (07.02.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/017232 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/003184
- (22) Internationales Anmeldedatum: 26. Juli 2012 (26.07.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
A 1127/2011 4. August 2011 (04.08.2011) AT
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): AVL LIST GMBH [AT/AT]; Hans-List-Platz 1, 8020 Graz (AT).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MACHOLD, Alexander [AT/AT]; Gendarmerieplatz 1, 9400 Wolfsberg (AT). ENNEMOSER, Andreas [AT/AT]; Schöckelbachweg 1, 8045 Graz (AT). RUETZ, Josef [AT/AT]; Sankt-Peter-Hauptstrasse 31b, 8042 Graz - St. Peter (AT).
- (74) Anwalt: WALLINGER, Michael; Wallinger Ricker Schlotter Tostmann, Patent- und Rechtsanwälte, Zweibrückenstrasse 5-7, 80331 München (DE).

(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, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, 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, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) Title: SHAPING THE PISTON RECESS OF A ROTARY PISTON ENGINE

(54) Bezeichnung : FORMGEBUNG DER KOLBENMULDE EINER ROTATIONSKOLBENMASCHINE

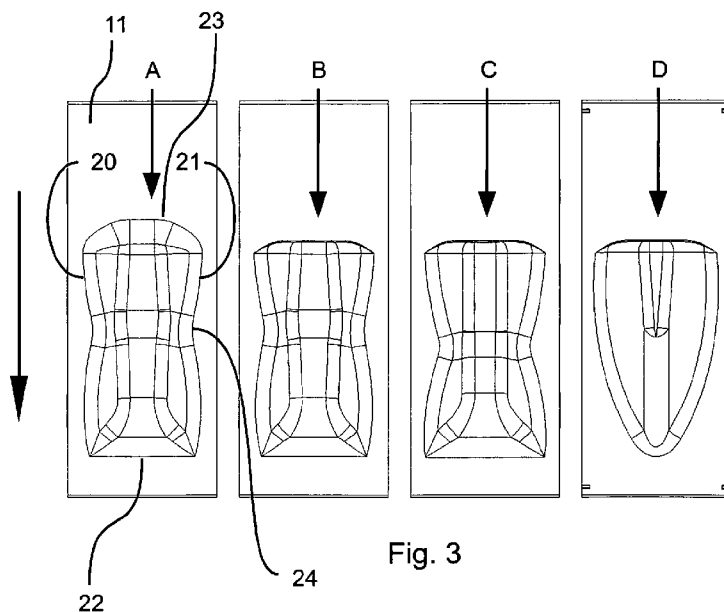


Fig. 3

(57) Abstract: In a rotary piston engine (1), the piston side walls (11) comprise piston recesses (12) having a substantially rectangular base shape, the longitudinal edges (20, 21) of which are curved inward in such a manner that the contour of the piston recess (12), at a restriction site (24) extending between the two longitudinal edges (20, 21), is smaller in terms of the extension thereof perpendicular to the rotation direction than at the front edge (22) and the rear edge (23). According to the invention, the width of the contour of the piston recess (12) at the restriction site (24) is at least half the length of the front edge (22) or of the length of the rear edge (23). As a result of this recess shape, a particularly high turbulence level of the fuel-air mixture in the piston recess (12) and thus in the combustion chamber can be achieved. This leads to a more rapid and more advantageous flame propagation, and thus to a better combustion of the fuel-air mixture. As a result, the thermal efficiency of the rotary piston engine (1) can be increased and fuel can be saved.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



In einer Rotationskolbenmaschine (1) weisen die Kolbenflankenwände (11) Kolbenmulden (12) mit im Wesentlichen rechteckiger Grundform auf, deren Längskanten (20, 21) derart nach innen gekrümmt sind, dass der Umriss der Kolbenmulde (12) an einer zwischen den beiden Längskanten (20, 21) verlaufenden Einschnürungsstelle (24) bezüglich seiner Ausdehnung senkrecht zur Rotationsrichtung schmaler als an der Vorderkante (22) und an der Hinterkante (23) ist. Erfindungsgemäß beträgt die Breite des Umrisses der Kolbenmulde (12) an der Einschnürungsstelle (24) wenigstens die Hälfte der Länge der Vorderkante (22) oder der Länge der Hinterkante (23). Durch diese Muldenform kann ein besonders hohes Turbulenzniveau des Kraftstoff-Luft-Gemischs in der Kolbenmulde (12) und damit in der Brennkammer erreicht werden. Dies führt zu einer schnelleren, günstigeren Flammenausbreitung und somit zu einer besseren Verbrennung des Kraftstoff-Luft-Gemischs. Dadurch kann der thermische Wirkungsgrad der Rotationskolbenmaschine (1) erhöht und Kraftstoff gespart werden.

Formgebung der Kolbenmulde einer Rotationskolbenmaschine

Die Erfindung betrifft eine Rotationskolbenmaschine mit wenigstens einem in einem Gehäuse um eine zentrisch oder exzentrisch gelagerte Achse umlaufenden, einteiligen oder mehrteiligen Rotationskolben.

Unter einem Gehäuse wird hierbei ein im Allgemeinen fahrzeugfest angebrachtes oder auch innerhalb des Fahrzeugs vibrationsdämpfend, beispielsweise federnd aufgehängtes Element verstanden, welches einen Hohlraum zur Aufnahme des Rotationskolbens ausbildet. Unter einem Rotationskolben wird ein zentrisch oder exzentrisch umlaufendes Element verstanden, das an seiner Oberfläche mit einem in seiner Umgebung befindlichen Gas mechanisch wechselwirken kann, beispielsweise indem das umlaufende Element durch seine Bewegung einen Druck auf das Gas ausübt und es dadurch verdichtet oder umgekehrt, indem das Gas einen Druck auf das umlaufende Element ausübt und es dadurch bewegt.

Eine Rotationskolbenmaschine der betrachteten Art wird vorzugsweise als alleiniger Antrieb in einem Kraftfahrzeug eingesetzt, kann jedoch beispielsweise auch zusätzlich zu einem Elektromotor in einem Hybridantrieb vorgesehen sein. Im letzteren Fall kann die Abtriebswelle der Rotationskolbenmaschine entweder direkt mit dem mechanischen Antriebsstrang verbunden sein, oder die Abtriebswelle ist mit einem elektrischen Generator verbunden, welcher elektrische Energie zum Betrieb des Elektromotors und/oder zum Laden einer Batterie erzeugt.

