

(19)



(11)

EP 3 458 682 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
16.06.2021 Patentblatt 2021/24

(51) Int Cl.:
F01B 11/02 ^(2006.01) **F02B 71/00** ^(2006.01)
F01B 7/02 ^(2006.01) **F01B 11/00** ^(2006.01)
F02B 75/28 ^(2006.01) **F02B 63/04** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17723378.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2017/061522

(22) Anmeldetag: **12.05.2017**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2017/198579 (23.11.2017 Gazette 2017/47)

(54) **FREIKOLBENVORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER
FREIKOLBENVORRICHTUNG**

FREE-PISTON DEVICE AND METHOD FOR OPERATING A FREE-PISTON DEVICE

DISPOSITIF À PISTON LIBRE ET PROCÉDÉ POUR FAIRE FONCTIONNER UN DISPOSITIF À
PISTON LIBRE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(72) Erfinder:
• **SCHNEIDER, Stephan**
70176 Stuttgart (DE)
• **KOCK, Florian**
70193 Stuttgart (DE)

(30) Priorität: **17.05.2016 DE 102016109055**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.03.2019 Patentblatt 2019/13

(74) Vertreter: **Hoeger, Stellrecht & Partner**
Patentanwälte mbB
Uhlandstrasse 14c
70182 Stuttgart (DE)

(73) Patentinhaber: **Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt e.V.**
51147 Köln (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 3 103 432 DE-A1-102008 053 069
GB-A- 2 334 385 US-A1- 2005 109 295
US-A1- 2007 261 677

EP 3 458 682 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Freikolbenvorrichtung, umfassend eine Kolbenaufnahme, in der mindestens eine Kolbeneinrichtung mit einem Kolben linear hin- und herbeweglich angeordnet ist, wobei die Kolbenaufnahme einen von einer Wandung begrenzten Brennraum umfasst oder bildet, in der mindestens eine erste Öffnung und mindestens eine zweite Öffnung gebildet sind, welche Öffnungen mindestens eine Einlassöffnung für die Zufuhr von Frischgas und, in Bewegungsrichtung der Kolbeneinrichtung davon beabstandet, mindestens eine Auslassöffnung für die Abfuhr von Abgas für eine Längsspülung des Brennraumes umfassen, wobei die Bewegung der mindestens einen Kolbeneinrichtung mittels einer Steuereinrichtung steuerbar ist.

[0002] Außerdem betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer derartigen Freikolbenvorrichtung.

[0003] Die DE 10 2008 053 069 A1 beschreibt eine Freikolbenvorrichtung mit zwei Kolbeneinrichtungen und in Gegenkolbenanordnung positionierten Kolben. Der Kolben der ersten Kolbeneinrichtung gibt im unteren Totpunkt eine Einlassöffnung und eine Auslassöffnung für eine Querspülung des Brennraumes frei. Die zweite Kolbeneinrichtung kann so betrieben werden, dass der zweite Kolben lastabhängig eine von den oben genannten Öffnungen axial beabstandete Auslassöffnung wahlweise freigibt oder versperrt, wenn der Kolben der zweiten Kolbeneinrichtung den unteren Totpunkt einnimmt. Zusätzlich zur Querspülung kann dadurch lastabhängig eine Längsspülung des Brennraumes vorgenommen werden.

[0004] In der DE 10 2008 053 068 A1 ist eine Freikolbenvorrichtung beschrieben, bei der eine Quer-, Längs- und Umkehrspülung des Brennraumes vorgenommen werden kann.

[0005] Die US 2005/0109295 A1 beschreibt einen Freikolbenmotor mit einem ersten Kolben an einer ersten Stange und einem zweiten Kolben an einer zweiten Stange innerhalb eines Gehäuses, die über Blattfedern federnd im Gehäuse gehalten sind. Axiale Bewegungen der beiden Kolbenstangen sind möglich, wobei zugleich eine Drehbewegung und eine Radialbewegung bezüglich einer Kolbenachse verhindert wird. Die jeweiligen Blattfedern sind in zwei Gruppen unterteilt, die um die erste Kolbenstange bzw. die zweite Kolbenstange herum angeordnet sind und jeweils axial voneinander beabstandet sind, um ein Verkippen der Kolbenstangen zu verhindern.

[0006] Eine weitere Freikolbenvorrichtung ist in der US 2007/0261677 A1 beschrieben.

[0007] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Freikolbenvorrichtung der eingangs genannten Art und ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Freikolbenvorrichtung bereit zu stellen, bei der bzw. dem ein Betriebspunkt der Freikolbenvorrichtung vielseitiger einstellbar ist.

[0008] Diese Aufgabe wird durch eine erfindungsge-

mäße Freikolbenvorrichtung mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst.

[0009] Bei der erfindungsgemäßen Freikolbenvorrichtung besteht die Möglichkeit, den Spülvorgang für den Brennraum beim Ladungswechsel zu beeinflussen. Die Menge an über die mindestens eine erste Öffnung zu-führbarem Frischgas oder abführbarem Abgas kann über die Steuerung der Bewegung der Kolbeneinrichtung durch die Steuereinrichtung im Betrieb der Freikolbenvorrichtung eingestellt werden. Im Gegensatz zu dem eingangs genannten Stand der Technik ist es nicht erforderlich, zusätzliche Öffnungen an der Kolbenaufnahme für unterschiedliche Spülkanäle vorzusehen. Stattdessen kann bei der Erfindung die Einstellung der Menge an Frischgas und/oder Abgas konstruktiv einfach dadurch erfolgen, dass der untere Totpunkt des Kolbens so gewählt wird, dass die mindestens eine erste Öffnung teilweise zur Freigabe eines gewünschten Öffnungsquerschnittes freigegeben und ansonsten teilweise versperrt ist. Je nach Größe der freien Querschnittsfläche kann mehr oder weniger Frischgas bzw. Abgas durch die mindestens eine erste Öffnung strömen.

[0010] Dies kann gemäß der vorliegenden Offenbarung alternativ oder ergänzend auch dadurch erzielt werden, dass die Bewegung der Kolbeneinrichtung im Betrieb derart gesteuert wird, dass die Öffnungsdauer eingestellt wird, während der die mindestens eine erste Öffnung ganz oder zumindest teilweise freigegeben ist, wobei die Position des unteren Totpunktes des Kolbens relativ zur Kolbenaufnahme selber nicht verändert wird. Es kann dementsprechend die Zeit eingestellt werden, die der Kolben zum Durchlaufen des unteren Totpunktes benötigt und dadurch die Dauer beeinflusst werden, während der Frischgas in den Brennraum einströmen bzw. Abgas aus dem Brennraum abgeführt werden kann.

[0011] Die erfindungsgemäße Lösung erlaubt es, den Spülvorgang für den Brennraum zu beeinflussen, wodurch ein vielseitiger Betrieb der Freikolbenvorrichtung möglich ist. Beispielsweise kann das Verhältnis von Frischgas und Abgas im Hinblick auf eine optimierte Verbrennung eingestellt werden. So kann bei einer vorteilhaften Ausführungsform zum Beispiel von einem Betrieb mit niedrigem Restgasanteil (viel Frischgas und wenig Abgas) mit Fremdzündung auf einen Betrieb mit hohem Restgasanteil (geringere Menge an Frischgas und höherer Anteil an Abgas) mit Selbstzündung umgeschaltet werden. Dies ist vorzugsweise zyklusindividuell möglich, für jeden Zyklus der Kolbeneinrichtung. Während in einem ersten Zyklus beispielsweise für Fremdzündung ein geringerer Restgasanteil (ungefähr 5% oder weniger) im Brennraum verbleibt, kann beim Durchfahren des unteren Totpunktes des Kolbens für den darauffolgenden Zyklus der Ladungswechsel so durchgeführt werden, dass ein vergleichsweise hoher Restgasanteil (ungefähr 50%) vorgesehen wird, damit unmittelbar darauffolgend eine Selbstzündung möglich ist, und umgekehrt. Betriebspunkte, bei denen weder ein geringer Restgasanteil (ungefähr kleiner als 5%) noch ein hoher Restgasanteil vor-

handen ist und die energetisch ungünstig sind, können vermieden werden.

[0012] Durch Einstellen der Öffnungsdauer der mindestens einen Öffnung lässt sich beispielsweise bei konstanter Frequenz der Freikolbenvorrichtung der Ladedruck und damit auch die Temperatur im Brennraum steuern. Über den Ladedruck lassen sich, beispielsweise bei gleicher Füllung des Brennraumes, bevorzugt Strömungsverhältnisse im Brennraum wie Turbulenz, Drall und Tumble steuern.

[0013] Bei der Freikolbenvorrichtung besteht die Möglichkeit, die Zeit des Ladungswechsels zu steuern - über die Öffnungsdauer der mindestens einen Einlassöffnung oder Auslassöffnung und/oder über die freigebbare Querschnittsfläche. Der Ladungswechsel kann dadurch insbesondere abhängig von der Frequenz der Freikolbenvorrichtung, vom gewünschten Ladedruck, vom Restgasanteil, von der Zündvariante (Fremd- oder Selbstzündung), der gewünschten Last und/oder vom Strömungsverhältnis (Turbulenz, Drall, Tumble...) eingestellt werden.

[0014] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist "Steuerung" oder "steuern" dahingehend auszulegen, dass damit alternativ oder ergänzend auch "Regelung" bzw. "regeln" gemeint ist. "Steuerung" ist vorliegend daher als "Steuerung und/oder Regelung" aufzufassen.

[0015] Unter "Frischgas" wird vorliegend ein Gas oder Gasgemisch (insbesondere Luft) für die innere Verbrennung im Brennraum verstanden, wobei dem Gas oder Gasgemisch auch ein Brennstoff beigemischt sein kann. "Frischgas" kann vorliegend daher auch ein Gas-Brennstoff-Gemisch bezeichnen, das über die mindestens eine Eintrittsöffnung in den Brennraum einströmen kann. "Abgas" bezeichnet vorliegend ein Verbrennungsprodukt der inneren Verbrennung.

[0016] Es versteht sich, dass an die mindestens eine Einlassöffnung und die mindestens eine Auslassöffnung eine Zufuhrleitung für Frischgas bzw. eine Abfuhrleitung für Abgas angeschlossen bzw. anschließbar ist.

[0017] Die mindestens eine erste Öffnung und die mindestens eine zweite Öffnung in der Wandung sind beispielsweise schlitzförmig ausgestaltet.

[0018] Es kann mehr als eine erste Öffnung vorgesehen sein, beispielsweise eine Mehrzahl von ersten Öffnungen, die in Umfangsrichtung einer Achse der Kolbeneinrichtung in der Wandung gebildet sind. Entsprechendes gilt für die zweite Öffnung, derer eine Mehrzahl vorhanden sein kann.

[0019] Es kann vorgesehen sein, dass die mindestens eine erste Öffnung bei Einnahme des unteren Totpunktes durch den Kolben vollständig freigebbar ist. Dadurch kann die Menge an zuströmendem Frischgas bzw. abströmendem Abgas maximiert werden.

