

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 766/2011
(22) Anmeldetag: 26.05.2011
(45) Veröffentlicht am: 15.09.2012

(51) Int. Cl. : **F02B 69/04** (2006.01)
F02M 45/08 (2006.01)
F02D 19/10 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 0235569 A2
DE 102004039745 A1
EP 1705365 A2

(73) Patentinhaber:
AVL LIST GMBH
8020 GRAZ (AT)

(72) Erfinder:
GILL DENIS WALTER DIPL.ING.
ST. JOSEF (AT)

(54) ZWEISTOFFBRENNKRAFTMASCHINE

(57) Die Erfindung betrifft eine Zweistoffbrennkraftmaschine (14), insbesondere Großmotor für Wasserfahrzeuge, welche in einem ersten Betriebsbereich (OP1) mit einem insbesondere gasförmigen ersten Kraftstoff und in einem zweiten Betriebsbereich (OP2) mit einem selbstzündenden zweiten Kraftstoff betreibbar ist, wobei im ersten Betriebsbereich (OP1) der erste Kraftstoff durch einen durch den ersten Kraftstoff gebildeten Zündkraftstoff im Brennraum (16) zündbar ist, mit zumindest einem Zylinder (15) für zumindest einen hin- und hergehenden Kolben (18), in dessen Brennraum (16) zumindest eine Einspritzeinrichtung zum Einspritzen des ersten Kraftstoffes einmündet.

Um auf möglichst einfache und platzsparende Weise die Emissionen zu vermindern, ist vorgesehen, dass die Einspritzeinrichtung als Zweistufen-Injektor (1) mit einer zumindest zwei Hubbereiche (h_1 , h_2) aufweisenden Düsennadel (3) zum Einspritzen eines einzigen Kraftstoffes, und zwar des zweiten Kraftstoffes, ausgebildet ist, wobei der erste Hubbereich (h_1) dem ersten Betriebsbereich (OP1) und der zweite Hubbereich (h_2) dem zweiten Betriebsbereich (OP2) zugeordnet ist, wobei der zweite Kraftstoff im ersten Betriebsbereich (OP1) mit zumindest einem ersten Einspritzdruck (p_1) und im zweiten Betriebsbereich (OP2) mit zumindest einem zweiten Einspritzdruck (p_2) in den Brennraum (16)

einspritzbar ist, und wobei der Hubbereich (h_1 , h_2) der Düsennadel (3) im zweiten Betriebsbereich (OP2) größer ist als im ersten Betriebsbereich (OP1).

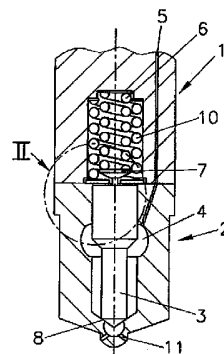


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Zweistoffbrennkraftmaschine, und zwar Großmotor für Wasserfahrzeuge, welche in einem ersten Betriebsbereich mit einem insbesondere gasförmigen ersten Kraftstoff und in einem zweiten Betriebsbereich mit einem selbstzündenden zweiten Kraftstoff betreibbar ist, wobei im ersten Betriebsbereich der erste Kraftstoff durch einen durch den zweiten Kraftstoff gebildeten Zündkraftstoff im Brennraum zündbar ist, mit zumindest einem Zylinder für zumindest einen hin- und hergehenden Kolben, in dessen Brennraum zumindest eine Einspritzeinrichtung zum Einspritzen des zweiten Kraftstoffes einmündet, wobei die Einspritzeinrichtung als Zweistufen-Injektor mit einer zumindest zwei Hubbereiche aufweisenden Düsennadel zum Einspritzen eines einzigen Kraftstoffes, und zwar des zweiten Kraftstoffes, ausgebildet ist, wobei der erste Hubbereich dem ersten Betriebsbereich und der zweite Hubbereich dem zweiten Betriebsbereich zugeordnet ist, wobei der zweite Kraftstoff im ersten Betriebsbereich mit zumindest einem ersten Einspritzdruck und im zweiten Betriebsbereich mit zumindest einem zweiten Einspritzdruck in den Brennraum einspritzbar ist, und wobei der Hubbereich der Düsennadel im zweiten Betriebsbereich größer ist als im ersten Betriebsbereich.