Als Teil eines Hybridantriebs kann die Rotationskolbenmaschine auch gegenüber dem Elektromotor verhältnismäßig klein ausgelegt sein und, in Verbindung mit einem Generator, lediglich als zusätzliche Stromquelle dienen, um einen Weiterbetrieb des Kraftfahrzeugs auch im Falle einer leeren Batterie zu ermöglichen und somit die Reichweite und damit die Betriebssicherheit und Verfügbarkeit des Kraftfahrzeugs zu erhöhen. In diesem Fall spricht man auch von einem Einsatz als "Range Extender".

Eine Rotationskolbenmaschine der betrachteten Art wird als Brennkraftmaschine mit einem Kraftstoff-Luft-Gemisch betrieben, welches entweder in den Brennraum angesaugt und dort verdichtet wird, oder der Kraftstoff wird direkt in den Brennraum eingespritzt. Der Brennraum wird dabei zwischen der Kolbenumfangswand und der Innenwand des Gehäuses gebildet, wobei die Innenwand typischerweise die Form einer Trochoide hat. Dadurch wird der

Brennraum während der exzentrischen Rotation des Rotationskolbens in mehrere, sich mit der Rotation verlagernde und in ihrer Größe verändernde Brennkammern unterteilt. In diese wird – im Falle einer Kraftstoff verdichtenden Maschine – das Kraftstoff-Luft-Gemisch angesaugt, dieses wird dort verdichtet und mittels einer oder mehrerer Zündkerzen gezündet, und die entstehenden Verbrennungsgase werden wieder aus den Brennraum abgeführt.

Der Rotationskolben hat hierbei in axialer Richtung überall im Wesentlichen den gleichen Querschnitt und weist auf seiner Umfangswand wenigstens zwei Scheitelkanten auf, wobei sich wenigstens zwischen zwei auf der Kolbenumfangswand benachbarten Scheitelkanten eine Kolbenflankenwand erstreckt. Vorzugsweise weist der Rotationskolben drei Scheitelflächen auf und wird in diesem Fall als Dreieckskolben bezeichnet. Weiterhin weist der Rotationskolben zwei parallel zu seiner Rotationsebene verlaufende Seitenflächen auf.

Ferner weist die Kolbenflankenwand des Rotationskolbens eine sogenannte Kolbenmulde auf, d. h. eine muldenartige Vertiefung in der Oberfläche der Kolbenflankenwand, um die zwischen Kolbenflankenwand und Gehäuseinnenwand gebildete Brennkammer gezielt zu vergrößern und den Ablauf der Verbrennung des Kraftstoff-Luft-Gemischs nach der Zündung zu verbessern. Vorzugsweise weist dabei jede Kolbenflankenwand des Rotationskolbens eine gleichartige Kolbenmulde auf.

Für die Kolbenmulden sind vielfältige Formen und Anordnungen bekannt, beispielsweise dreiecksförmige oder rechteckförmige, mit ebenem Boden oder abgerundeter Innenfläche, auf der Kolbenflankenwand in Rotationsrichtung gesehen mittig angeordnet oder auch in vorlaufender oder nachlaufender Richtung verschoben.

Die Form und die Lage der Kolbenmulde wirken sich insbesondere auch auf das Turbulenzniveau bei der Verbrennung in der Brennkammer aus, welches wiederum den Brennverlauf, dadurch den inneren Wirkungsgrad der Rotationskolbenmaschine und damit den Kraftstoffverbrauch beeinflusst, wobei ein hohes Turbulenzniveau zu einer verbesserten Verbrennung führt.

Im Stand der Technik wurde versucht, ein solches hohes Turbulenzniveau dadurch zu erreichen, dass die Kolbenmulde an ihrem nachlaufenden Ende mit einer

scharfen, d. h. nicht abgerundeten Kante, verbunden mit einer relativ steil abfallenden von dieser Kante ausgehenden Innenwand versehen wurde. Allerdings erzeugt diese Gestaltung der Kolbenmulde an ihrem nachlaufenden Ende einem relativ hohen aerodynamischen Widerstand, wodurch das Schleppmoment des Rotationskolbens und damit wiederum der Kraftstoffverbrauch der Rotationskolbenmaschine erhöht wird.

Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung werden lediglich Kolbenmulden betrachtet, deren Umriss auf der Kolbenflankenwand eine im Wesentlichen rechteckige Grundform mit vier Umrisskanten hat, nämlich zwei im Wesentlichen parallel zur Rotationsrichtung verlaufenden Längskanten, einer im Wesentlichen senkrecht zur Rotationsrichtung verlaufenden, in Rotationsrichtung gesehen vorderen Vorderkante und einer im Wesentlichen senkrecht zur Rotationsrichtung verlaufenden, in Rotationsrichtung gesehen hinteren Hinterkante.

Während die Vorderkante und die Hinterkante gemäß der im Wesentlichen rechteckigen Grundform im Wesentlichen gerade sind, sind die Längskanten derart nach innen gewölbt, dass der Umriss der Kolbenmulde an einer zwischen den beiden Längskanten verlaufenden Einschnürungsstelle bezüglich seiner Ausdehnung senkrecht zur Rotationsrichtung schmaler als an der Vorderkante und an der Hinterkante ist.

Eine Einschnürungsstelle bezeichnet somit im vorliegenden Zusammenhang eine im Wesentlichen senkrecht zur Rotationsrichtung und damit im Wesentlichen parallel zur Vorder- und zur Hinterkante verlaufende Verbindungsstrecke zwischen einem Punkt auf der einen und einem Punkt auf der anderen Längskante der Kolbenmulde, wobei der Umriss der Kolbenmulde bezüglich seiner Ausdehnung senkrecht zur Rotationsrichtung zwischen diesen beiden Punkten besonders schmal, vorzugsweise sogar am schmalsten ist, d. h. die Länge der genannten Verbindungsstrecke ist kürzer als die Vorderkante und kürzer als die Hinterkante der Kolbenmulde.

Eine Kolbenmulde mit einer derartigen Einschnürung ist beispielsweise in der deutschen Patentanmeldung DE 25 02 931 A1 in Fig. 18 A-D offenbart. In den Fig. 19 bis 22 finden sich noch weitere Ausführungen einer solchen Kolbenmulde. Die Kolbenmulde ist hier im nachlaufenden Teil der Kolbenflankenwand angeordnet und etwa am Beginn ihres hinteren Drittels auf etwa ein Viertel ihrer Breite eingeschnürt (Fig. 18B). Die Kolbenmulde weist im Bereich vor der Einschnürung einen ebenen

Boden, im Bereich hinter der Einschnürung einen leicht abgerundeten Boden und im Bereich der Einschnürung ein nahezu halbkreisförmiges Profil auf (Fig. 18C), wobei die Tiefe der Kolbenmulde zur Einschnürungsstelle hin deutlich abnimmt und an der Einschnürungsstelle am geringsten ist (Fig. 18A).