[0020] Vorteilhafterweise ist die mindestens eine Einlassöffnung, längs der Bewegungsrichtung der Kolbeneinrichtung, von jeder Auslassöffnung beabstandet. Darunter kann vorliegend insbesondere verstanden werden, dass quer zur Bewegungsrichtung der Kolbeneinrichtung

einer jeweiligen Einlassöffnung keine Auslassöffnung gegenüber liegt und dementsprechend keine Querspülung des Brennraumes vorgenommen wird. Stattdessen erfolgt allein eine Längsspülung über die längs der Bewegungsrichtung voneinander beabstandeten Einlass- bzw. Auslassöffnungen.

[0021] Die Freikolbenvorrichtung umfasst bevorzugt eine mit der Steuereinrichtung gekoppelte Energiekopplungseinrichtung, wobei die Bewegung der mindestens einen Kolbeneinrichtung von der Steuereinrichtung über die Energiekopplungseinrichtung steuerbar ist. Die Steuereinrichtung kann die Energiekopplungseinrichtung zum Steuern der Bewegung der Kolbeneinrichtung ansteuern. Zu diesem Zweck ist es bevorzugt, wenn die Energiekopplungseinrichtung insbesondere einen Lineargenerator umfasst. Der Lineargenerator kann eine an der Kolbeneinrichtung festgelegte Läuferanordnung umfassen und eine an der Kolbenaufnahme festgelegte Statoranordnung. Läuferanordnung und Statoranordnung umfassen insbesondere Magnete bzw. Spulen.

[0022] Von Vorteil ist es, wenn die Freikolbeneinrichtung eine mit der Steuereinrichtung gekoppelte Rückfedereinrichtung für die mindestens eine Kolbeneinrichtung umfasst. Vorzugsweise ist die Rückfedereinrichtung von der Steuereinrichtung zum Steuern der Bewegung der mindestens einen Kolbeneinrichtung ansteuerbar. Die Rückfedereinrichtung ist oder umfasst insbesondere eine Gasfeder. Die Härte der Gasfeder kann, auch im Betrieb, mittels der Steuereinrichtung bevorzugt durch die Zufuhr von Gas oder die Abfuhr von Gas eingestellt werden. Alternativ oder ergänzend kann als Rückfedereinrichtung eine mechanische Rückfedereinrichtung vorgesehen sein.

[0023] Bei einer vorteilhaften Umsetzung der Freikolbenvorrichtung ist die mindestens eine erste Öffnung eine Einlassöffnung und die mindestens eine zweite Öffnung eine Auslassöffnung.

[0024] Bei einer andersartigen vorteilhaften Umsetzung kann vorgesehen sein, dass die mindestens eine erste Öffnung eine Auslassöffnung ist und die mindestens eine zweite Öffnung eine Einlassöffnung.

[0025] Eine nicht beanspruchte vorteilhafte Ausführungsform einer Freikolbenvorrichtung sieht (genau) eine Kolbeneinrichtung vor, wobei an der mindestens einen zweiten Öffnung mindestens ein von der Steuereinrichtung ansteuerbares Ventil zum Freigeben oder Sperren der mindestens einen zweiten Öffnung angeordnet ist. Der Kolben der einen Kolbeneinrichtung gibt die mindestens eine erste Öffnung im unteren Totpunkt zumindest teilweise frei und/oder die Öffnungsdauer der mindestens einen ersten Öffnung ist wie eingangs erläutert einstellbar. Über das mindestens eine Ventil an der zweiten Öffnung kann über die Steuereinrichtung die mindestens eine zweite Öffnung freigegeben und dadurch der Ladungswechsel durchgeführt werden. Die mindestens eine zweite Öffnung ist zum Beispiel stirnseitig an der Wandung des Brennraumes angeordnet und liegt einer Kolbenfläche des Kolbens gegenüber.

[0026] Bei der erfindungsgemäßen Ausführungsform gemäß Anspruch 1 ist es günstig, dass die Freikolbenvorrichtung eine weitere Kolbeneinrichtung mit einem Kolben umfasst, die in der Kolbenaufnahme linear hin- und herbeweglich angeordnet ist, wobei die Kolben beider Kolbeneinrichtungen in Gegenkolbenanordnung positioniert sind und der Brennraum zwischen den Kolben gebildet ist. Durch die Gegenkolbenanordnung kann vorzugsweise ein Ausgleich der bewegten Massen und Momente erzielt werden. Die Kolbeneinrichtungen oszillieren dabei entgegengesetzt zueinander in der Kolbenaufnahme.

[0027] Der Kolben der weiteren Kolbeneinrichtung ist zumindest teilweise über mindestens eine weitere Öffnung der Wandung bewegbar, und die Menge an über die mindestens eine weitere Öffnung abführbarem Abgas oder zuführbarem Frischgas ist über die Bewegung der weiteren Kolbeneinrichtung im Betrieb der Steuereinrichtung steuerbar. In entsprechender Weise wie im Bereich der mindestens einen ersten Öffnung kann bei der vorliegenden Ausführungsform Einfluss auf den Spülvorgang und den Ladungswechsel genommen werden. Die Menge an über die mindestens eine weitere Öffnung abgeführtem Abgas oder zugeführtem Frischgas kann beeinflusst werden, indem die Steuereinrichtung die Bewegung auch der zweiten Kolbeneinrichtung steuert.

[0028] Die mindestens eine weitere Öffnung ist insbesondere und vorteilhafterweise eine zweite Öffnung. Die Steuerung der Bewegungen der Kolbeneinrichtungen kann derart erfolgen, dass über einen jeweiligen Kolben die Menge an Frischgas über die mindestens eine erste bzw. Abgas über die mindestens eine zweite Öffnung im Betrieb der Freikolbenvorrichtung einstellbar ist.

[0029] Bei einer andersartigen Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass die mindestens eine weitere Öffnung eine erste Öffnung ist, wobei die mindestens eine zweite Öffnung, längs der Bewegungsrichtung der Kolbeneinrichtungen, zwischen den ersten Öffnungen positioniert ist. An der mindestens einen zweiten Öffnung ist zum Beispiel ein von der Steuereinrichtung ansteuerbares Ventil vorgesehen.

[0030] Der untere Totpunkt des Kolbens der weiteren Kolbeneinrichtung ist einstellbar, wobei die mindestens eine weitere Öffnung bei Einnahme des unteren Totpunktes durch den Kolben teilweise freigegeben und teilweise versperrt ist zum Einstellen einer freien Querschnittsfläche der mindestens einen weiteren Öffnung. Dadurch lässt sich die Menge an zuführbarem Frischgas oder abführbarem Abgas wie bei der erfindungsgemäßen Freikolbenvorrichtung einstellen.

[0031] Alternativ oder ergänzend kann gemäß der vorliegenden Offenbarung eine Öffnungsdauer einstellbar sein, während der der Kolben der weiteren Kolbeneinrichtung die mindestens eine weitere Öffnung beim Durchlaufen des unteren Totpunktes, auch unter Beibehaltung der Position des unteren Totpunktes, zumindest teilweise freigibt. Die Bewegung der weiteren Kolbeneinrichtung kann derart gesteuert werden, dass die Zeit zum

Durchlaufen des unteren Totpunktes des weiteren Kolbens dahingehend eingestellt wird, die Menge an zuführbarem Frischgas oder abführbarem Abgas einzustellen.

[0032] Günstigerweise ist ein gleicher Hub beider Kolbeneinrichtungen einstellbar.

[0033] Vorzugsweise ist die Bewegung beider Kolbeneinrichtungen antisymmetrisch zueinander steuerbar.

[0034] Die Freikolbenvorrichtung umfasst vorzugsweise eine Rückfedereinrichtung für die weitere Kolbeneinrichtung.

[0035] Wie erwähnt kann auch die Bewegung der weiteren Kolbeneinrichtung gesteuert werden. Zu diesem Zweck ist/sind der mindestens einen weiteren Kolbeneinrichtung eine mit der Steuereinrichtung gekoppelte Rückfedereinrichtung und/oder Energiekopplungseinrichtung zugeordnet, wobei die Bewegung der mindestens einen weiteren Kolbeneinrichtung über die Rückfedereinrichtung und/oder die Energiekopplungseinrichtung steuerbar ist, wobei die Energiekopplungseinrichtung vorzugsweise einen Lineargenerator umfasst. Die Freikolbenvorrichtung kann zur Steuerung einer jeweiligen Kolbeneinrichtung eine Rückfedereinrichtung und/oder eine Energiekopplungseinrichtung umfassen.

[0036] Als vorteilhaft erweist es sich, wenn die mindestens eine erste Öffnung und die mindestens eine zweite Öffnung symmetrisch zueinander an der Kolbenaufnahme angeordnet und/oder ausgestaltet sind. Dies ist insbesondere bei gleichem Hub und antisymmetrischer Bewegung der Kolbeneinrichtungen zueinander von Vorteil.

[0037] Wie eingangs erwähnt betrifft die vorliegende Erfindung auch ein Verfahren zum Betreiben einer Freikolbenvorrichtung, umfassend eine Kolbenaufnahme, in der mindestens eine Kolbeneinrichtung mit einem Kolben linear hin- und herbeweglich angeordnet ist, wobei die Kolbenaufnahme einen von einer Wandung begrenzten Brennraum umfasst oder bildet, in der mindestens eine erste Öffnung und mindestens eine zweite Öffnung gebildet sind, welche Öffnungen mindestens eine Einlassöffnung für die Zufuhr von Frischgas und, in Bewegungsrichtung der Kolbeneinrichtung davon beabstandet, mindestens eine Auslassöffnung für die Abfuhr von Abgas für eine Längsspülung des Brennraumes umfassen, wobei die Bewegung der mindestens einen Kolbeneinrichtung mittels einer Steuereinrichtung gesteuert wird.

[0038] Bei einem derartigen Verfahren wird die eingangs genannte Aufgabe erfindungsgemäß mit den Merkmalen von Anspruch 11 gelöst.

[0039] Die Vorteile, die im Zusammenhang mit der Erläuterung der erfindungsgemäßen Freikolbenvorrichtung erwähnt wurden, können durch Ausführung des Verfahrens erzielt werden. Zur Vermeidung von Wiederholungen kann daher auf die voranstehenden Erläuterungen verwiesen werden.

[0040] Insbesondere ergeben sich vorteilhafte Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Verfahrens durch vorteilhafte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Auch diesbezüglich kann auf die vo-

ranstehenden Ausführungen verwiesen werden.

[0041] Insbesondere erlaubt das erfindungsgemäße Verfahren im Betrieb der Freikolbenvorrichtung, den Spülvorgang und damit den Ladungswechsel einzustellen. Der Ladedruck und damit die Temperatur im Brennraum ist einstellbar. Die Strömungsverhältnisse wie Turbulenz, Drall und Tumble können gesteuert werden. Vorzugsweise ist zyklusindividuell ein Übergang von einem Betrieb mit Fremdzündung bei niedrigen Restgasanteil zu einem Betrieb mit Selbstzündung bei hohem Restgasanteil und umgekehrt durchführbar.