[0002] Die EP 0 235 569 A2 beschreibt eine Einrichtung zum wahlweisen Einspritzen von Dieselöl und Zündöl in den Brennraum einer mit Dieselöl oder mit Gas als Hauptbrennstoff betriebenen Hubkolbenbrennkraftmaschine. Die Einrichtung weist ein zeitgesteuertes Einspritzventil für Dieselöl auf, das mit mindestens einem Spritzloch für das Einspritzen von Dieselöl als Zündöl und außerdem mit Spritzlöchern für das Einspritzen von Dieselöl als Hauptbrennstoff versehen ist, wobei die Spritzlöcher für den Hauptbrennstoff bei der Zündöleinspritzung nicht in Funktion sind. Dabei ist eine Steuervorrichtung vorgesehen, die bei Betrieb der Brennkraftmaschine mit Gas als Hauptbrennstoff im Einspritzventil nur das Zündölspritzloch und bei Betrieb mit Dieselöl als Hauptbrennstoff das Zündölspritzloch und die Dieselölspritzlöcher taktweise freigibt. Die Steuervorrichtung weist dabei einen mit zwei Steuerkanten versehenen Steuerschieber auf, der über einen rotierenden Fallnocken auf- und abwärts bewegt wird und in einer Schieberhülse gelagert ist, die zwei mit axialem Abstand angeordnete und mit den Steuerkanten zusammenwirkende Steuerbohrungen aufweist, an denen eine am Einspritzventil angeschlossene Entlastungsleitung und eine zu einem Steuerorgan führende Entlastungsleitung angeschlossen ist, wobei das Steuerorgan die vom Steuerschieber während seiner Aufwärtsbewegung hergestellte Verbindung zwischen den beiden Entlastungsleitungen unwirksam macht.

[0003] Die DE 10 2004 039 745 A1 beschreibt eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung für einen Zylinder einer Brennkraftmaschine, welche eine Kraftstoffhochdruckpumpe und ein mit dieser eine Baueinheit bildendes Kraftstoffeinspritzventil aufweist. Das Kraftstoffeinspritzventil weist ein Einspritzventilglied auf, durch das wenigstens eine Einspritzöffnung gesteuert wird. Durch ein elektrisch betätigtes Steuerventil wird eine Verbindung des Pumpenarbeitsraumes mit dem Entlastungsbereich gesteuert. Das Einspritzventilglied kann gegen die Kraft einer ersten Schließfeder einen geringen Öffnungshub ausführen, nachdem es zumindest mittelbar an einer zweiten vorgespannten Schließfeder zur Anlage kommt, wobei es über den geringen Öffnungshub hinaus einen weiteren Öffnungshub gegen die Kraft der ersten Schließfeder und der zweiten Schließfeder ausführen kann. Das Steuerventil wird während eines Einspritzzyklus einer Voreinspritzung geschlossen, so dass das Einspritzventilglied den geringen Öffnungshub ausführt, anschließend wird das Steuerventil zur Beendigung der Voreinspritzung geöffnet und zu einer Haupteinspritzung wieder geschlossen, so dass das Einspritzventilglied den geringen Öffnungshub und den weiteren Öffnungshub ausführt. Diese Kraftstoffeinspritzeinrichtung ist für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeuges ausgebildet und eignet sich keineswegs zur Anwendung bei Großmotoren für Wasserfahrzeuge.

[0004] Aufgrund von strengeren Abgasvorschriften für Wasserfahrzeuge werden die durch Großbrennkraftmaschinen gebildeten Antriebsmotoren für Schiffe häufig als Zweistoffbrennkraftmaschinen ausgebildet, wobei in emissionsbeschränkten Gebieten ein emissionsarmer gasförmiger erster Kraftstoff, beispielweise Methan, Flüssiggas (LPG), oder ähnliches und in küstenfernen Gebieten ein kostengünstiger schwefelreicherer zweiter Kraftstoff, beispielsweise