Auch die DE 1 451 857 A1 (Fig. 10 und 11) sowie die JP 59 141727 A (Fig. 5) zeigen Kolbenmulden mit ähnlichen Umrissen, bei denen der Verlauf der Längskanten an der Einschnürungsstelle jedoch nicht, wie bei der DE 25 02 931 A1, abgerundet ist, sondern scharfe Ecken aufweist. In beiden Fällen sind sowohl die Breite als auch die Tiefe der Kolbenmulde im Bereich der Einschnürungsstelle deutlich geringer als im Bereich der übrigen Kolbenmulde.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, den Verlauf der Verbrennung in einer Rotationskolbenmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 weiter zu verbessern und damit den Wirkungsgrad der Rotationskolbenmaschine zu steigern.

Eine erfindungsgemäße Rotationskolbenmaschine ist dadurch gekennzeichnet, dass die Breite des Umrisses der Kolbenmulde an der Einschnürungsstelle wenigstens die Hälfte der Länge der Vorderkante oder der Länge der Hinterkante beträgt, wobei die Längen der Vorder- und der Hinterkante wegen der rechteckigen Grundform des Umrisses der Kolbenmulde im Wesentlichen gleich sind.

Wie entsprechende Untersuchungen auf Seiten des Anmelders gezeigt haben, kann durch eine solche vergleichsweise geringe Einschnürung ein besonders hohes Turbulenzniveau des Kraftstoff-Luft-Gemischs in der Kolbenmulde und damit in der Brennkammer erreicht werden. Dies wiederum führt zu einer schnelleren, günstigeren Flammenausbreitung und somit zu einer besseren Verbrennung des Kraftstoff-Luft-Gemischs. Dadurch kann der thermische Wirkungsgrad der Rotationskolbenmaschine erhöht und letztlich Kraftstoff gespart werden.

Weiterhin wird das genannte hohe Turbulenzniveau bei einer Kolbenmulde mit einer erfindungsgemäßen Form über einen weiten Zündwinkelbereich gehalten. Unter dem Zündwinkel wird hierbei der Drehwinkel des Rotationskolbens gegenüber einer bestimmten Ausgangsstellung verstanden, bei dem für eine bestimmte Kolbenflankenwand die Zündung des Kraftstoff-Luft-Gemischs erfolgen soll.

Zwar ist die Steuerung der Rotationskolbenmaschine so ausgelegt, dass die Zündung theoretisch stets beim selben Zündwinkel erfolgt, jedoch wird in der Praxis dieser gewünschte Zündwinkel aufgrund von fertigungs- oder betriebsbedingten Ungenauigkeiten bzw. Störungen nicht bei jedem Durchlauf einer Kolbenflankenwand exakt getroffen. Je größer der Zündwinkelbereich mit einem durchgehend hohen Turbulenzniveau ist, desto höher ist daher auch die Toleranz gegenüber derartigen Abweichungen des tatsächlichen vom geplanten Zündwinkel, was wiederum zu einem höheren Wirkungsgrad und einer damit verbundenen Kraftstoffeinsparung führt.

Außerdem kann durch das erhöhte Turbulenzniveau in Folge der Einschnürung der Kolbenmulde auf die eingangs erwähnte scharfe Kante am nachlaufenden Ende der Kolbenmulde weitgehend verzichtet werden, wodurch das Schleppmoment des Rotationskolbens vermindert wird und sich dadurch auch der Kraftstoffverbrauch der Rotationskolbenmaschine verringert.

Durch einen gezielten kombinierten Einsatz beider Maßnahmen (Einschnürung und scharfe Kante am nachlaufenden Ende) eröffnet sich sogar die Möglichkeit, das Schleppmoment der Rotationskolbenmaschine konstruktiv "einzustellen". Falls die Rotationskolbenmaschine als "Range Extender" im obigen Sinne in einem Hybridfahrzeug eingesetzt werden soll, ist es dadurch möglich, die Rotationskolbenmaschine im Schleppbetrieb als zusätzliche Bremse vorzusehen. Hierbei wird der Antriebsstrang des Hybridfahrzeugs "umgekehrt", indem der elektrische Antriebsmotor als Generator betrieben wird, dabei Strom zum Antrieb des mit dem Range Extender verbundenen Generators erzeugt, welcher in diesem Fall als Motor verwendet wird, und dieser die Rotationskolbenmaschine mechanisch antreibt, welche im Schleppbetrieb läuft und dadurch den benötigten mechanischen Widerstand erzeugt.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung nimmt die Tiefe der Kolbenmulde in Rotationsrichtung gesehen von der Einschnürungsstelle in Richtung der Vorderkante und/oder in Richtung der Hinterkante zu. Dies trägt ebenfalls zur Ausbildung eines hohen Turbulenzniveaus bei. Der Boden der Kolbenmulde kann aber auch – ggf. bis auf eine Krümmung, die im Wesentlichen der Krümmung der Kolbenflankenwand entspricht – im Wesentlichen eben sein.

Gleichfalls hat es sich in einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung als vorteilhaft für das Turbulenzniveau herausgestellt, wenn die Einschnürungsstelle sich in der bezüglich der Ausdehnung der Kolbenmulde in Rotationsrichtung hinteren Hälfte der Kolbenmulde befindet.

Ebenfalls ist es in einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung vorteilhaft, wenn der Abstand zwischen der Vorderkante der Kolbenmulde und der vorlaufenden Scheitelkante der Kolbenflankenwand geringer ist als der Abstand zwischen der Hinterkante der Kolbenmulde und der nachlaufenden Scheitelkante der Kolbenflankenwand, d. h. die Kolbenmulde ist gegenüber einer in Rotationsrichtung gesehen mittigen Lage auf der Kolbenflankenwand in vorlaufender Richtung verschoben. Die Kolbenmulde kann jedoch auch in Rotationsrichtung gesehen mittig angeordnet oder in nachlaufender Richtung verschoben sein.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Kolbenmulde im Wesentlichen symmetrisch bezüglich einer Mittelebene durch den Rotationskolben, welche parallel zu den Seitenwänden des Rotationskolbens verläuft. Dies ist zweckmäßig, da auch die übrige Konstruktion des Rotationskolbens und der Gehäuseinnenwand und damit auch des Brennraums bezüglich dieser Mittelebene symmetrisch ist.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist wenigstens eine sich von einer Umrisskante der Kolbenmulde aus nach unten hin erstreckende Wand der Kolbenmulde zum Inneren der Kolbenmulde hin geneigt. Durch den hierdurch erreichten "weichen" Übergang von der Kolbenmulde zur Oberfläche der Kolbenflankenwand kann der aerodynamische Widerstand des Rotationskolbens abermals verringert werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die sich von der Hinterkante der Kolbenmulde aus nach unten hin erstreckende Wand der Kolbenmulde bis zu einer bestimmten Tiefe zum Inneren der Kolbenmulde hin geneigt und verläuft ab dieser Tiefe senkrecht oder nahezu senkrecht. Diese Zweiteilung der Neigung der hinteren Kolbenmuldenwand bietet in der oben beschriebenen Weise die Möglichkeit, das Schleppmoment des Rotationskolbens konstruktiv "einzustellen".