[0042] Die nachfolgende Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung dient im Zusammenhang mit der Zeichnung der näheren Erläuterung der Erfindung. Die nachfolgend erläuterten erfindungsgemäßen Freikolbenvorrichtungen erlauben die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Es zeigen:

- Figur 1: eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Freikolbenvorrichtung;
- Figur 2: eine vergrößerte Darstellung von Detail A in Figur 1, wobei zwei Kolben der Freikolbenvorrichtung einen jeweiligen unteren Totpunkt einnehmen;
- Figur 3: eine Darstellung entsprechend Figur 2, wobei die Kolben sich in der Aufwärtsbewegung befinden;
- Figur 4: eine Darstellung entsprechend Figur 2, wobei die Freikolbenvorrichtung einen unterschiedlichen Betriebspunkt aufweist und die Kolben einen unterschiedlichen unteren Totpunkt einnehmen;
- Figur 5: eine Darstellung entsprechend Figur 4, wobei die Kolben sich in der Aufwärtsbewegung befinden;
- Figur 6: eine Teildarstellung einer weiteren bevorzugten Ausführungsform einer Freikolbenvorrichtung, deren Kolben einen unteren Totpunkt einnimmt;
- Figur 7: eine Darstellung entsprechend Figur 6, wobei die Freikolbenvorrichtung mit einem anderen Betriebspunkt betrieben wird und der Kolben einen andersartigen unteren Totpunkt einnimmt; und
- Figur 8: schematisch eine Kolbenposition abhängig von der Zeit für eine erfindungsgemäße Freikolbenvorrichtung, die mit zwei unterschiedlichen Betriebspunkten betrieben wird, bei denen unterschiedliche Zeiten für den Ladungswechsel erzielt werden.

[0043] Figur 1 zeigt eine mit dem Bezugszeichen 10 belegte vorteilhafte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Freikolbenvorrichtung, die insbesondere einen Freikolbenmotor 12 ausbildet.

[0044] Die Freikolbenvorrichtung 10 umfasst eine ein Gehäuse 14 bildende Kolbenaufnahme 16. In der Kolbenaufnahme 16 sind zwei Kolbeneinrichtungen 18, 20 längs einer von ihnen definierten gemeinsamen Achse 22 linear hin- und herbeweglich angeordnet. Eine jeweilige Kolbeneinrichtung 18, 20 umfasst einen Kolben 24 bzw. 26, eine Kolbenstange 28 bzw. 30 und einen Gegenkolben 32 bzw. 34. Die Kolbeneinrichtungen 18, 20 und damit die Kolben 24, 26 sind in Gegenkolbenanordnung positioniert, wobei Kolbenflächen 36 der Kolben 24, 26 einander zugewandt sind.

[0045] Die Kolbenaufnahme 16 umfasst einen von einer Wandung 38 des Gehäuses 14 begrenzten Brennraum 40. Der Brennraum 40 ist in Folge der gegenläufigen Bewegung der Kolbeneinrichtungen 18, 20 größenveränderlich und zwischen den Kolbenflächen 36 gebildet.

[0046] In der Wandung 38 sind erste Öffnungen 42 und zweite Öffnungen 44 gebildet. Vorliegend sind jeweils zwei erste bzw. zwei zweite Öffnungen 42, 44 vorhanden, wobei die Anzahl jedoch auch unterschiedlich sein könnte. Die Öffnungen 42, 44 sind beispielsweise als Schlitz in der Wandung 38 ausgestaltet.

[0047] Die ersten Öffnungen 42 sind Einlassöffnungen 46. Über die Einlassöffnungen 46 kann beim Ladungswechsel Frischgas in den Brennraum 40 einströmen. An die Wandung 38 können in der Zeichnung nicht dargestellte Einlassleitungen angeschlossen sein, die über die Einlassöffnungen 46 in den Brennraum 40 münden.

[0048] Die zweiten Öffnungen 44 sind Auslassöffnungen 48. Über die Auslassöffnungen 48 kann beim Ladungswechsel Abgas aus dem Brennraum 40 abgeführt werden. An den Auslassöffnungen 48 können in der Zeichnung nicht gezeigte Auslassleitungen an die Wandung 38 angeschlossen sein, wobei der Brennraum 40 über die Auslassöffnungen 48 in die Auslassleitungen mündet.

[0049] Die Einlassöffnungen 46 sind symmetrisch zu den Auslassöffnungen 48 an der Kolbenaufnahme 16 angeordnet und können vorzugsweise identisch zu diesen ausgestaltet sein.

[0050] Die Einlassöffnungen 46 sind der Kolbeneinrichtung 18 und insbesondere deren Kolben 24 zugeordnet. Der Kolben 24 bildet einen Ventilkörper zum Verschließen und Freigeben der Einlassöffnungen 46 aus. Je nach Hub und Verlauf der Bewegung der Kolbeneinrichtung 18 gibt der Kolben 24 die Einlassöffnungen im unteren Totpunkt ganz oder teilweise frei, und die Öffnungsdauer der Einlassöffnungen 46 kann eingestellt werden.

[0051] Die Auslassöffnungen 48 sind der Kolbeneinrichtung 20 und insbesondere deren Kolben 26 zugeordnet. Der Kolben 26 bildet einen Ventilkörper zum Verschließen und Freigeben der Auslassöffnungen 48 aus.

Je nach Hub und Verlauf der Bewegung der Kolbeneinrichtung 20 gibt der Kolben 26 die Auslassöffnungen ganz oder teilweise frei, und die Öffnungsdauer der Auslassöffnungen 48 kann eingestellt werden.

[0052] Die Kolbeneinrichtungen 18, 20 sind günstigerweise identisch ausgestaltet.

[0053] Die Freikolbenvorrichtung 10 weist der Kolbeneinrichtung 18 zugeordnet eine Rückfedereinrichtung 50 auf, die bevorzugt als Gasfeder 52 ausgestaltet ist. In der Kolbenaufnahme 16 ist ein Rückfederraum 54 mit darin aufgenommenem Gas gebildet. Bei einer Verbrennung im Brennraum 40 bewegt sich die Kolbeneinrichtung 18 unter Kompression des Gases im Rückfederraum 54. Bei der Expansion des Gases wird die Kolbeneinrichtung 18 in Gegenrichtung bewegt.

[0054] In entsprechender Weise ist für die Kolbeneinrichtung 20 eine Rückfedereinrichtung 56, ausgestaltet als Gasfeder 58, vorgesehen, mit einem in der Kolbenaufnahme 16 gebildeten Rückfederraum 60.

[0055] Die Freikolbenvorrichtung 10 weist eine der Kolbeneinrichtung 18 zugeordnete Energiekopplungseinrichtung 62 auf, vorliegend ausgestaltet als Lineargenerator 64. Der Lineargenerator 64 umfasst eine Läuferanordnung 66 an der Kolbenstange 28 und eine Statoranordnung 68 an der Kolbenaufnahme 16.

[0056] In entsprechender Weise umfasst die Freikolbenvorrichtung 10 der Kolbeneinrichtung 20 zugeordnet eine als Lineargenerator 72 ausgestaltete Energiekopplungseinrichtung 70. Der Lineargenerator 72 umfasst eine Läuferanordnung 74 an der Kolbenstange 30 und eine Statoranordnung 76 an der Kolbenaufnahme 16.

[0057] Die Freikolbenvorrichtung 10 weist eine Steuereinrichtung 78 auf. Die Steuereinrichtung 78 ist, schematisch dargestellt über Steuerleitungen 79 und 80, mit der Rückfedereinrichtung 50 bzw. der Rückfedereinrichtung 56 gekoppelt. Vorzugsweise kann die Federkraft der Gasfedern 52, 58 mittels der Steuereinrichtung 78 zum Steuern der Bewegung der Kolbeneinrichtung 18, 20 im Betrieb eingestellt werden.

[0058] Alternativ oder ergänzend kann die Bewegung der Kolbeneinrichtungen 18, 20 unabhängig voneinander durch Ansteuerung der Lineargeneratoren 64 bzw. 72 gesteuert werden. Steuerleitungen 81 und 82 zeigen schematisch die Kopplung der Steuereinrichtung 78 mit den Lineargeneratoren 64 bzw. 72.

[0059] Wie bereits erwähnt umfasst "steuern" vorliegend insbesondere auch "regeln".

[0060] Am Brennraum 40 kann eine Zündeinrichtung 84 vorgesehen sein, die von der Steuereinrichtung 78 über eine Steuerleitung 86 ansteuerbar ist. Ebenfalls kann am Brennraum 40 eine in der Zeichnung nicht gezeigte Einspritzeinrichtung vorgesehen sein, ebenfalls ansteuerbar von der Steuereinrichtung 78. Über die Einspritzeinrichtung kann ein Brennstoff in den Brennraum 40 eingebracht werden.

[0061] Alternativ oder ergänzend zur Einspritzeinrichtung ist bei der Freikolbenvorrichtung 10 vorgesehen, dass das über die Einlassöffnungen 46 zuführbare

"Frischgas" ein Gas-Brennstoff-Gemisch aus Gas oder Gasgemisch mit beigemischtem Brennstoff sein kann.

[0062] Die Freikolbenvorrichtung 10 wird im Zweitaktbetrieb betrieben, bei dem die Kolbeneinrichtungen 18, 20 antisymmetrisch zueinander bewegt werden. Das im Brennraum 40 verdichtete Gas-Brennstoff-Gemisch wird mittels der Zündeinrichtung 84 oder durch Selbstzündung gezündet, wodurch die Kolbeneinrichtungen 18, 20 auseinander getrieben werden. Dabei werden die Einlassöffnungen 46 und die Auslassöffnungen 48 wie nachfolgend erläutert zumindest teilweise freigegeben. Es erfolgt eine Längsspülung des Brennraumes 40 (Figuren 2 und 4) mit durch die Einlassöffnung 46 eintretendem Frischgas und durch die Auslassöffnung 48 abgeführtem Abgas. Durch die Aufwärtsbewegung der Kolben 24, 26 aufgrund der Gasfedern 52, 58 wird das Brennstoffgemisch zum Durchlaufen des nachfolgenden Zyklus verdichtet.

[0063] Beide Kolben 24, 26 durchlaufen einen jeweiligen oberen Totpunkt OT und einen jeweiligen unteren Totpunkt UT.

[0064] Erfindungsgemäß ist bei der Freikolbenvorrichtung 10 vorgesehen, dass die Menge an Frischgas, die beim Ladungswechsel über die Einlassöffnungen 46 in den Brennraum 40 einströmen kann, durch die Bewegung der Kolbeneinrichtung 18 steuerbar ist, und/oder die Menge an Abgas, die beim Ladungswechsel über die Auslassöffnungen 48 aus dem Brennraum 40 ausströmen kann.

[0065] Dies erfolgt insbesondere dadurch, dass der Kolben 24 als Ventilkörper für die Einlassöffnungen 46 wirkt und zumindest teilweise über diese bewegbar ist. Die Steuereinrichtung 78 kann die Bewegung der Kolbeneinrichtung 18 zur Einnahme eines vorgebbaren unteren Totpunktes UT einstellen. Dies ist beispielhaft in Figur 2 gezeigt, wobei die Position des unteren Totpunktes als UT1 gekennzeichnet ist.

[0066] Nimmt der Kolben 24 den unteren Totpunkt UT1 ein, sind die Einlassöffnungen 46 beim Beispiel der Figur 2 teilweise geöffnet und teilweise vom Kolben 24 versperrt. Durch die Steuerung der Bewegung der Kolbeneinrichtung 18 kann dadurch die freie Querschnittsfläche zum Steuern der beim Ladungswechsel einströmenden Menge an Frischgas eingestellt werden.