Dieselmotorkraftstoff, eingesetzt wird. Der zweite Kraftstoff dient dabei in Betriebsbereichen, in denen der gasförmige erste Kraftstoff als Hauptkraftstoff eingesetzt wird, auch als Zündkraftstoff für den ersten Kraftstoff. Um strenge Abgasvorschriften in küstennahen Regionen zu erfüllen, muss dabei die Menge des eingespritzten zweiten Kraftstoffes auf maximal 5 % der Auslegungskraftstoffmenge beschränkt werden. Nockengetriebene Einspritzsysteme haben allerdings Probleme, für diese niedrigen Einspritzmengen eine stabile und reproduzierbare Einspritzung mit einer das gesamte Betriebsspektrum abdeckenden einzigen Einspritzeinrichtung zu ermöglichen, da die Einspritzdüsenadeln in niedere Lastbereichen nur teilweise geöffnet wird und somit durch ballistische Effekte der Düsenadel starke Variationen bei den Einspritzmengen auftreten können. Dazu kommen relativ große Toleranzbereiche bei unterschiedlichen Kraftstoffpumpen. Die Abweichungen in den gelieferten Kraftstoffmenge können somit größer sein, als die tatsächlich eingespritzten Kraftstoffmengen (1 bis 2 %), was zu einer Schwankung der eingespritzten Kraftstoffmengen zwischen 0 und 5 % führen kann.

[0005] Um dieses aufgezeigte Problem zu vermeiden, ist es bekannt, bei Zweistoffbrennkraftmaschine für den auf niedrige Emissionen abzielenden Betriebs mit dem ersten emissionsarmen Kraftstoff zusätzlich zu einer Haupteinspritzeinrichtung für den im zweiten Betriebsbereich als Hauptkraftstoff dienenden zweiten Kraftstoff eine weitere Zünd einspritzeinrichtung pro Zylinder zur Einspritzung des Zündkraftstoffes oder gar ein zweites Zünd einspritzsystem zu verwenden, mit welchem sich äußerst geringe Kraftstoffeinspritzmengen im ersten Betriebsbereich zum Zünden des gasförmigen ersten Kraftstoffes einbringen lassen. Dadurch kann eine stabile und reproduzierbare Einspritzung des Zündkraftstoffes im Bereich zwischen 1 bis 2 % der Auslegungskraftstoffmenge verwirklicht werden, allerdings ist der konstruktive Aufwand für die Maßnahmen sehr hoch, kostenintensiv und platzaufwendig.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es, auf möglichst einfache Weise stabile und reproduzierbare minimale Zünd einspritzmengen bei Zweistoffbrennkraftmaschinen zu erreichen.

[0007] Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass auf die Düsenadel in Abhängigkeit des Nadelhubes abgestuft zwei Schließfedern einwirken, wobei während des ersten Hubbereiches nur die erste Schließfeder auf die Düsenadel einwirkt, und während des zweiten Hubbereiches beide Schließfedern auf die Düsenadel einwirken. Der erste Hubbereich kann dabei durch einen in Hubrichtung der Düsenadel verschiebbaren, durch die erste Schließfeder federbelasteten ersten Anschlag und der zweite Hubbereich durch einen gehäusefesten Anschlag definiert sein.

[0008] Vorzugsweise ist dabei vorgesehen, dass im ersten Hubbereich der Nadelhub höchstens 25 % des maximalen Nadelhubes des zweiten Hubbereichs und die eingespritzte Kraftstoffmenge im ersten Hubbereich 1 bis 2 % des maximalen Kraftstoffes im zweiten Hubbereich beträgt.

[0009] Somit kann über eine einzige Einspritzeinrichtung der zweite Kraftstoff Zündkraftstoff in äußerst geringen Mengen als Zündkraftstoff für einen gasförmigen ersten Kraftstoff im ersten Betriebsbereich oder als alleiniger Hauptkraftstoff im zweiten Betriebsbereich eingespritzt werden. Eine weitere Zünd einrichtung kann damit eingespart werden.

[0010] Während des ersten Betriebsbereiches dient der Zündkraftstoff dabei zum Zünden des gasförmigen zweiten Kraftstoffes, welcher über zumindest eine Gaseinblaseeinrichtung in den Brennraum eingebracht wird.

[0011] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert.

[0012] Es zeigen

[0013] Fig. 1 eine Einspritzeinrichtung einer erfindungsgemäßen Zweistoffbrennkraftmaschine in einer erste Ausführungsvariante in einem Längsschnitt,

[0014] Fig. 2 das Detail II dieser Einspritzeinrichtung aus Fig. 1,

[0015] Fig. 3 eine Einspritzeinrichtung einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine in einem Längsschnitt in einer zweiten Ausführungsvariante,

- [0016] Fig. 4 ein Nadelhub-Einspritzdruckdiagramm der erfindungsgemäßen Einspritzeinrichtung,
- [0017] Fig. 5 ein Nadelhub-Nockenwellenwinkel-Diagramm,
- [0018] Fig. 6 ein weiteres Nadelhub-Nockenwellenwinkel-Diagramm,
- [0019] Fig. 7 ein Kraftstoffmengen-Pumpenhub-Diagramm und
- [0020] Fig. 8 schematisch eine Zylinder einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine in einem Längsschnitt.