Weiterhin hat es sich als vorteilhaft für das Turbulenzniveau herausgestellt, dass wenigstens eine Längskante der Kolbenmulde einen von einem Ende der Längskante zu der Einschnürungsstelle verlaufenden Abschnitt aufweist, welcher nach außen gekrümmt ist.

Die Erfindung lässt sich in gleicher Weise auf eine Gemisch verdichtende wie auch auf eine Kraftstoff einspritzende Rotationskolbenmaschine anwenden.

Weitere Vorteile der Erfindung werden im Folgenden anhand von teilweise schematisierten Darstellungen eines Rotationskolbenmotors und von Ausführungsformen der Erfindung zusammen mit der zugehörigen Beschreibung erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1: einen Schnitt durch eine erfindungsgemäße Rotationskolbenmaschine;

Fig. 2: eine Schrägansicht eines Rotationskolbens mit drei verschiedenen Ausführungsformen einer erfindungsgemäßen Kolbenmulde sowie einer Vergleichsform aus dem Stand der Technik;

Fig. 3: eine Aufsicht auf die in Fig. 2 dargestellten Kolbenflankenwände;

Fig. 4: ein Diagramm, in dem das indizierte Moment der Rotationskolbenmaschine in Abhängigkeit vom Zündwinkel für erfindungsgemäße Kolbenmuldenformen im Gegensatz zu solchen aus dem Stand der Technik aufgetragen ist;

Fig. 5: ein Diagramm, in dem die kinetische Energie der Turbulenz in der Brennkammer in Abhängigkeit vom Drehwinkel des Rotationskolbens für die gleichen Kolbenmuldenformen wie in Fig. 4 aufgetragen ist.

In der Schnittdarstellung in Fig. 1 einer Gemisch verdichtenden Rotationskolbenmaschine 1, in dem die Erfindung eingesetzt werden kann, sind als wesentliche Bestandteile das Gehäuse 2 mit einer Vielzahl von Kühlungskanälen, einer Einlassöffnung 7 für das Kraftstoff-Luft-Gemisch und einer Auslassöffnung 8 für die Verbrennungsgase sowie der Rotationskolben 3, welcher drei Scheitelkanten und entsprechend drei Kolbenflankenwände 11 mit jeweils einer Kolbenmulde 12 aufweist, abgebildet. Der Rotationskolben 3 läuft exzentrisch um eine feststehende Achse 4 mit einer Außenverzahnung 5 um, wobei er mit einer Innenverzahnung 6

auf der Außenverzahnung 5 abrollt. Der Rotationskolbens 3 rotiert hierbei im Uhrzeigersinn.

Etwa diametral gegenüber der Einlassöffnung 7 und der Auslassöffnung 8 sind in der Gehäusewand an den mit 9 und 10 bezeichneten Positionen zwei Zündkerzen angeordnet. Durch die Rotationsstellung des Rotationskolbens 3 im Inneren des Gehäuses 2 werden (wiederum im Uhrzeigersinn) vier Brennkammern 13, 14, 15 und 16 definiert, welche in dieser Reihenfolge dem Ansaug-, Verdichtungs-, Zünd- bzw. Ausstoßtakt zugeordnet sind.

Fig. 2 zeigt in einer Schrägansicht vier – der besseren Übersichtlichkeit halber axial aneinandergereihte – dreiecksförmige Rotationskolben 3 mit der Innenverzahnung 6 sowie mit je drei Kolbenflankenwänden 11, in die jeweils eine Kolbenmulde 12 eingelassen ist. Es wird dabei angenommen, dass sich der Rotationskolben 3 nach vorne unten dreht (s. Pfeil).

Die vier Muldenformen werden von links nach rechts mit A, B, C und D bezeichnet. Die Muldenformen A, B und C sind erfindungsgemäße Muldenformen, während die dreieckige Muldenform D aus dem Stand der Technik bekannt ist und lediglich zu Vergleichszwecken dient.

Fig. 3 zeigt eine vergrößerte Aufsicht auf die Kolbenflankenwände 11 aus Fig. 2, in denen die vier Muldenformen von oben zu sehen sind. In dieser Darstellung dreht sich der Rotationskolben 3 nach unten (s. Pfeil).

Die drei erfindungsgemäßen Muldenformen A, B und C haben im Wesentlichen eine Rechteckform mit zwei Längskanten 20 und 21, einer Vorderkante 22 sowie einer Hinterkante 23. Sie weisen jeweils verschieden starke Einschnürungen auf, wobei die Breite der Kolbenmulde 12 in den Muldenformen A, B und C an der Einschnürungsstelle 24 ca. 80, 75 bzw. 60 % der nicht eingeschnürten Breite entspricht.

Bei allen drei Muldenformen liegt die Einschnürungsstelle 24 in der nachlaufenden Hälfte der Kolbenmulde 12. Insgesamt sind die Kolbenmulden 12 dagegen gegenüber einer in Rotationsrichtung gesehen mittigen Lage auf der Kolbenflankenwand 11 deutlich in vorlaufender Richtung verschoben, was besonders in Fig. 3 gut sichtbar ist.

Die inneren Seitenwände der Kolbenmulde 12 fallen bei den drei Muldenformen A, B und C an den Längskanten 20 und 21 und an der Vorderkante 22 stets relativ flach ins Muldeninnere ab. Lediglich an der Hinterkante 23 fällt die innere Seitenwand der Kolbenmulde 12 steiler ab, insbesondere bei den Muldenformen B und C. Bei der Muldenform A fällt die innere Seitenwand an der Hinterkante 23 von der Oberfläche der Kolbenflankenwand 11 aus zunächst ebenfalls relativ flach ab, um dann etwa ab der halben Tiefe bis zum Boden der Kolbenmulde steiler abzufallen. Bei der Muldenform A ist außerdem die Hinterkante 23 relativ stark nach außen gekrümmt, während die Kante am Übergang des flachen zum steilen Teil der Innenwand an der Hinterkante 23 wieder nahezu gerade ist.