[0067] Die Bewegung der Kolbeneinrichtung 20 kann bei der Freikolbenvorrichtung 10 vorteilhafterweise in entsprechender Weise so gesteuert werden, dass die Auslassöffnungen 48 vom Kolben 26 ganz oder teilweise freigegeben sind. Am Beispiel der Figur 2 ist dargestellt, dass der Kolben 26, der für die Auslassöffnungen 48 ebenfalls einen Ventilkörper bildet, einen unteren Totpunkt UT1' einnimmt. Dabei sind die Auslassöffnungen 48 vom Kolben 26 teilweise freigegeben und ansonsten versperrt.

[0068] Somit kann auch bei der Kolbeneinrichtung 20 die Bewegung derart gesteuert werden, dass die freie Querschnittsfläche der Auslassöffnungen 48 eingestellt wird, um die Menge an abgeführtem Abgas beim La-

dungswechsel und Spülvorgang zu steuern.

[0069] Die Figur 4 zeigt beispielhaft, wie die Bewegungen der Kolbeneinrichtungen 18, 20 zur Einnahme eines unterschiedlichen Betriebspunktes der Freikolbenvorrichtung 10 andersartig steuerbar sind. Dabei ist die Bewegung der Kolbeneinrichtung 18 so gesteuert, dass deren Kolben 24 bei Einnahme des unteren Totpunktes UT2 die Einlassöffnungen 46 vollständig freigibt. Die Menge an beim Ladungswechsel einströmendem Frischgas ist größer als bei dem in Figur 2 gezeigten Beispiel, weil die freie Querschnittsfläche der Einlassöffnungen 46 größer und insbesondere maximiert ist.

[0070] In entsprechender Weise ist die Bewegung der Kolbeneinrichtung 20 so gesteuert, dass die Auslassöffnungen 48 dann, wenn der Kolben 26 den unteren Totpunkt UT2' einnimmt, vollständig freigegeben sind. Aufgrund der größeren Querschnittsfläche als bei dem in der Figur 2 gezeigten Beispiel ist die Menge an abgeführtem Abgas beim Ladungswechsel größer, als wenn der Kolben 26 wie vorstehend erläutert den unteren Totpunkt UT1' einnimmt.

[0071] Die Figuren 3 und 5 verdeutlichen schematisch, wie nach dem Spülvorgang im Brennraum 40 bei der Aufwärtsbewegung der Kolben 24, 26 unterschiedliche Restgasgehalte vorhanden sind. Frischgas ist in den Figuren 3 und 5 durch offene Kreise 88 dargestellt und Restgas durch schwarze Punkte 90. Weil bei dem Beispiel der Figur 2 die Einlassöffnungen 46 und 48 beim Ladungswechsel nur teilweise geöffnet sind, ist der Gehalt an Restgas im Brennraum 40 größer als bei dem Beispiel der Figur 4, bei der die Einlassöffnungen 46 und 48 vollständig geöffnet sind.

[0072] Durch die Erfindung besteht die Möglichkeit, im laufenden Betrieb der Freikolbenvorrichtung 10 und insbesondere zyklusindividuell den Restgasgehalt im Brennraum 40 zu variieren. Beispielsweise kann von einem verhältnismäßig hohen Restgasgehalt (Figuren 2 und 3) mit Selbstzündungsbetrieb zu einem Betrieb mit verhältnismäßig geringem Restgasanteil (Figuren 4 und 5) mit Fremdzündung über die Zündeinrichtung 84 und umgekehrt gewechselt werden.

[0073] Über den Spülvorgang kann der Ladedruck im Brennraum 40, damit dessen Temperatur sowie aufgrund des Ladedruckes das Strömungsverhältnis wie Turbulenz, Drall oder Tumble im Brennraum 40 variiert werden.

[0074] Die Figuren 6 und 7 zeigen eine Teildarstellung einer weiteren, mit dem Bezugszeichen 100 belegten Freikolbenvorrichtung. Für gleiche oder gleichwirkende Merkmale und Bauteile der Freikolbenvorrichtungen 10, 100 werden identische Bezugszeichen benutzt. Die Freikolbenvorrichtung 100 unterscheidet sich von der Freikolbenvorrichtung 10 dadurch, dass nur eine Kolbeneinrichtung 18 vorgesehen ist. Die Wandung 38 ist an der der Kolbenfläche 36 gegenüberliegenden Seite des Kolbens 24 geschlossen und weist in diesem Bereich eine Stirnwand 102 auf. In der Stirnwand 102 sind vorliegend die Auslassöffnungen 48 gebildet. An der jeweiligen Aus-

lassöffnung 48 ist ein von der Steuereinrichtung 78 ansteuerbares Ventil 104 angeordnet.

[0075] Die Figuren 6 und 7 zeigen nicht die Rückfedereinrichtung 50 und die Energiekopplungseinrichtung 62, diese sind jedoch bei der Freikolbenvorrichtung 100 ebenfalls vorgesehen.

[0076] Bei der Freikolbenvorrichtung 100 kann die Lage des unteren Totpunktes des Kolbens 24 ebenfalls im Betrieb so eingestellt werden, dass die Menge an einströmendem Frischgas gesteuert wird. Beim Ladungswechsel sind die Ventile 104 geöffnet, damit Abgas aus dem Brennraum 40 abgeführt werden kann. Die Situation der Figur 6 entspricht dabei dem Beispiel der Figur 2, und die Situation der Figur 7 dem Beispiel der Figur 4. In beiden Situationen sind jedoch die Auslassöffnungen 48 über die Ventile 104 komplett freigegeben, und nur die Menge an einströmendem Frischgas wird durch die Lage des jeweiligen unteren Totpunktes UT1 bzw. UT2 des Kolbens 24 variiert. Jedoch ist auch hier die Möglichkeit gegeben, den Restgasgehalt im Brennraum 40 zu variieren.

[0077] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist es auch möglich, eine Öffnungsdauer durch die Bewegung einer Kolbeneinrichtung einzustellen, für welche Öffnungsdauer die Einlassöffnungen 46 oder die Auslassöffnungen 48 geöffnet sind, wobei die Position eines unteren Totpunktes des Kolbens nicht verändert wird.

[0078] Dies ist sowohl bei der Freikolbenvorrichtung 10 als auch bei der Freikolbenvorrichtung 100 möglich, und es wird anhand der Figur 8 erläutert, in der eine erste Bahnkurve 106 für einen Kolben durchgezogen dargestellt ist und eine zweite Bahnkurve 108 für denselben Kolben gestrichelt dargestellt ist. Der Kolben ist beispielsweise der Kolben 24 der Kolbeneinrichtung 18, es könnte sich jedoch auch um den Kolben 26 der Kolbeneinrichtung 20 handeln. Die Bahnkurven 106 und 108 zeigen die Kolbenposition relativ zur Kolbenaufnahme in Abhängigkeit von der Zeit.

[0079] Bei der Bewegung des Kolbens wird zumindest die Position des unteren Totpunktes beibehalten und nicht variiert, wobei im Beispiel der Figur 8 auch der obere Totpunkt für beide Bahnkurven 106, 108 identisch ist. Bei beiden Bahnkurven 106, 108 wird ferner eine identische Frequenz gefahren, erkennbar anhand einer identischen Periodendauer 110.

[0080] Solange sich der Kolben zwischen der Position definiert durch die horizontale gestrichelte Linie oberhalb "UT" und dem unteren Totpunkt UT befindet, ist die entsprechende Einlassöffnung 46 oder Auslassöffnung 48 freigegeben. Die Zeit zum Durchlaufen des unteren Totpunktes unter freigegebenen Öffnungen ist jedoch für beide Bahnkurven 106, 108 unterschiedlich. Diese Zeitdauer 112 für die Bahnkurve 106 ist größer als die korrespondierende Zeitdauer 114 für die Bahnkurve 108. Aus diesem Grund durchläuft der Kolben bei Einnahme der Bahnkurve 108 den unteren Totpunkt schneller, und die Öffnungen sind weniger lang geöffnet, als wenn der Kolben Bahnkurve 106 durchläuft.

[0081] Auch dadurch ist es möglich, die Menge an einströmendem Frischgas oder abgeführten Abgas durch die Bewegung der Kolbeneinrichtung zu steuern.

Bezugszeichen

[0082]

10	Freikolbenvorrichtung
12	Freikolbenmotor
14	Gehäuse
16	Kolbenaufnahme
18	Kolbeneinrichtung
20	Kolbeneinrichtung
22	Achse
24	Kolben
26	Kolben
28	Kolbenstange
30	Kolbenstange
32	Gegenkolben
34	Gegenkolben
36	Kolbenfläche
38	Wandung
40	Brennraum
42	erste Öffnung
44	zweite Öffnung
46	Einlassöffnung
48	Auslassöffnung
50	Rückfedereinrichtung
52	Gasfeder
54	Rückfederraum
56	Rückfedereinrichtung
58	Gasfeder
60	Rückfederraum
62	Energiekopplungseinrichtung
64	Lineargenerator
66	Läuferanordnung
68	Statoranordnung
70	Energiekopplungseinrichtung
72	Lineargenerator
74	Läuferanordnung
76	Statoranordnung
78	Steuereinrichtung
79	Steuerleitung
80	Steuerleitung
81	Steuerleitung
82	Steuerleitung
84	Zündeinrichtung
86	Steuerleitung
88	offener Kreis
90	Punkt
100	Freikolbenvorrichtung
102	Stirnwand
104	Ventil
106	Bahnkurve
108	Bahnkurve
110	Periodendauer
112	Zeitdauer

114 Zeitdauer

Patentansprüche

5

1. Freikolbenvorrichtung, umfassend eine Kolbenaufnahme (16), in der mindestens eine Kolbeneinrichtung (18) mit einem Kolben (24) linear hin- und herbeweglich angeordnet ist, wobei die Kolbenaufnahme (16) einen von einer Wandung (38) begrenzten Brennraum (40) umfasst oder bildet, in der mindestens eine erste Öffnung (42) und mindestens eine zweite Öffnung (44) gebildet sind, welche Öffnungen (42, 44) mindestens eine Einlassöffnung (46) für die Zufuhr von Frischgas und, in Bewegungsrichtung der Kolbeneinrichtung (18) davon beabstandet, mindestens eine Auslassöffnung (48) für die Abfuhr von Abgas für eine Längsspülung des Brennraumes (40) umfassen, wobei die Bewegung der mindestens einen Kolbeneinrichtung (18) mittels einer Steuereinrichtung (78) steuerbar ist, wobei der Kolben (24) zumindest teilweise über die mindestens eine erste Öffnung (42) bewegbar ist und der untere Totpunkt des Kolbens (24), zum Einstellen einer freien Querschnittsfläche der mindestens einen ersten Öffnung (42), so eingestellt wird, dass die mindestens eine erste Öffnung (42) bei Einnahme des unteren Totpunktes durch den Kolben (24) teilweise freigegeben und teilweise versperrt ist, wobei die Freikolbenvorrichtung (10) eine weitere Kolbeneinrichtung (20) mit einem Kolben (26) umfasst, die in der Kolbenaufnahme (16) linear hin- und herbeweglich angeordnet ist, wobei die Kolben (24, 26) beider Kolbeneinrichtungen (18, 20) in Gegenkolbenanordnung positioniert sind und der Brennraum (40) zwischen den Kolben (24, 26) gebildet ist, wobei der Kolben (26) der weiteren Kolbeneinrichtung (20) zumindest teilweise über mindestens eine weitere Öffnung (44) der Wandung (38) bewegbar ist, wobei die Menge an über die mindestens eine weitere Öffnung (44) abführbarem Abgas oder zuführbarem Frischgas über die Bewegung der weiteren Kolbeneinrichtung (20) im Betrieb von der Steuereinrichtung (78) einstellbar ist und wobei der untere Totpunkt des Kolbens (26) der weiteren Kolbeneinrichtung (20), zum Einstellen einer freien Querschnittsfläche der mindestens einen weiteren Öffnung (44), so eingestellt wird, dass die mindestens eine weitere Öffnung (44) bei Einnahme des unteren Totpunktes durch den Kolben (26) der weiteren Kolbeneinrichtung (20) teilweise freigegeben und teilweise versperrt ist.
2. Freikolbenvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine erste Öffnung (42) bei Einnahme des unteren Totpunktes durch den Kolben (24) vollständig freigebbar ist.
3. Freikolbenvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **da-**

durch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Einlassöffnung (46), längs der Bewegungsrichtung der Kolbeneinrichtung, von jeder Auslassöffnung (48) axial beabstandet ist.

4. Freikolbenvorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Freikolbenvorrichtung (10; 100) eine mit der Steuereinrichtung gekoppelte Energiekopplungseinrichtung (62) umfasst und dass die Bewegung der mindestens einen Kolbeneinrichtung (18) von der Steuereinrichtung (78) über die Energiekopplungseinrichtung (62) steuerbar ist, wobei die Energiekopplungseinrichtung (62) vorzugsweise einen Lineargenerator (64) umfasst.
5. Freikolbenvorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Freikolbenvorrichtung (10; 100) eine mit der Steuereinrichtung (78) gekoppelte Rückfedereinrichtung (50) für die mindestens eine Kolbeneinrichtung (18) umfasst und dass die Rückfedereinrichtung (50) von der Steuereinrichtung (78) zum Steuern der Bewegung der mindestens einen Kolbeneinrichtung (18) ansteuerbar ist.
6. Freikolbenvorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine erste Öffnung (42) eine Einlassöffnung (46) ist und die mindestens eine zweite Öffnung (44) eine Auslassöffnung (48).
7. Freikolbenvorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine weitere Öffnung (44) die eine zweite Öffnung (44) ist, oder dass die mindestens eine weitere Öffnung eine erste Öffnung ist, wobei die mindestens eine zweite Öffnung, längs der Bewegungsrichtung der Kolbeneinrichtungen, zwischen den ersten Öffnungen positioniert ist.
8. Freikolbenvorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein gleicher Hub beider Kolbeneinrichtungen (18, 20) einstellbar ist und/oder dass die Bewegung beider Kolbeneinrichtungen (18, 20) antisymmetrisch zueinander steuerbar ist.
9. Freikolbenvorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mindestens einen weiteren Kolbeneinrichtung (20) eine mit der Steuereinrichtung (78) gekoppelte Rückfedereinrichtung (56) und/oder Energiekopplungseinrichtung (70) zugeordnet ist/sind, wobei die Bewegung der mindestens einen weiteren Kolbeneinrichtung (20) über die Rückfedereinrichtung (56) und/oder die Energiekopplungseinrichtung (70) steuerbar ist, wobei die Energiekopplungseinrich-

tung (70) vorzugsweise einen Lineargenerator (72) umfasst.

10. Freikolbenvorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine erste Öffnung (42) und die mindestens eine zweite Öffnung (44) symmetrisch zueinander bezüglich einer Symmetrieebene senkrecht zu einer Achse (22) der Kolbeneinrichtungen (18, 20) an der Kolbenaufnahme (16) angeordnet und/oder ausgestaltet sind.
11. Verfahren zum Betreiben einer Freikolbenvorrichtung, umfassend eine Kolbenaufnahme (16), in der mindestens eine Kolbeneinrichtung (18) mit einem Kolben (24) linear hin- und herbeweglich angeordnet ist, wobei die Kolbenaufnahme (16) einen von einer Wandung (38) begrenzten Brennraum (40) umfasst oder bildet, in der mindestens eine erste Öffnung (42) und mindestens eine zweite Öffnung (44) gebildet sind, welche Öffnungen (42, 44) mindestens eine Einlassöffnung (46) für die Zufuhr von Frischgas und, in Bewegungsrichtung der Kolbeneinrichtung (18) davon beabstandet, mindestens eine Auslassöffnung (48) für die Abfuhr von Abgas für eine Längsspülung des Brennraumes (40) umfassen, wobei die Bewegung der mindestens einen Kolbeneinrichtung (18) mittels einer Steuereinrichtung (78) gesteuert wird, wobei der Kolben (24) zumindest teilweise über die mindestens eine erste Öffnung (42) bewegt wird und der untere Totpunkt des Kolbens (24), zum Einstellen einer freien Querschnittsfläche der mindestens einen ersten Öffnung (42), so eingestellt wird, dass die mindestens eine erste Öffnung (42) bei Einnahme des unteren Totpunktes durch den Kolben (24) teilweise freigegeben und teilweise versperrt wird, wobei die Freikolbenvorrichtung (10) eine weitere Kolbeneinrichtung (20) mit einem Kolben (26) umfasst, die in der Kolbenaufnahme (16) linear hin- und herbeweglich angeordnet ist, wobei die Kolben (24, 26) beider Kolbeneinrichtungen (18, 20) in Gegenkolbenanordnung positioniert sind und der Brennraum (40) zwischen den Kolben (24, 26) gebildet ist, wobei der Kolben (26) der weiteren Kolbeneinrichtung (20) zumindest teilweise über mindestens eine weitere Öffnung (44) der Wandung (38) bewegt wird, wobei die Menge an über die mindestens eine weitere Öffnung (44) abführbarem Abgas oder zuführbarem Frischgas über die Bewegung der weiteren Kolbeneinrichtung (20) im Betrieb von der Steuereinrichtung (78) eingestellt wird, und wobei der untere Totpunkt des Kolbens (26) der weiteren Kolbeneinrichtung (20), zum Einstellen einer freien Querschnittsfläche der mindestens einen weiteren Öffnung (44), so eingestellt wird, dass die mindestens eine weitere Öffnung (44) bei Einnahme des unteren Totpunktes durch den Kolben (26) der weiteren Kolbeneinrichtung (20) teilweise freigegeben

und teilweise versperrt ist.

Claims

1. Free piston apparatus, comprising a piston receptacle (16) in which at least one piston device (18) having a piston (24) is arranged so as to be linearly reciprocable, wherein the piston receptacle (16) comprises or forms a combustion chamber (40) delimited by a wall arrangement (38) in which at least one first opening (42) and at least one second opening (44) are formed, which openings (42, 44) comprise at least one inlet opening (46) for the supply of fresh gas and, spaced apart therefrom in movement direction of the piston device (18), at least one outlet opening (48) for the removal of exhaust gas for a uniflow scavenging of the combustion chamber (40), wherein the movement of the at least one piston device (18) is controllable by means of a control device (78), wherein the piston (24) is movable at least partially over the at least one first opening (42) and the bottom dead center of the piston (24) is adjusted, for adjusting a free cross sectional area of the at least one first opening (42), such that, when the piston (24) adopts the bottom dead center, the at least one first opening (42) is partially unblocked and partially blocked, wherein the free piston apparatus (10) comprises a further piston device (20) having a piston (26), which piston device (20) is arranged so as to be linearly reciprocable in the piston receptacle (16), wherein the pistons (24, 26) of both piston devices (18, 20) are positioned in opposed piston arrangement and the combustion chamber (40) is formed between the pistons (24, 26), wherein the piston (26) of the further piston device (20) is movable at least partially over at least one further opening (44) of the wall arrangement (38), wherein the amount of exhaust gas removable or fresh gas supplyable via the at least one further opening (44) is adjustable by way of the movement of the further piston device (20) in the operation by the control device (78) and wherein the bottom dead center of the piston (26) of the further piston device (20) is adjusted, for adjusting a free cross sectional area of the at least one further opening (44), such that, upon the piston (26) of the further piston device (20) adopting the bottom dead center, the at least one further opening (44) is partially unblocked and partially blocked.
2. Free piston apparatus in accordance with Claim 1, **characterized in that** the at least one first opening (42) is entirely unblockable upon the piston (24) adopting the bottom dead center.
3. Free piston apparatus in accordance with Claim 1 or 2, **characterized in that** the at least one inlet opening (46), along the movement direction of the piston

device, is spaced axially apart from each outlet opening (48).

4. Free piston apparatus in accordance with any one of the preceding Claims, **characterized in that** the free piston apparatus (10; 100) comprises an energy coupling device (62) which is coupled to the control device, and **in that** the movement of the at least one piston device (18) is controllable by the control device (78) by way of the energy coupling device (62), wherein the energy coupling device (62) preferably comprises a linear generator (64).
5. Free piston apparatus in accordance with any one of the preceding Claims, **characterized in that** the free piston apparatus (10; 100) comprises a spring-back device (50), which is coupled to the control device (78), for the at least one piston device (18), and **in that** the spring-back device (50) is controllable by the control device (78) for controlling the movement of the at least one piston device (18).
6. Free piston apparatus in accordance with any one of the preceding Claims, **characterized in that** the at least one first opening (42) is an inlet opening (46) and the at least one second opening (44) an outlet opening (48).
7. Free piston apparatus in accordance with any one of the preceding Claims, **characterized in that** the at least one further opening (44) is the second opening (44), or **in that** the at least one further opening is a first opening, wherein the at least one second opening, along the movement direction of the piston devices, is positioned between the first openings.
8. Free piston apparatus in accordance with any one of the preceding Claims, **characterized in that** an equal stroke of both piston devices (18, 20) is adjustable and/or **in that** the movement of both piston devices (18, 20) is controllable antisymmetrical to each other.
9. Free piston apparatus in accordance with any one of the preceding Claims, **characterized in that** a spring-back device (56) and/or energy coupling device (70) coupled to the control device (78) is/are associated with the at least one further piston device (20), wherein the movement of the at least one further piston device (20) is controllable by way of the spring-back device (56) and/or the energy coupling device (70), wherein the energy coupling device (70) preferably comprises a linear generator (72).
10. Free piston apparatus in accordance with any one of the preceding Claims, **characterized in that** the at least one first opening (42) and the at least one second opening (44) are arranged or configured on

the piston receptacle (16) symmetrical to each other with respect to a plane of symmetry perpendicular to an axis (22) of the piston devices (18, 20).

11. Method for operating a free piston apparatus, comprising a piston receptacle (16) in which at least one piston device (18) having a piston (24) is arranged so as to be linearly reciprocable, wherein the piston receptacle (16) comprises or forms a combustion chamber (40) delimited by a wall arrangement (38) in which at least one first opening (42) and at least one second opening (44) are formed, which openings (42, 44) comprise at least one inlet opening (46) for the supply of fresh gas and, spaced apart therefrom in movement direction of the piston device (18), at least one outlet opening (48) for the removal of exhaust gas for a uniflow scavenging of the combustion chamber (40), wherein the movement of the at least one piston device (18) is controlled by means of a control device (78), wherein the piston (24) is moved at least partially over the at least one first opening (42) and the bottom dead center of the piston (24) is adjusted for adjusting a free cross sectional area of the at least one first opening (42) such that, when the piston (24) adopts the bottom dead center, the at least one first opening (42) is partially unblocked and partially blocked, wherein the free piston apparatus (10) comprises a further piston device (20) having a piston (26), which piston device (20) is arranged so as to be linearly reciprocable in the piston receptacle (16), wherein the pistons (24, 26) of both piston devices (18, 20) are positioned in opposed piston arrangement and the combustion chamber (40) is formed between the pistons (24, 26), wherein the piston (26) of the further piston device (20) is moved at least partially over at least one further opening (44) of the wall arrangement (38), wherein the amount of exhaust gas removable or fresh gas supplyable via the at least one further opening (44) is adjusted by way of the movement of the further piston device (20) in the operation by the control device (78), and wherein the bottom dead center of the piston (26) of the further piston device (20) is adjusted for adjusting a free cross sectional area of the at least one further opening (44) such that, upon the piston (26) of the further piston device (20) adopting the bottom dead center, the at least one further opening (44) is partially unblocked and partially blocked.

