

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 89117969.9

(51) Int. Cl.⁵: **F02M 69/04 , F02M 45/10 , F02M 51/08**

(22) Anmeldetag: 28.09.89

(30) Priorität: 29.09.88 DE 3833093

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
04.04.90 Patentblatt 90/14

(84) Benannte Vertragsstaaten:
ES

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
Wittelsbacherplatz 2
D-8000 München 2(DE)

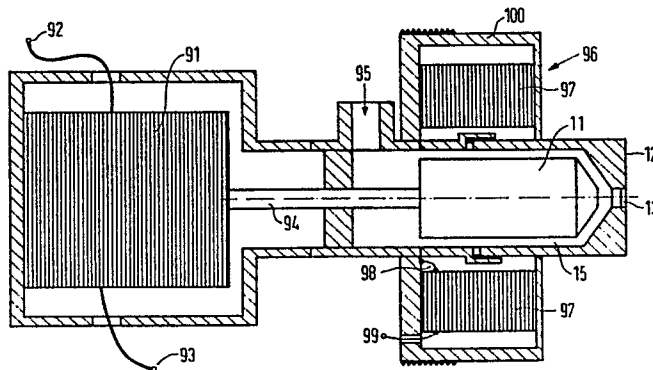
(72) Erfinder: **Hohm, Dietmar, Dr.**
Sepp-Herberger-Strasse 21
D-8056 Neufahrn(DE)
Erfinder: **Kleinschmidt, Peter, Dipl.-Phys.**
Klagenfurter-Strasse 12
D-8000 München 80(DE)
Erfinder: **Meixner, Hans, Dr.**
Max-Planck-Strasse 5
D-8013 Haar(DE)
Erfinder: **Stein, Dieter, Dipl.-Phys.**
Albrecht-Dürer-Ring 74
D-8150 Holzkirchen(DE)

(54) **Für Verbrennungskraftmaschine vorgesehene Kraftstoff-Einspritzdüse mit steuerbarer Charakteristik des Kraftstoffstrahls.**

(57) Einspritzdüse mit einer Düsenbohrung (13) und einer Düsennadel (11), und mit einem Antrieb (91) mit elektrischer Eingangsgröße sowie mit einer Antriebseinrichtung (96) für eine dem geöffneten Zustand der Einspritzdüse überlagerte wechselnde Hubbewegung des Düsenteils (12), wobei die Antriebseinrichtung (96) mit elektrischer Eingangsgröße anregbar ist und konstruktiv so ausgebildet ist, daß mindestens eine solche kleine Periodendauer für die Wechsel der Hubbewegung verfügbar ist, die mehrfach kleiner als die vorgegebene Mindestöffnungszeit der Einspritzdüse ist.

EP 0 361 480 A1

FIG 9



Für Verbrennungskraftmaschine vorgesehene Kraftstoff-Einspritzdüse mit steuerbarer Charakteristik des Kraftstoffstrahls

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Kraftstoff-Einspritzdüse wie sie im Oberbegriff des Patentanspruches 1 angegeben ist.

Schon seit langem ist es zunächst für Dieselmotore und dann für Ottomotore bekannt, den für den Betrieb notwendigen Kraftstoff an einer jeweils vorgegebenen Stelle der Verbrennungskraftmaschine unter Druck einzuspritzen. Es kann dies Kraftstoffeinspritzung in einen Raum hinter dem Einlaßventil sein. Für Ottomotore ist auch Einspritzung auf das Einlaßventil oder in das Saugrohr vor dem Einlaßventil üblich.

Es gibt Bestrebungen, eine Einspritzdüse so auszugestalten und zu betreiben, daß sie ein feineres Aerosol erzeugt, als dies mit einer Einspritzdüse ohnehin üblich und/oder möglich ist. Bei solchen Einspritzdüsen ist zusätzlich Ultraschall-Vibration vorgesehen, wie dies für Ultraschall-Flüssigkeitszerstäuber schon seit langen bekannt war. Die anzuwendende Ultraschallfrequenz liegt für Flüssigkeitszerstäubung im Bereich von oberhalb 100 KHz, und zwar abhängig von der Ausgestaltung eines jeweils vorgesehenen ultraschallfrequent-schwingenden Teils der Düse. Die Einspritzdüse erzeugt dabei für sich genommen einen der konstruktiven Ausgestaltungen entsprechenden Kraftstoffstrahl, der von dem ultraschallfrequent-schwingenden Teil ab den Charakter eines strömenden Tröpfchennebels, bestehend aus feinen Aerosoltröpfchen, hat.