Der Boden der Muldenformen A, B und C hat im Bereich der Einschnürungsstelle 24 jeweils seinen höchsten Punkt und fällt von dort in Richtung der Vorderkante 22 bzw. der Hinterkante 23 mit etwa konstantem Gefälle ab. Die Abschnitte der Längskanten 20 und 21 zwischen der Einschnürungsstelle 24 und der Vorderkante 22 bzw. der Hinterkante 23 sind nicht gerade, sondern bei allen drei Muldenformen A, B und C leicht nach außen gekrümmt.

Alle drei Muldenformen A, B und C sind symmetrisch bezüglich der Mittelebene des Rotationskolbens 3 parallel zur Rotationsrichtung.

In Fig. 4 ist der qualitative Verlauf des indizierten Moments der Rotationskolbenmaschine 1 in Abhängigkeit vom Zündwinkel für drei verschiedene Muldenformen aufgetragen, wobei die dargestellten Kurven den Verlauf von einem früheren zu einem späteren Zündzeitpunkt wiedergeben. Die in Fig. 4 mit "Basis" bezeichnete, durchgezogene Kurve entspricht einer dreieckigen Muldenform aus dem Stand der Technik, während die mit "Variante 1" und "Variante 2" bezeichneten, gestrichelten bzw. gepunkteten Kurven verschiedenen Varianten erfindungsgemäßer Muldenformen entsprechen.

Man erkennt, dass das indizierte Moment in der ersten Hälfte des aufgetragenen Zündwinkelbereichs für alle dargestellten Muldenformen annähernd gleich ist. In der zweiten Hälfte des aufgetragenen Zündwinkelbereichs fällt das Drehmoment dagegen für die Muldenform aus dem Stand der Technik jedoch relativ schnell ab, während es für die erfindungsgemäßen Muldenformen noch länger auf dem annähernd gleichen Niveau bleibt und danach auch nur relativ langsam abfällt.

In Fig. 5 ist die kinetische Energie der Turbulenz in der Brennkammer in Abhängigkeit vom Drehwinkel des Rotationskolbens 3 (dort als "Rotorwinkel" bezeichnet) über einen Bereich von 60 Grad qualitativ aufgetragen, wobei die Zuordnung der Kurven zu Muldenformen die gleiche ist wie in Fig. 4. Auch hier erkennt man die deutliche Steigerung der von den erfindungsgemäßen Muldenformen erzeugten kinetischen Energie der Turbulenz gegenüber der von der Muldenform aus dem Stand der Technik erzeugten, welche teilweise mehr als das Doppelte beträgt, über weite Teile des aufgetragenen Rotorwinkelbereichs.

Die Fig. 4 und 5 belegen daher, dass es mit Hilfe der erfindungsgemäßen Muldenformen gelingt, das indizierte Moment über einen weiten Zündwinkelbereich auf einem hohen Niveau zu halten bzw. die kinetische Energie der Turbulenz deutlich zu steigern.

Bezugszeichenliste

- 1 Rotationskolbenmaschine
- 2 Gehäuse
- 3 Rotationskolben
- 4 feststehende Achse
- 5 Außenverzahnung
- 6 Innenverzahnung
- 7 Einlassöffnung
- 8 Auslassöffnung
- 9, 10 Zündkerze
- 11 Kolbenflankenwand
- 12 Kolbenmulde
- 13 Ansaug-Brennkammer
- 14 Verdichtungs-Brennkammer
- 15 Zündungs-Brennkammer
- 16 Auslass-Brennkammer
- 20, 21 Längskanten
- 22 Vorderkante
- 23 Hinterkante
- 24 Einschnürungsstelle

Patentansprüche

1. Rotationskolbenmaschine (1) mit wenigstens einem in einem Gehäuse (2) um eine zentrisch oder exzentrisch gelagerte Achse (4) umlaufenden, einteiligen oder mehrteiligen Rotationskolben (3), welcher in axialer Richtung überall im Wesentlichen den gleichen Querschnitt hat und welcher auf seiner Umfangswand wenigstens zwei Scheitелkanten aufweist, wobei sich wenigstens zwischen zwei auf der Kolbenumfangswand benachbarten Scheitелkanten eine Kolbenflankenwand (11) erstreckt, welche eine Kolbenmulde (12) aufweist, wobei der Umriss der Kolbenmulde (12) auf der Kolbenflankenwand (11) eine im Wesentlichen rechteckige Grundform mit vier Umrisskanten hat, nämlich zwei im Wesentlichen parallel zur Rotationsrichtung verlaufenden Längskanten (20, 21), einer im Wesentlichen senkrecht zur Rotationsrichtung verlaufenden, in Rotationsrichtung gesehen vorderen Vorderkante (22) und einer im Wesentlichen senkrecht zur Rotationsrichtung verlaufenden, in Rotationsrichtung gesehen hinteren Hinterkante (23), und dass die Längskanten (20, 21) derart nach innen gewölbt sind, dass der Umriss der Kolbenmulde (12) an einer zwischen den beiden Längskanten (20, 21) verlaufenden Einschnürungsstelle (24) bezüglich seiner Ausdehnung senkrecht zur Rotationsrichtung schmaler als an der Vorderkante (22) und an der Hinterkante (23) ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Breite des Umrisses der Kolbenmulde (12) an der Einschnürungsstelle (24) wenigstens die Hälfte der Länge der Vorderkante (22) oder der Länge der Hinterkante (23) beträgt.
2. Rotationskolbenmaschine (1) gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Tiefe der Kolbenmulde (12) in Rotationsrichtung gesehen von der Einschnürungsstelle (24) in Richtung der Vorderkante (22) und/oder in Richtung der Hinterkante (23) zunimmt.
3. Rotationskolbenmaschine (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einschnürungsstelle (24) sich in der bezüglich der Ausdehnung der Kolbenmulde in Rotationsrichtung hinteren Hälfte der Kolbenmulde (12) befindet.