Revendications

1. Dispositif de pistons libres, comprenant un logement de piston (16) dans lequel au moins un équipement de piston (18) avec un piston (24) est agencé de façon à se déplacer dans un va-et-vient linéaire, dans lequel le logement de piston (16) comprend ou

forme une chambre de combustion (40) délimitée par une paroi (38), dans laquelle sont formés au moins un premier orifice (42) et au moins un second orifice (44), lesquels orifices (42, 44) comprennent au moins un orifice d'admission (46) pour l'amenée de gaz frais et, distancé de celui-ci dans la direction de déplacement de l'équipement de piston (18), au moins un orifice d'échappement (48) pour l'évacuation de gaz d'échappement pour un balayage longitudinal de la chambre de combustion (40), dans lequel le déplacement du au moins un équipement de piston (18) peut être commandé au moyen d'un équipement de commande (78), dans lequel le piston (24) peut être déplacé au moins partiellement via le au moins un premier orifice (42) et le point mort bas du piston (24) est réglé, pour le réglage d'une surface de section libre du au moins un premier orifice (42), de sorte que le au moins un premier orifice (42) soit partiellement libéré et partiellement bloqué lors du positionnement au point mort bas par le piston (24), dans lequel le dispositif de pistons libres (10) comprend un autre équipement de piston (20) avec un piston (26), lequel équipement de piston est agencé dans le logement de piston (16) de façon à se déplacer dans un va-et-vient linéaire, dans lequel les pistons (24, 26) des deux équipements de piston (18, 20) sont positionnés dans un agencement à pistons opposés et la chambre de combustion (40) est formée entre les pistons (24, 26), dans lequel le piston (26) de l'autre équipement de piston (20) peut être déplacé au moins partiellement via au moins un autre orifice (44) de la paroi (38), dans lequel la quantité de gaz d'échappement pouvant être évacué ou de gaz frais pouvant être amené via le au moins un autre orifice (44) peut être réglée par l'équipement de commande (78) via le déplacement de l'autre équipement de piston (20) en fonctionnement et dans lequel le point mort bas du piston (26) de l'autre équipement de piston (20) est réglé, pour le réglage d'une surface de section libre du au moins un autre orifice (44), de sorte que le au moins un autre orifice (44) soit partiellement libéré et partiellement bloqué par le piston (26) de l'autre équipement de piston (20) lors du positionnement au point mort bas.

2. Dispositif de pistons libres selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le au moins un premier orifice (42) puisse être complètement libéré lors du positionnement au point mort bas par le piston (24).
3. Dispositif de pistons libres selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le au moins un orifice d'admission (46) est axialement distancé de chaque orifice d'échappement (48) dans la direction de déplacement de l'équipement de piston.
4. Dispositif de pistons libres selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dis-

- positif de pistons libres (10 ; 100) comprend un équipement de couplage énergétique (62) couplé à l'équipement de commande et **en ce que** le déplacement du au moins un équipement de piston (18) peut être commandé par l'équipement de commande (78) via l'équipement de couplage énergétique (62), dans lequel l'équipement de couplage énergétique (62) comprend de préférence un générateur linéaire (64).
- 5
5. Dispositif de pistons libres selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de pistons libres (10 ; 100) comprend un équipement de ressort de rappel (50) couplé à l'équipement de commande (78) pour le au moins un équipement de piston (18) et **en ce que** l'équipement de ressort de rappel (50) peut être commandé par l'équipement de commande (78) pour commander le déplacement du au moins un équipement de piston (18).
- 10
6. Dispositif de pistons libres selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le au moins un premier orifice (42) est un orifice d'admission (46) et le au moins un second orifice (44) est un orifice d'échappement (48).
- 15
7. Dispositif de pistons libres selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le au moins un autre orifice (44) est le un second orifice (44), ou **en ce que** le au moins un autre orifice est un premier orifice, dans lequel le au moins un second orifice est positionné entre les premiers orifices dans la direction de déplacement des équipements de piston.
- 20
8. Dispositif de pistons libres selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'une** même course des deux équipements de piston (18, 20) peut être réglée et/ou **en ce que** le déplacement des deux équipements de piston (18, 20) peut être commandé de façon asymétrique l'un à l'autre.
- 25
9. Dispositif de pistons libres selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'à** le au moins un autre équipement de piston (20) est attribué un équipement de ressort de rappel (56) et/ou un équipement de couplage énergétique (70) couplés à l'équipement de commande (78), dans lequel le déplacement du au moins un autre équipement de piston (20) peut être commandé via l'équipement de ressort de rappel (56) et/ou l'équipement de couplage énergétique (70), dans lequel l'équipement de couplage énergétique (70) comprend de préférence un générateur linéaire (72).
- 30
10. Dispositif de pistons libres selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le au moins un premier orifice (42) et le au moins un second orifice (44) sont agencés et/ou configurés contre le logement de piston (16) symétriquement l'un à l'autre par rapport à un plan de symétrie perpendiculaire à un axe (22) des équipements de piston (18, 20).
- 35
11. Procédé destiné à exploiter un dispositif de pistons libres, comprenant un logement de piston (16) dans lequel au moins un équipement de piston (18) avec un piston (24) est agencé de façon à se déplacer dans un va-et-vient linéaire, dans lequel le logement de piston (16) comprend ou forme une chambre de combustion (40) délimitée par une paroi (38), dans laquelle sont formés au moins un premier orifice (42) et au moins un second orifice (44), lesquels orifices (42, 44) comprennent au moins un orifice d'admission (46) pour l'amenée de gaz frais et, distancé de celui-ci dans la direction de déplacement de l'équipement de piston (18), au moins un orifice d'échappement (48) pour l'évacuation de gaz d'échappement pour un balayage longitudinal de la chambre de combustion (40), dans lequel le déplacement du au moins un équipement de piston (18) est commandé au moyen d'un équipement de commande (78), dans lequel le piston (24) est déplacé au moins partiellement via le au moins un premier orifice (42) et le point mort bas du piston (24) est réglé, pour le réglage d'une surface de section libre du au moins un premier orifice (42), de sorte que le au moins un premier orifice (42) soit partiellement libéré et partiellement bloqué lors du positionnement au point mort bas par le piston (24), dans lequel le dispositif de pistons libres (10) comprend un autre équipement de piston (20) avec un piston (26), lequel équipement de piston est agencé dans le logement de piston (16) de façon à se déplacer dans un va-et-vient linéaire, dans lequel les pistons (24, 26) des deux équipements de piston (18, 20) sont positionnés dans un agencement à pistons opposés et la chambre de combustion (40) est formée entre les pistons (24, 26), dans lequel le piston (26) de l'autre équipement de piston (20) est déplacé au moins partiellement via au moins un autre orifice (44) de la paroi (38), dans lequel la quantité de gaz d'échappement pouvant être évacué ou de gaz frais pouvant être amené via le au moins un autre orifice (44) est réglée par l'équipement de commande (78) via le déplacement de l'autre équipement de piston (20) en fonctionnement, et dans lequel le point mort bas du piston (26) de l'autre équipement de piston (20) est réglé, pour le réglage d'une surface de section libre du au moins un autre orifice (44), de sorte que le au moins un autre orifice (44) soit partiellement libéré et partiellement bloqué par le piston (26) de l'autre équipement de piston (20) lors du positionnement au point mort bas.
- 40
- 45
- 50
- 55