[0021] Die in Fig. 8 schematisch angedeutete erfindungsgemäße Zweistoffbrennkraftmaschine 14, beispielsweise ein Großmotor für den Antrieb eines Wasserfahrzeuges, weist einen oder mehrere Zylinder 15 mit jeweils einen oszillierenden Kolben 18 auf. In einem emissionsarmen ersten Betriebsbereich OP1 ist die Zweistoffbrennkraftmaschine 14 mit einem beispielsweise gasförmigen ersten Kraftstoff -etwa Methan oder LPG - betreibbar, der durch einen durch einen zweiten Kraftstoff gebildeten Zündkraftstoff - beispielsweise Dieseldieselkraftstoff -gezündet werden kann. In einem zweiten Betriebsbereich OP2 wird die Zweistoffbrennkraftmaschine 14 nur mit dem zweiten Kraftstoff betrieben.

[0022] Pro Zylinder 15 ist zumindest ein Zweistufen-Injektor 1 vorgesehen, in dessen Gehäuse 2 eine Düsennadel 3 axial verschiebbar angeordnet ist. Die Düsennadel 3 grenzt an einen Druckraum 4, in welchen eine Druckleitung 5 zur Einbringung eines Kraftstoffes einmündet. Die Düsennadel 3 wird durch eine erste Schließfeder 6 gegen den Nadelsitz 8 gedrückt, wobei die erste Feder 6 auf einen Federteller 7 einwirkt. Wird der Kraftstoffdruck p in der Druckleitung 5 und somit im Druckraum 4 erhöht, so wird die Düsennadel 3 in Öffnungsrichtung ausgelenkt und führt einen Nadelhub h in einem ersten Hubbereich h_1 aus. Am Ende des ersten Hubbereiches h_1 liegt die Düsennadel 3 am durch eine Platte gebildeten ersten Anschlag 9 an, welcher durch eine zweite Schließfeder 10 in Schließrichtung belastet wird. In dieser Stellung hebt die Düsennadel 3 geringfügig vom Ventilsitz 8 ab, wodurch eine definierte Zündkraftstoffmenge durch die Düsenbohrungen 11 in den Brennraum 16 eines Zylinders 15 der Zweistoffbrennkraftmaschine 14 eintritt. Durch den Zündkraftstoff kann ein gasförmiger zweiter Kraftstoff im Brennraum 16 gezündet werden, welcher durch eine separate Einblaseeinrichtung 17 in den Brennraum 16 eingebracht wird.

[0023] Wenn der Kraftstoffdruck p nicht weiter erhöht wird, so verbleibt die Düsennadel 3 in der durch den ersten Anschlag 9 begrenzten Stellung am Ende des ersten Hubbereiches h_1 bis zum Ende der Einspritzung. Wenn der Kraftstoffdruck p allerdings erhöht wird, so wird die Düsennadel 3 weiter angehoben und lenkt auch den Anschlag 9 entgegen der Kraft der zweiten Feder 10 aus, bis der erste Anschlag 9 an einem durch das Gehäuse 2 gebildeten zweiten Anschlag 12 anliegt. Der größtmögliche Hub des zweiten Hubbereiches h_2 wird somit durch die maximale Auslenkung des ersten Anschlages 9, und somit durch den zweiten Anschlag 12 definiert. Der maximale Hub h_{\max} der Düsennadel 3 setzt sich somit aus der Summe des ersten Hubbereiches h_1 und des zweiten Hubbereiches h_2 zusammen. In dieser maximalen Öffnungsstellung der Düsennadel 3 wird der Durchfluss des Kraftstoffes nicht mehr durch den Spalt zwischen der Düsennadel 3 und dem Ventilsitz 8, sondern nur mehr durch den Querschnitt der Düsenöffnungen 11 definiert. Am Ende der Einspritzung fällt der Kraftstoffdruck p rasch ab, wodurch die Düsennadel 3 durch zuerst durch beide Schließfedern 6, 10, gegen Ende der Schließbewegung nur mehr durch die erste Schließfeder 6 gegen den Ventilsitz 8 gedrückt wird.