4. Rotationskolbenmaschine (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kolbenmulde (12) im Wesentlichen symmetrisch bezüglich einer Mittelebene durch den Rotationskolben (3) ist, welche parallel zu den Seitenwänden des Rotationskolbens (3) verläuft.
5. Rotationskolbenmaschine (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen der Vorderkante (22) der Kolbenmulde (12) und der vorlaufenden Scheitелkante der Kolbenflankenwand (11) geringer ist als der Abstand zwischen der Hinterkante (23) der Kolbenmulde (12) und der nachlaufenden Scheitелkante der Kolbenflankenwand (11).
6. Rotationskolbenmaschine (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine sich von einer Umrisskante der Kolbenmulde (12) aus nach unten hin erstreckende Wand der Kolbenmulde (12) zum Inneren der Kolbenmulde (12) hin geneigt ist.
7. Rotationskolbenmaschine (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die sich von der Hinterkante (23) der Kolbenmulde (12) aus nach unten hin erstreckende Wand der Kolbenmulde (12) bis zu einer bestimmten Tiefe zum Inneren der Kolbenmulde (12) hin geneigt ist und ab dieser Tiefe senkrecht oder nahezu senkrecht verläuft.
8. Rotationskolbenmaschine (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Längskante (20, 21) der Kolbenmulde (12) einen von einem Ende der Längskante (20, 21) zu der Einschnürungsstelle (24) verlaufenden Abschnitt aufweist, welcher nach außen gekrümmt ist.
9. Rotationskolbenmaschine (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Rotationskolbenmaschine (1) eine Gemisch verdichtende Rotationskolbenmaschine (1) ist.
10. Rotationskolbenmaschine (1) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Rotationskolbenmaschine (1) eine Kraftstoff einspritzende Rotationskolbenmaschine (1) ist.