FIG.1

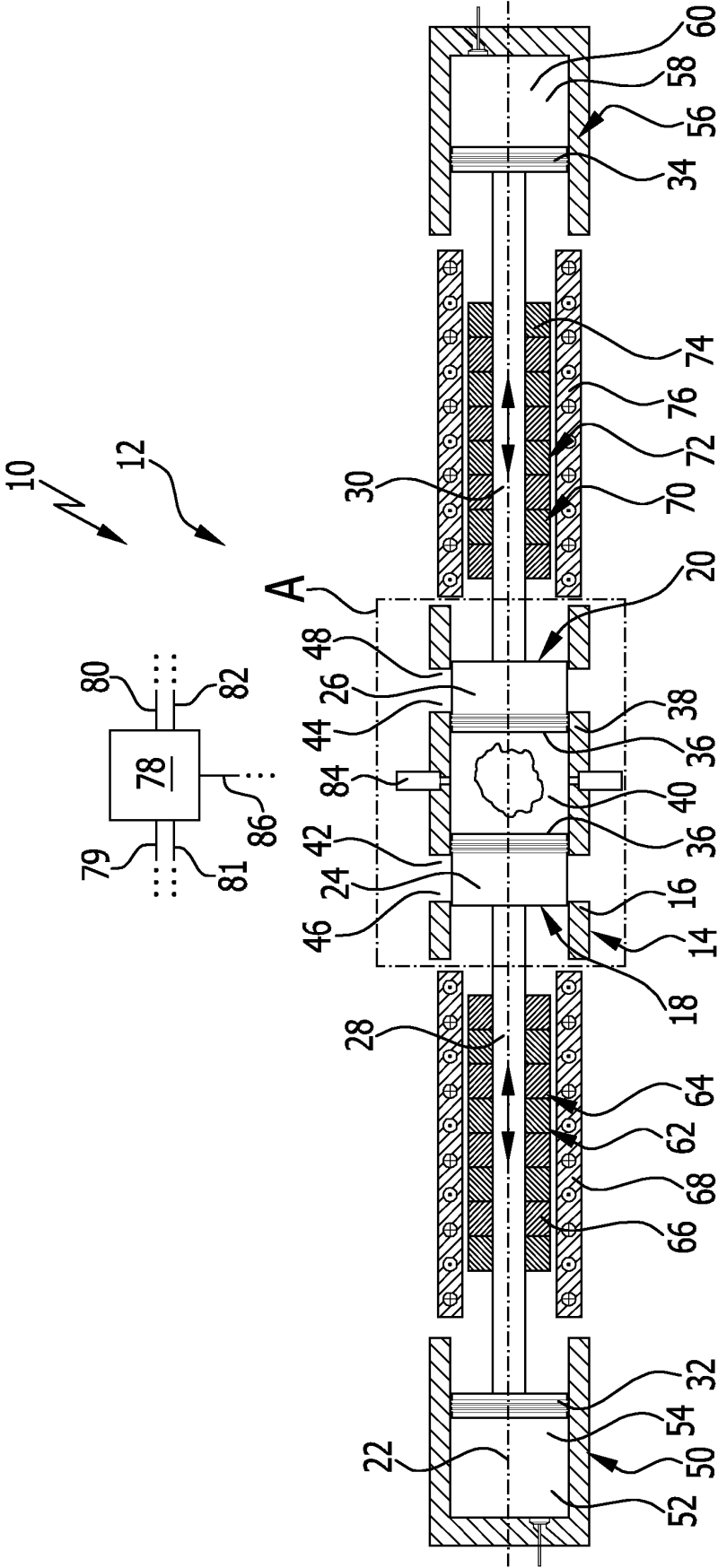


FIG.2

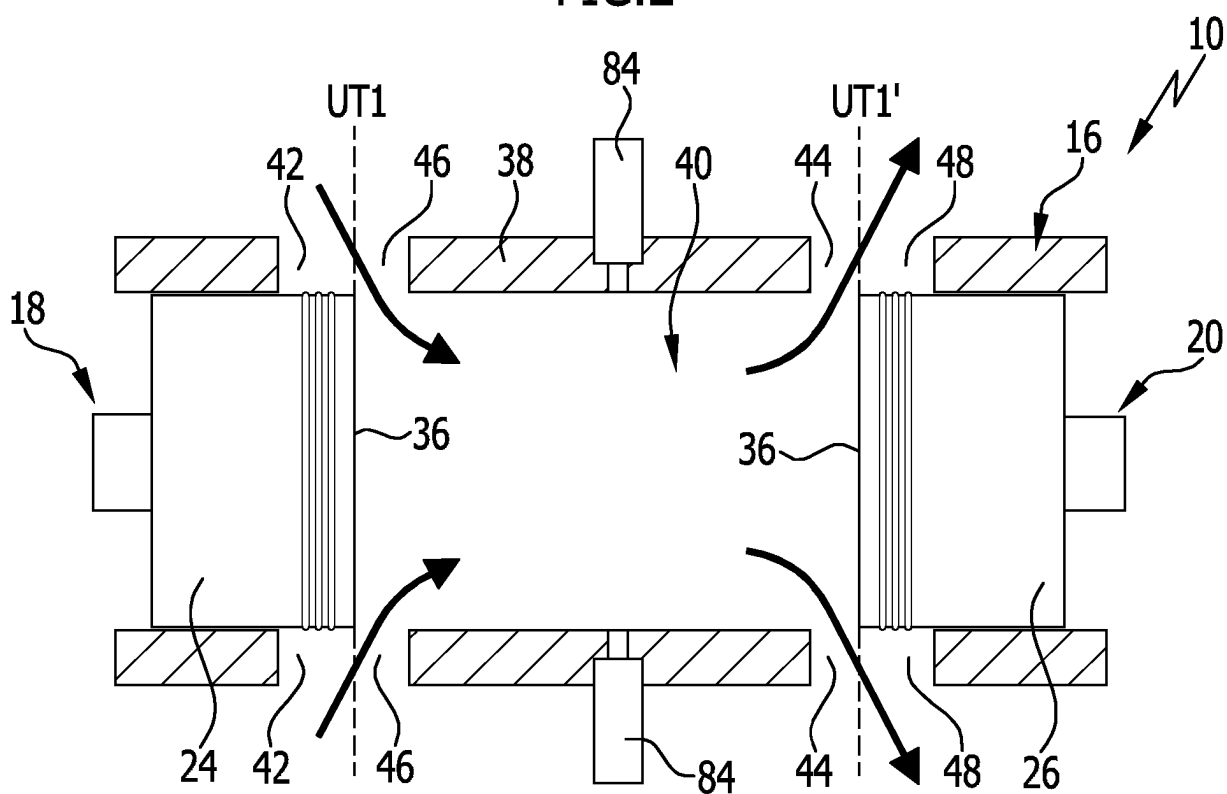


FIG.3

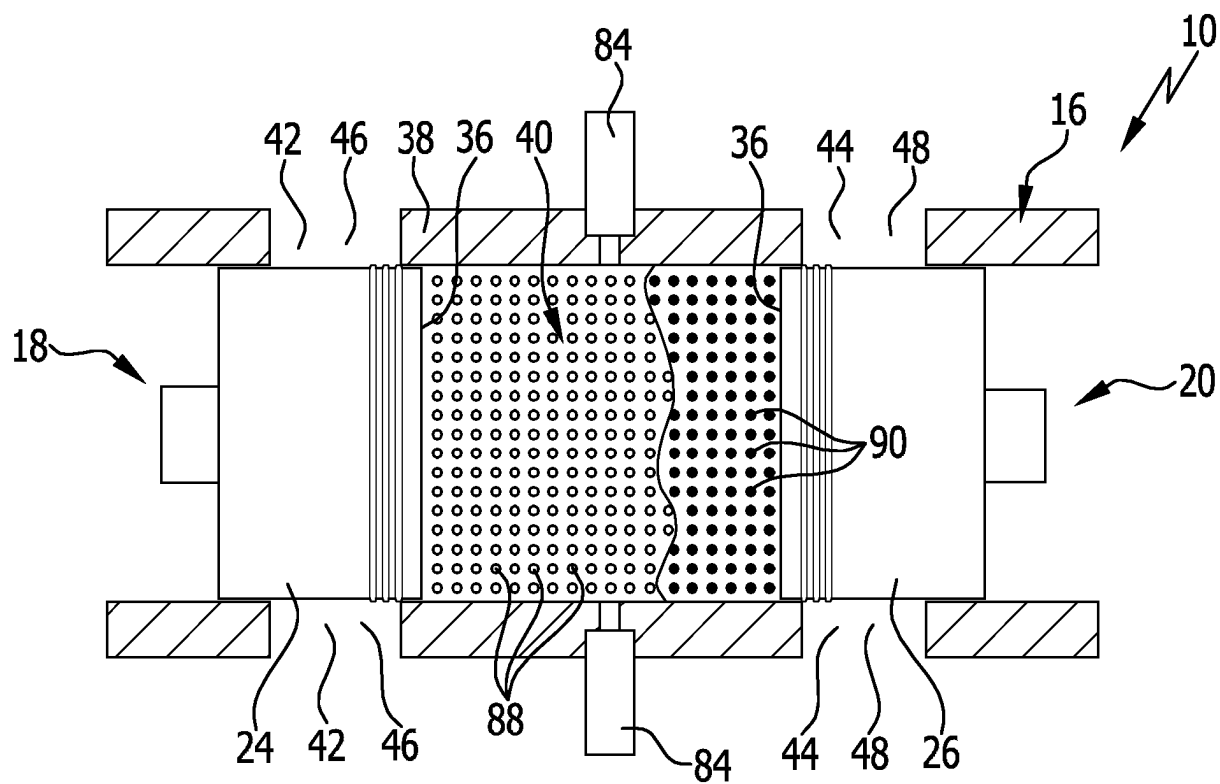


FIG.4

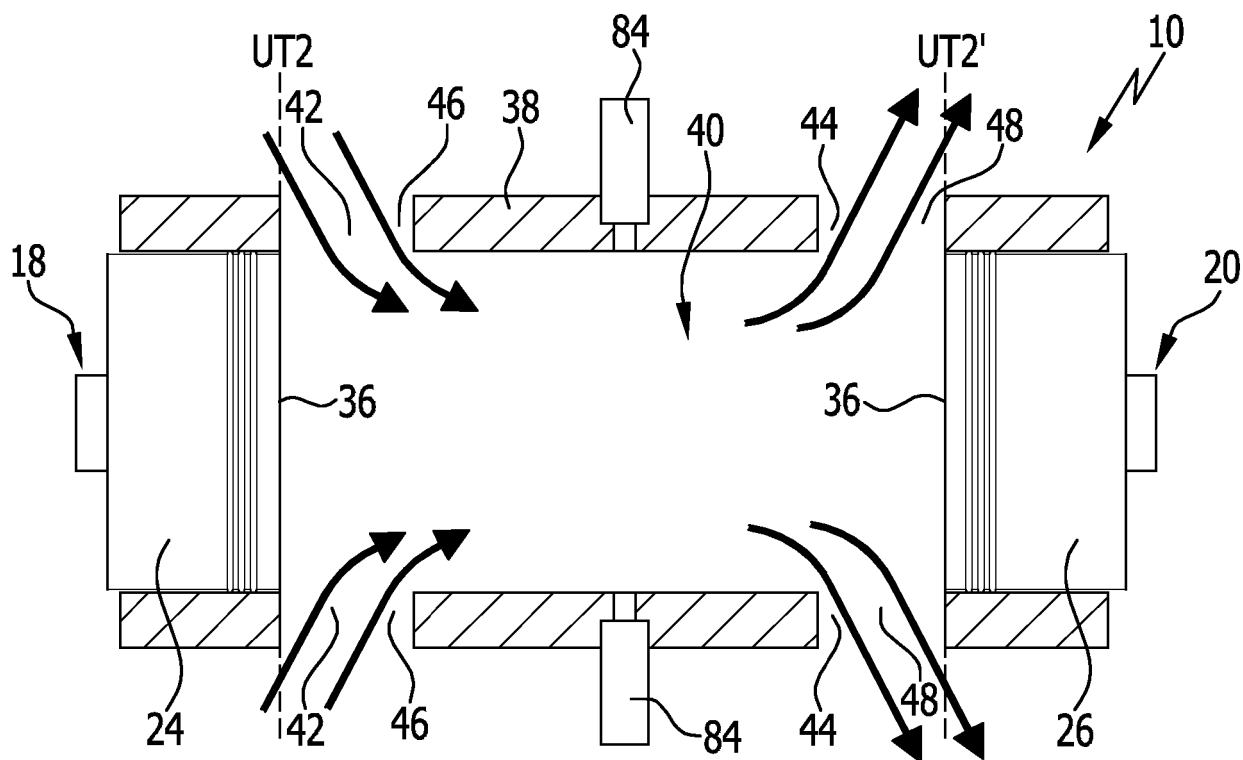


FIG.5

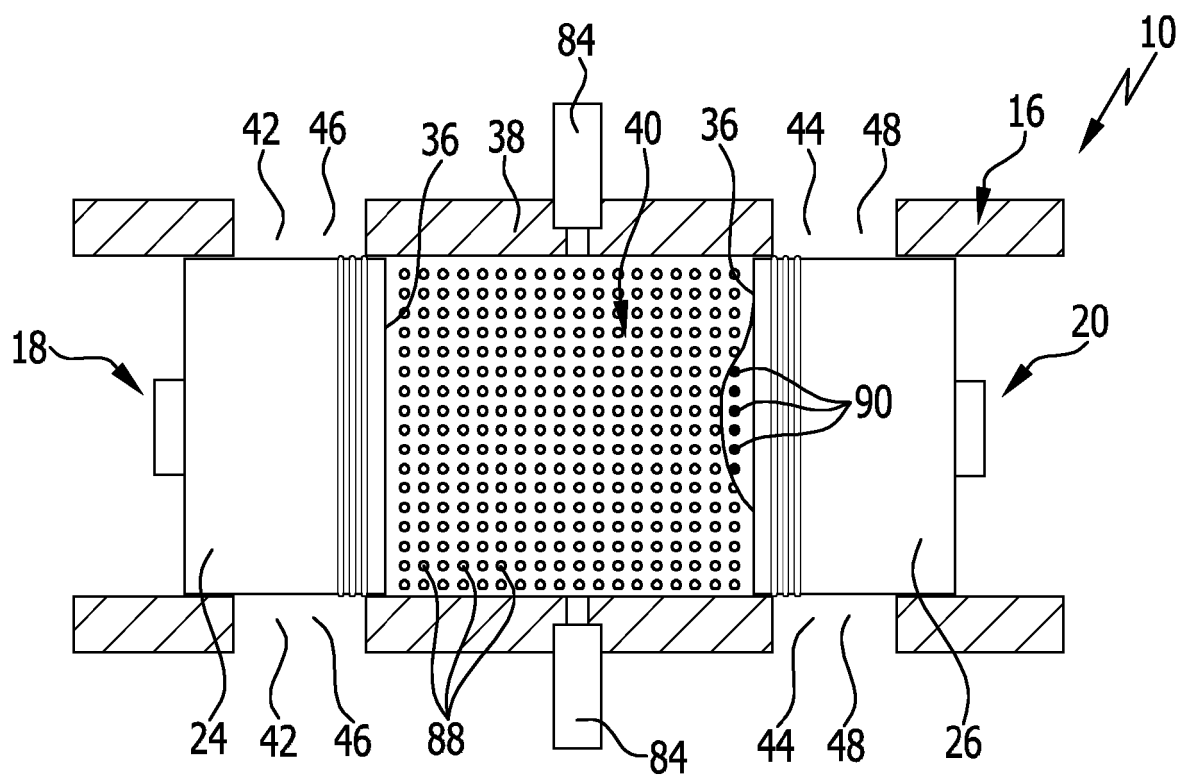


FIG.6

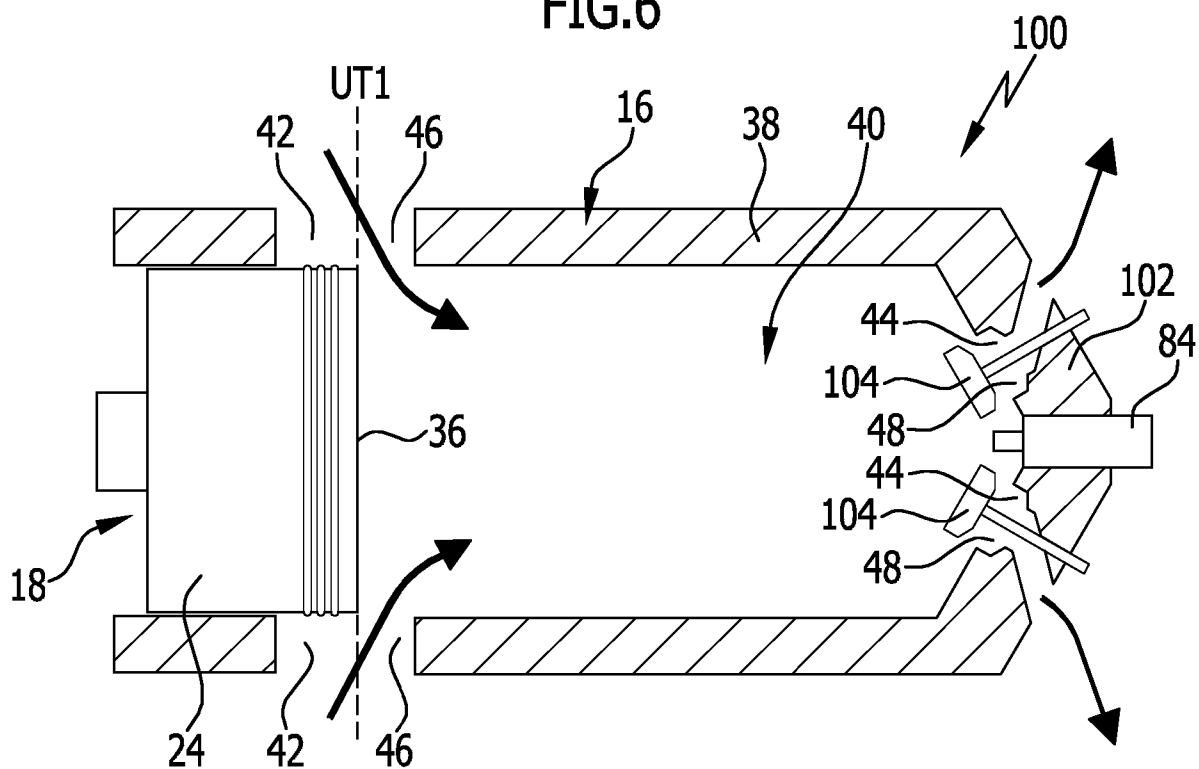