[0024] Bei der in den Fig. 1 und 2 dargestellten ersten Ausführungsvariante sind erste und zweite Schließfeder 6, 10 konzentrisch zueinander angeordnet, wobei die erste Schließfeder 6 innerhalb der zweiten Schließfeder 10 positioniert ist. Dies erlaubt eine sehr kurze Baulänge des Zweistufen-Injektors 1.

[0025] Fig. 3 zeigt eine zweite Ausführungsvariante des Zweistufen-Injektors 1, wobei erste und zweite Schließfeder 6, 10 in axialer Richtung nacheinander angeordnet sind. Diese Ausführung erlaubt eine sehr schlanke Bauweise des Zweistufen-Injektors 1. Sie unterscheidet sich von der in den Fig. 1 und 2 dargestellten Ausführung im Wesentlichen dadurch, dass die erste Schließ-

feder 6 über einen Druckstift 13 auf die Düsennadel 3 einwirkt.

[0026] In Fig. 4 ist die Beziehung zwischen dem Nadelhub h und dem Einspritzdruck p dargestellt. Ab einem ersten Einspritzdruck p_1 beginnt die Einspritznadel 3 zu öffnen und wird durch den Einspritzdruck p ausgelenkt, bis die Düsennadel 3 am ersten Anschlag 9 anliegt. Der erste Ventilhub h_1 beträgt normalerweise zwischen etwa 5 % und 25 % des maximalen Hubes h_{\max} der Düsennadel 3 und bestimmt die Drosselwirkung des Kraftstoffes während der Zündeinspritzung im ersten Betriebsbereich.

[0027] In Fig. 5 ist der Nadelhub h über dem Nockenwinkel α für eine Zweistoffbrennkraftmaschine mit einer herkömmlichen stufenlosen Einspritzeinrichtung und für eine erfindungsgemäße Zweistoffbrennkraftmaschine 14 mit einem zweistufigen Zweistufen-Injektor 1 für den ersten Betriebsbereich OP1 aufgetragen, wobei die Linien A die Situation bei einer bekannten Zweistoffbrennkraftmaschine und die Linie B die Situation bei einer erfindungsgemäßen Zweistoffbrennkraftmaschine 14 zeigen. Aus dem Diagramm gehen sehr gut die Schwankungen im Nadelhub h der Düsennadel bei Standardeinspritzeinrichtungen A aufgrund der Massenträgheit der Düsennadel bei Teillast hervor. Durch Beschränkung des Nadelhubes h im ersten Betriebsbereich OP1 kann die Einspritzung stabilisiert werden, was zu guter Reproduzierbarkeit der Einspritzmengen führt. Ein Nebeneffekt, dass die Einspritzdauer für die selbst Einspritzmenge erhöht wird.

[0028] Fig. 6 zeigt ein Nadelhub h -Nockenwellenwinkel α -Diagramm für den zweiten Betriebsbereich OP2. Daraus ist erkennbar, dass die Hubkurve der erfindungsgemäßen Zweistoffbrennkraftmaschine 14 mit zweistufiger Einspritzeinrichtung 1 (Kurve B) sich nicht allzu sehr von der Hubkurve einer konventionellen Zweistoffbrennkraftmaschine mit stufenloser Einspritzeinrichtung unterscheidet (Kurve A). Da der Einspritzdruck p beim Umschalten zwischen dem ersten und zweiten Betriebsbereich OP1, OP2 schnell genug ansteigt, kann die erste Stufe bzw. der erste Hubbereich h_1 der zweistufigen Einspritzeinrichtung 1 rasch genug durchfahren werden, ohne dass Nachteile für den Betrieb der Brennkraftmaschine auftreten.