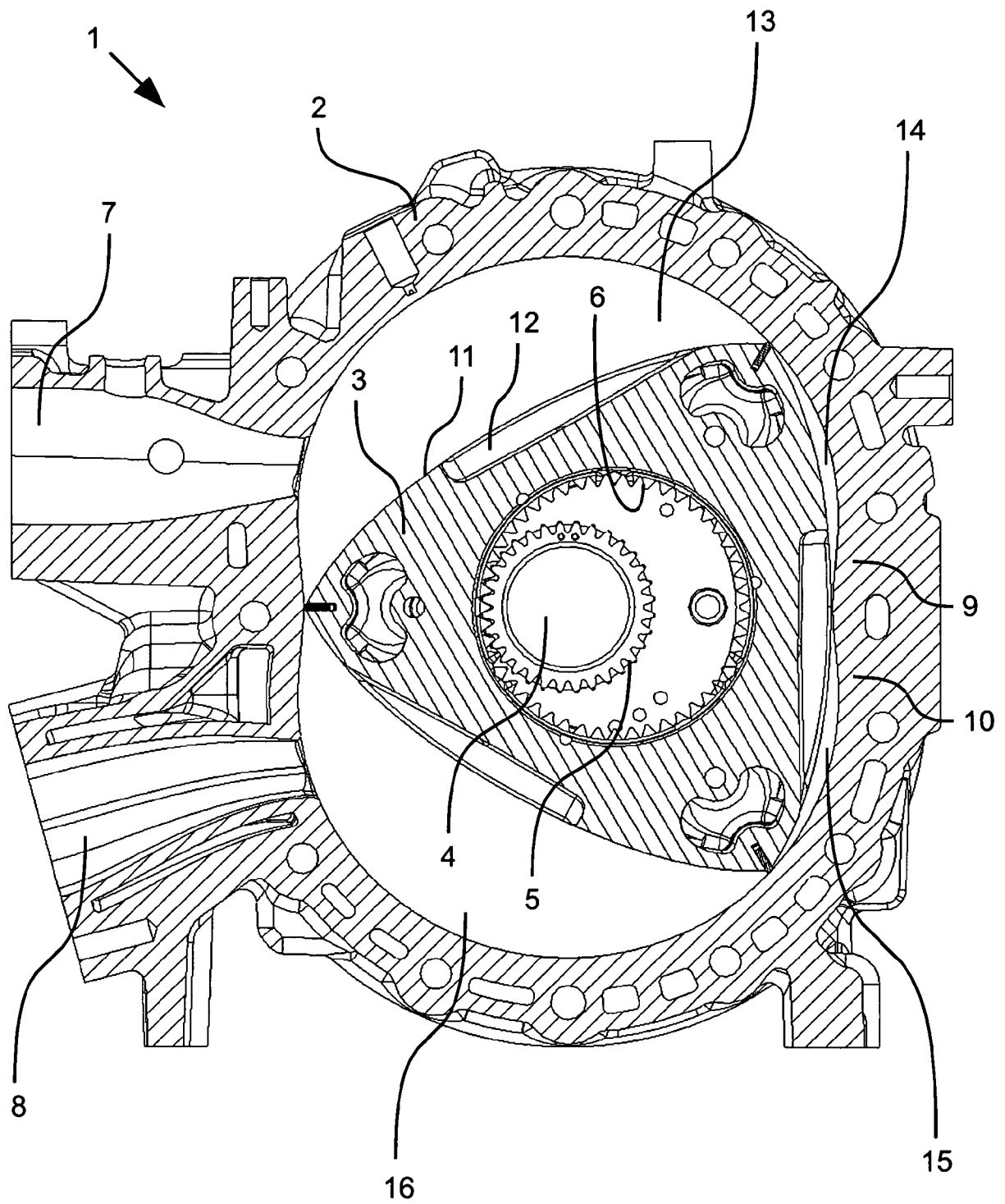
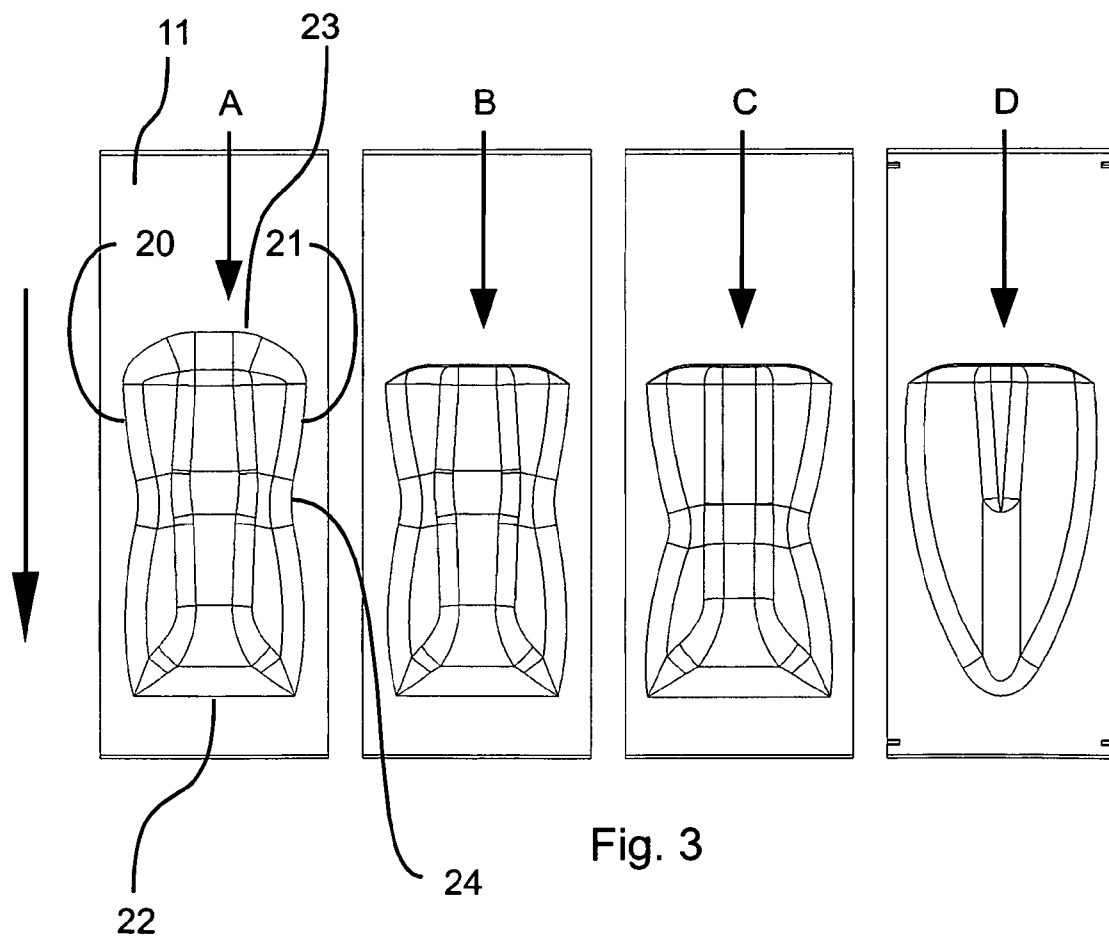
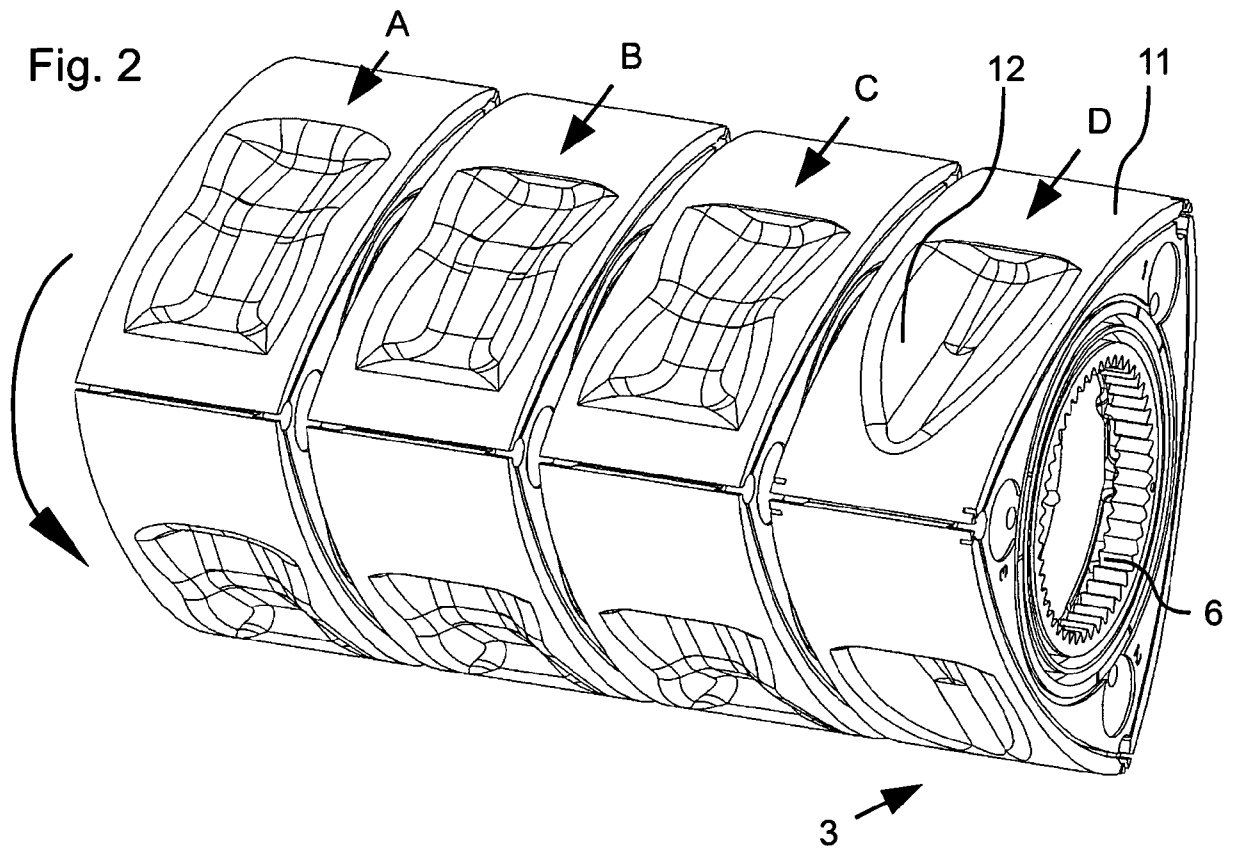