FIG.7

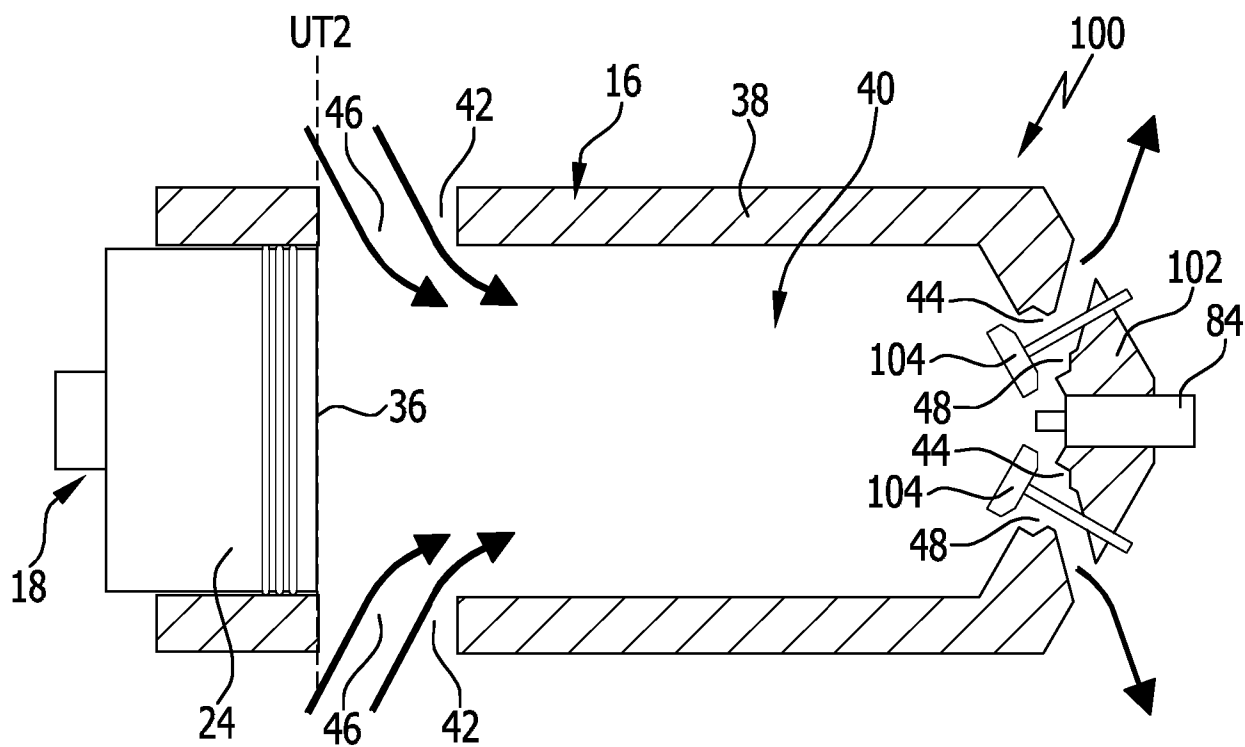
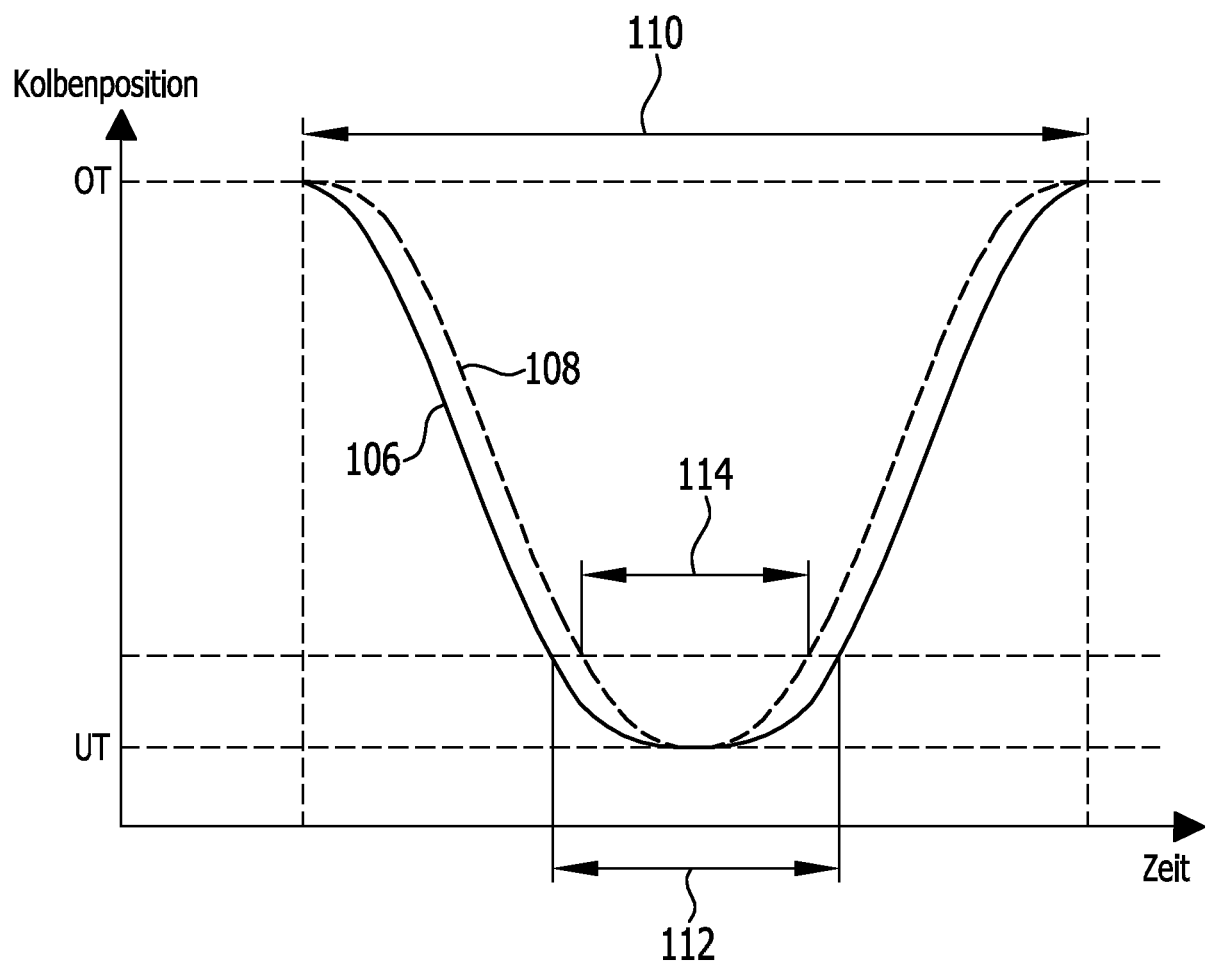


FIG.8



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102008053069 A1 **[0003]**
- DE 102008053068 A1 **[0004]**
- US 20050109295 A1 **[0005]**
- US 20070261677 A1 **[0006]**