[0029] Ein weiterer Vorteil der Verwendung eines Zweistufen-Injektors 1 ist, dass die über den Förderhub DS der Kraftstoffpumpe aufgetragene Fördermenge FD im ersten Hubbereich h_1 der Düsennadel 3 im Vergleich zu einer konventionellen einstufigen Einspritzeinrichtung (Kurve A) abgeflacht ist. Dadurch wirken sich toleranzbedingte Unterschiede zwischen verschiedenen Kraftstoffpumpen wesentlich geringer auf die Fördermenge FD aus als bei konventionellen einstufigen Einspritzeinrichtungen. Bei konventionellen Einspritzeinrichtungen kann im Teillastbereich eine Reduzierung der Kraftstoffmenge auf 2 % der Volllastmenge große Unterschiede zwischen den Kraftstoffpumpen bewirken, welche weiters große Unterschiede in den eingespritzten Kraftstoffmengen hervorrufen. Diese Variation wirkt sich insbesondere auf die Gleichverteilung des Kraftstoffes zwischen verschiedenen Zylindern 15 im ersten Betriebsbereich OP1 äußerst nachteilig aus, was zu Fehlzündungen führen kann. Eine Verminderung der Empfindlichkeit der Fördermenge FD auf den Förderhub DS wirkt sich daher vorteilhaft auf die Gleichverteilung des Kraftstoffes zwischen verschiedenen Zylindern 15 aus.

Patentansprüche

1. Zweistoffbrennkraftmaschine (14), und zwar Großmotor für Wasserfahrzeuge, welche in einem ersten Betriebsbereich (OP1) mit einem insbesondere gasförmigen ersten Kraftstoff und in einem zweiten Betriebsbereich (OP2) mit einem selbstzündenden zweiten Kraftstoff betreibbar ist, wobei im ersten Betriebsbereich (OP1) der erste Kraftstoff durch einen durch den zweiten Kraftstoff gebildeten Zündkraftstoff im Brennraum (16) zündbar ist, mit zumindest einem Zylinder (15) für zumindest einen hin- und hergehenden Kolben (18), in dessen Brennraum (16) zumindest eine Einspritzeinrichtung zum Einspritzen des zweiten Kraftstoffes einmündet, wobei die Einspritzeinrichtung als Zweistufen-Injektor (1) mit einer zumindest zwei Hubbereiche (h_1 , h_2) aufweisenden Düsennadel (3) zum Einspritzen eines einzigen Kraftstoffes, und zwar des zweiten Kraftstoffes, ausgebildet ist, wobei der erste Hubbereich (h_1) dem ersten Betriebsbereich (OP1) und der zweite Hubbereich (h_2) dem zweiten Betriebsbereich (OP2) zugeordnet ist, wobei der zweite Kraftstoff im ersten Betriebsbereich (OP1) mit zumindest einem ersten Einspritzdruck (p_1) und im zweiten Betriebsbereich (OP2) mit zumindest einem zweiten Einspritzdruck (p_2) in den Brennraum (16) einspritzbar ist, und wobei der Hubbereich (h_1 , h_2) der Düsennadel (3) im zweiten Betriebsbereich (OP2) größer ist als im ersten Betriebsbereich (OP1), **dadurch gekennzeichnet**, dass auf die Düsennadel (3) in Abhängigkeit des Nadelhubes (h) abgestuft zwei Schließfedern (6, 10) einwirken, wobei während des ersten Hubbereiches (h_1) nur die erste Schließfeder (6) auf die Düsennadel (3) einwirkt, und während des zweiten Hubbereiches (h_1 , h_2) beide Schließfedern (6, 10) auf die Düsennadel (3) einwirken.
2. Zweistoffbrennkraftmaschine (14) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass im ersten Hubbereich (h_1) der Nadelhub (h) höchstens 25 % des maximalen Nadelhubes (h_{\max}) des zweiten Hubbereichs (h_2) beträgt.
3. Zweistoffbrennkraftmaschine (14) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass im ersten Hubbereich (h_1) der Durchfluss maximal 1 bis 2 % des maximalen Durchflusses im zweiten Hubbereich (h_2) beträgt.
4. Zweistoffbrennkraftmaschine (14) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Hubbereich (h_1) durch einen in Hubrichtung der Düsennadel (3) verschiebbaren, durch die erste Schließfeder (6) federbelasteten ersten Anschlag (9) definiert ist.
5. Zweistoffbrennkraftmaschine (14) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Hubbereich (h_2) durch einen gehäusefesten zweiten Anschlag (12) definiert ist.
6. Zweistoffbrennkraftmaschine (14) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass in den Brennraum (16) zumindest ein Gaseinblaseventil (17) zur Zuführung des gasförmigen ersten Kraftstoffes einmündet.
7. Verfahren zum Betreiben einer Zweistoffbrennkraftmaschine (14), und zwar eines Großmotors für Wasserfahrzeuge, welche in einem ersten Betriebsbereich (OP1) mit einem insbesondere gasförmigen ersten Kraftstoff und in einem zweiten Betriebsbereich (OP2) mit einem selbstzündenden zweiten Kraftstoff betrieben wird, wobei im ersten Betriebsbereich (OP1) der erste Kraftstoff durch einen durch den ersten Kraftstoff gebildeten Zündkraftstoff im Brennraum (16) gezündet wird, mit zumindest einem Zylinder (15) für zumindest einen hin- und hergehenden Kolben (18), in dessen Brennraum (16) zumindest eine Einspritzeinrichtung zum Einspritzen des ersten Kraftstoffes einmündet, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Einspritzeinrichtung als Zweistufen-Injektor (1) mit einer zwei Hubbereiche (h_1 , h_2) aufweisenden Düsennadel (3) zum Einspritzen eines einzigen Kraftstoffes, und zwar des zweiten Kraftstoffes, ausgebildet ist, wobei der erste Hubbereich (h_1) dem ersten Betriebsbereich (OP1) und der zweite Hubbereich (h_2) dem zweiten Betriebsbereich (OP2) zugeordnet ist, wobei der zweite Kraftstoff im ersten Betriebsbereich (OP1) mit zumindest einem ersten Einspritzdruck (p_1) und im zweiten Betriebsbereich (OP2) mit