Fig. 1



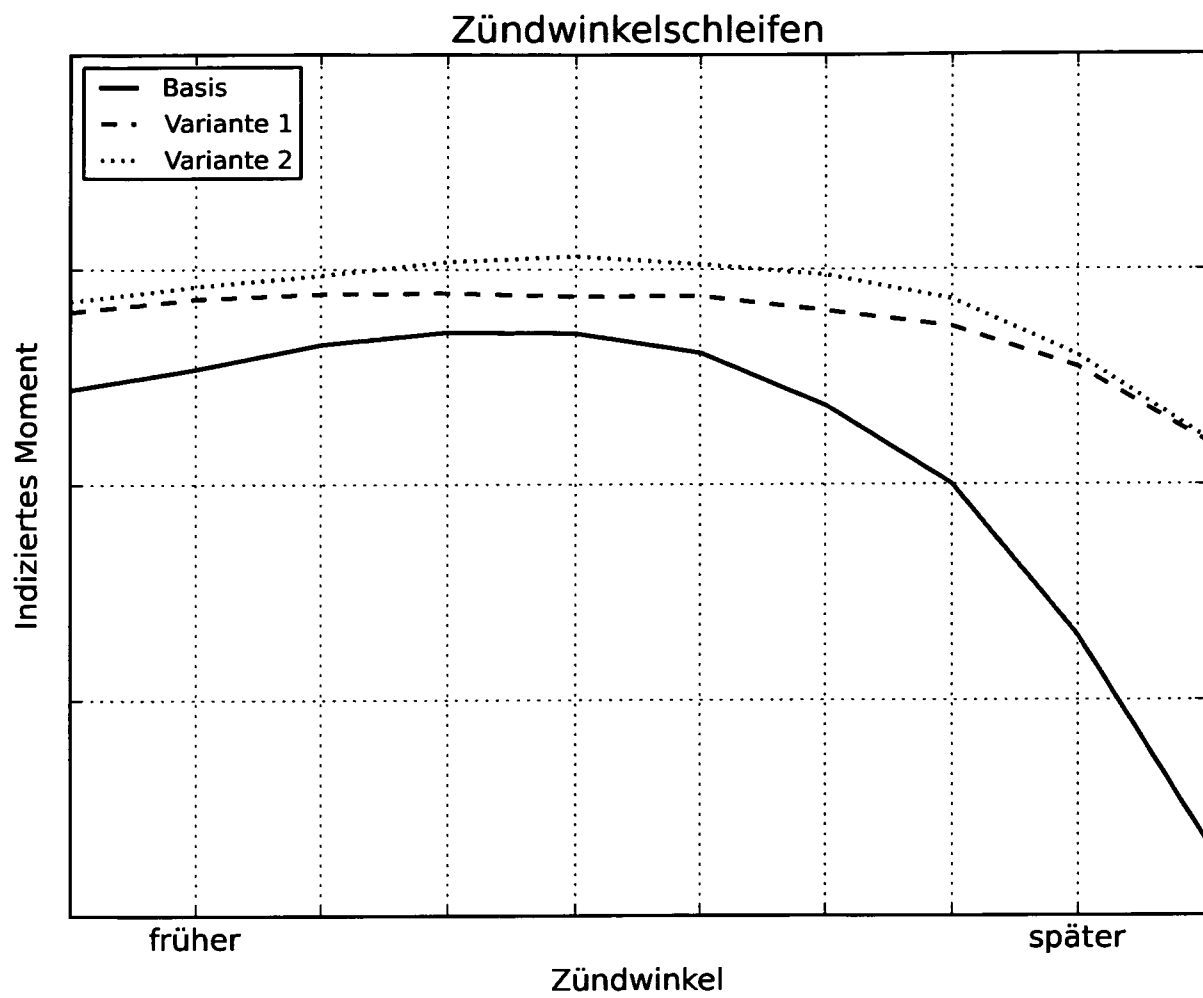


Fig. 4

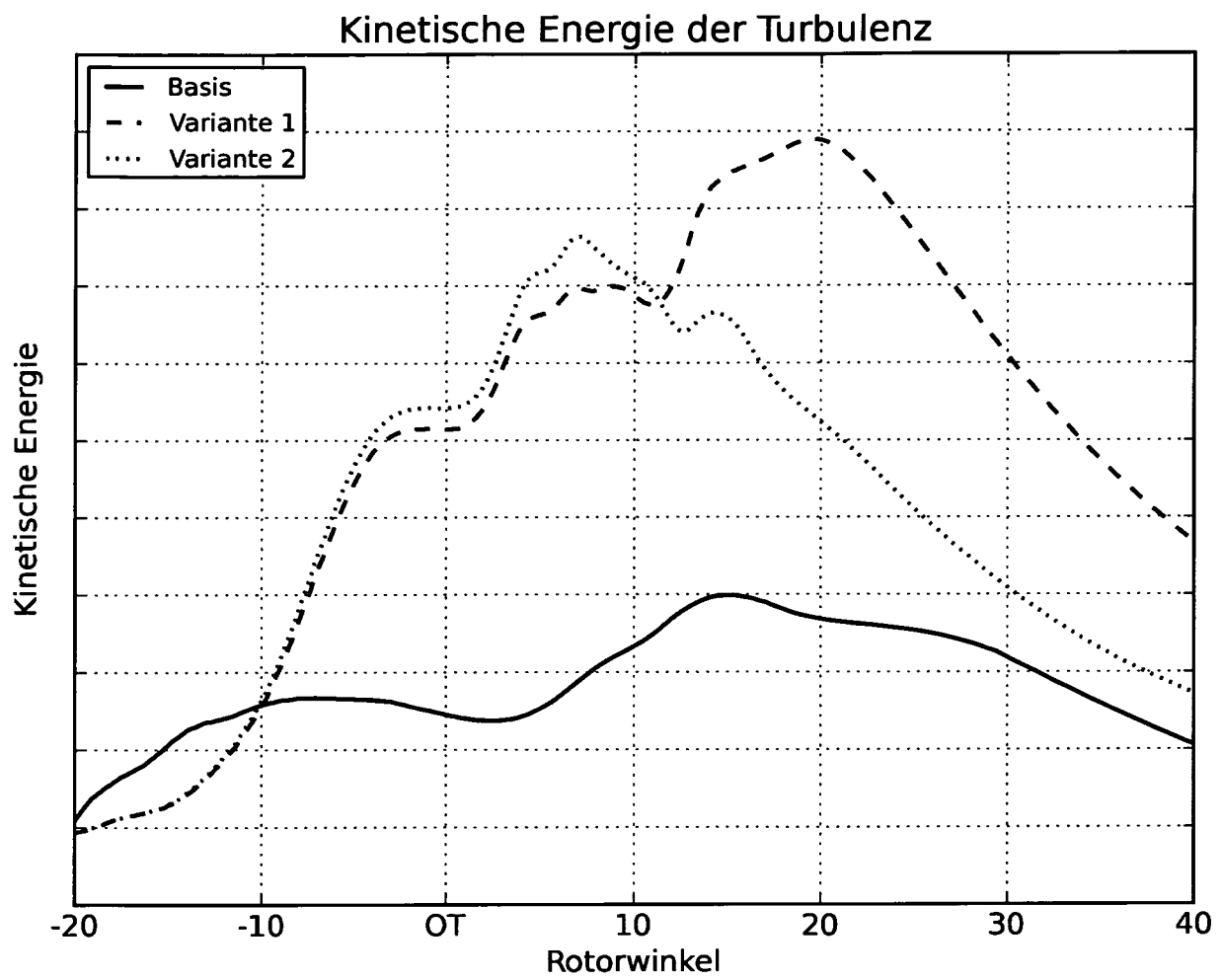


Fig. 5