einem zweiten Einspritzdruck (p_2) in den Brennraum (16) eingespritzt wird, und wobei der zweite Einspritzdruck (p_2) größer ist als der erste Einspritzdruck (p_1) und der Hubbereich (h_2, h_1) der Düsennadel (3) im zweiten Betriebsbereich (OP2) größer ist als im ersten Betriebsbereich (OP1), **dadurch gekennzeichnet**, dass auf die Düsennadel (3) in Abhängigkeit des Nadelhubes (h) abgestuft zwei Schließfedern (6, 10) einwirken, wobei während des ersten Hubbereiches (h_1) nur eine erste Schließfeder (6), und wobei vorzugsweise während des zweiten Hubbereiches (h_2) beide Schließfedern (6, 10) auf die Düsennadel (3) einwirken.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass im ersten Hubbereich (h_1) die Düsennadel (3) in einem Ausmaß von höchstens 25 % des maximalen Nadelhubes (h_{\max}) des zweiten Hubbereichs (h_2) gehoben wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass im ersten Hubbereich (h_1) maximal 1 bis 2 % der maximale möglichen Kraftstoffmenge zweiten Hubbereichs (h_2) eingespritzt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass während des ersten Betriebsbereiches (OP2) der gasförmige erste Kraftstoff über ein Einblaseventil (17) in den Brennraum (16) eingebracht wird.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

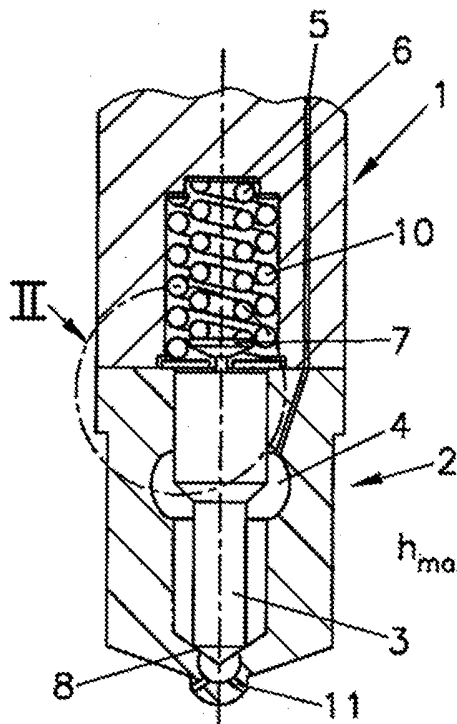


Fig. 1

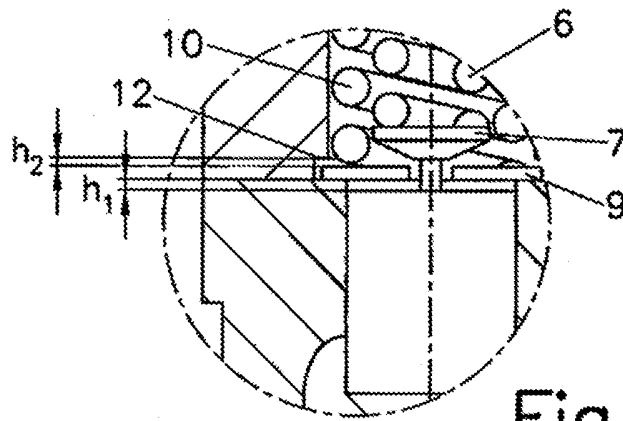


Fig. 2

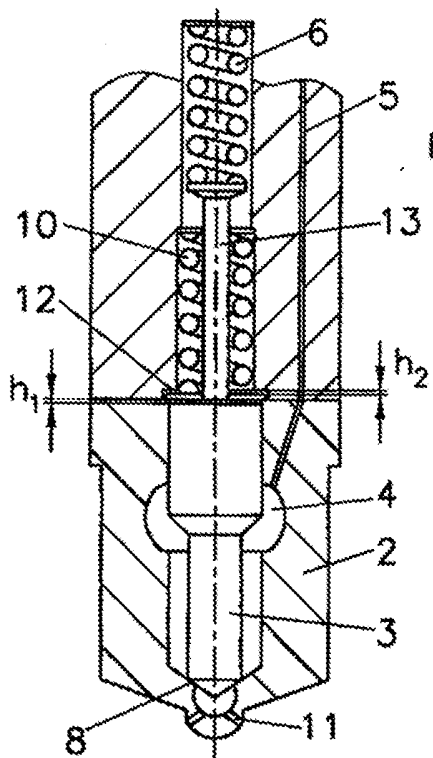


Fig. 3

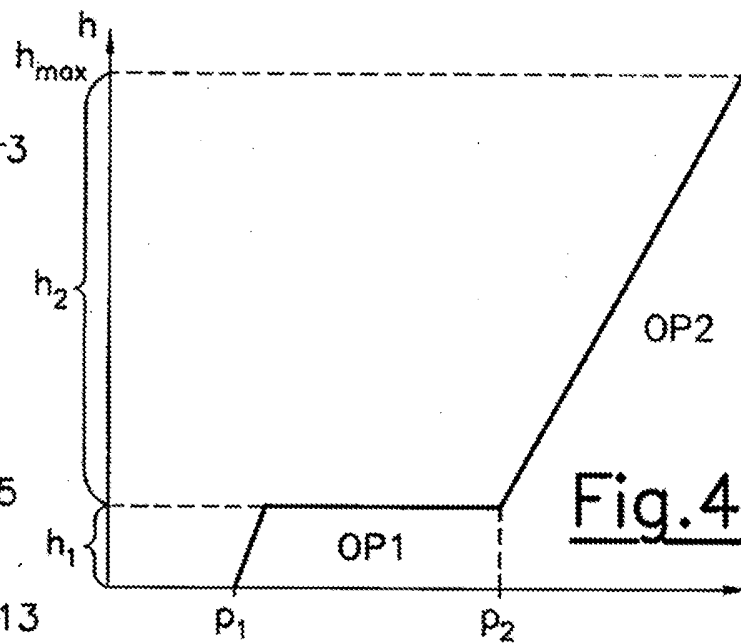


Fig. 4

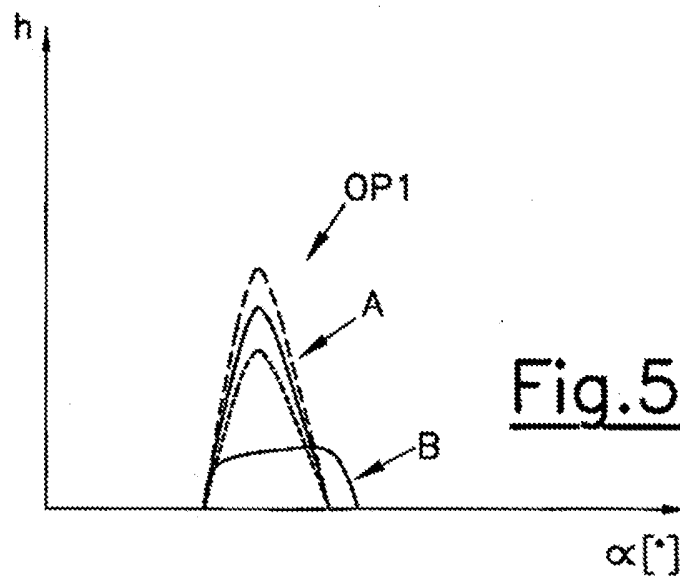


Fig. 5