Alle bekannten Kraftstoffeinspritzdüsen haben eine durch ihre Konstruktion vorgegebene charakteristische Form des Kraftstoffstrahls. Die Form des Kraftstoffstrahls ist bekanntlich für die Luft-Kraftstoff-Gemischbildung wichtig, und zwar nicht nur im Hinblick auf minimalen spezifischen Kraftstoffverbrauch, sondern auch im Hinblick auf Umweltbelastung durch unerwünscht auftretende Abgasanteile, und wichtig für die Laufruhe des Motors. Zum Beispiel wird unterschieden zwischen einer Kraftstoff-Einspritzdüse, die einen Fadenstrahl erzeugt und einer Düse, die einen Kegelstrahl liefert. Beide Strahlformen haben für sich charakteristisch im übrigen u.a. auch unterschiedliche Größenverteilungen der Tröpfchen des aus der Düse gespritzten Kraftstoffes.

Von Parametern einer jeweiligen Verbrennungskraftmaschine und deren Konstruktionsmerkmalen sowie dem jeweiligen Lastzustand abhängig sind jeweils verschiedene Strahlformen optimal.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, Maßnahmen anzugeben, mit denen außerdem auch für unterschiedliche Betriebszustände der Verbrennungskraftmaschine wenigstens weitgehend jeweils

optimale Gemischbildung mit der ausgewählten Einspritzdüse zu erreichen ist.

Diese Aufgabe wird mit den Maßnahmen des Patentanspruches 1 gelöst und weitere Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Der vorliegenden Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, an einer bzw. für eine Kraftstoff-Einspritzdüse technische Mittel vorzusehen, mit denen im Betrieb die charakteristische Form des Kraftstoffstrahls dieser Düse elektrisch steuerbar verändert werden kann. Es wird erfindungsgemäß mit diesen Mitteln die Form des Strahls der Düse so gesteuert, daß verschiedene Öffnungswinkel des Einspritzstrahls, vom (schlanken) Fadenstrahl bis zu einem Kegelstrahl mit z.B. 70° Öffnungswinkel oder sogar noch größer erreichbar sind.

Mit einer erfindungsgemäßen Einspritzdüse läßt sich im Betrieb die Strahlform steuerbar verändern und optimal anpassen. Außerdem wird dabei eine steuerbare Veränderung der Verteilung der Tröpfchengröße durchgeführt. Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf Niederdruck-Einspritzung mit etwa 1 bis 10 bar.

In der überwiegenden Anzahl der Fälle sind Kraftstoff-Einspritzdüsen gleichzeitig auch Einspritzventile. Der Ventiltrieb kann dabei auf der Wirkung des vom einzuspritzenden Kraftstoff ausgeübten Flüssigkeitsdruckes beruhen. Zunehmend werden aber Einspritzdüsen mit elektromechanischen Einrichtungen zum Öffnen und Schließen ihres Ventilateils versehen. Vorwiegend sind hierzu elektromagnetische Ausführungen vorgesehen worden. Es gibt bereits auch Kraftstoff-Einspritzdüsen mit Ventileinrichtung mit piezoelektrischem Antrieb.

Mit der vorliegenden Erfindung ist erreicht, unter Einhaltung von als besonders sinnvoll erkannten Randbedingungen eine Lösung zu haben, die es ermöglicht, solche variierten Strahlformen mit einer einzigen Einspritzdüse einstellen zu können, die den verschiedenartigen Betriebsbedingungen eines Verbrennungs-Kolbenmotors weitestgehend optimal angepaßt sind. Diese verschiedenen Betriebsbedingungen sind insbesondere zum einen die Kaltstart-Phase und andererseits der Dauerbetrieb des Motors mit stationär durchgewärmtem Motor. Es wäre denkbar, insbesondere für die beiden vorangehend genannten Betriebszustände zwei verschiedene Einspritzdüsen vorzusehen, die jede auf die ihr zugeordnete Betriebsphase optimiert sein könnte. Es soll aber nur eine Einspritzdüse vorgesehen sein. Bezüglich der Kaltstart-Phase ist vor allem die Randbedingung zu erfüllen, daß der jeweils im An-

saugtakt des Motors eingespritzte Kraftstoff als kegelförmiger Strahl so stark zerstäubt in den Zylinder gelangt, daß auch tatsächlich die bestimmungsgemäße Kraftstoffvermischung mit Luft und damit Kraftstoffverbrennung erfolgt.

In der Dauerbetriebsphase, d.h. bei Betriebstemperatur aller Motorteile, ist insbesondere ein heißes Einlaßventil vorhanden, das sich hervorragend zur Kraftstoff-Feinverteilung bzw. -verdampfung eignet. Es ist auch dementsprechend durchaus üblich, den einzuspritzenden Kraftstoff mit einem weitgehend fadenförmigen oder nur gering aufgefächerten Einspritzstrahl auf den heißen Ventilteller zu richten und dort auftreffen zu lassen.

Im Zusammenhang mit der Erfindung ist festgestellt worden, daß es fallweise nicht unbedingt vorteilhaft ist, in der Dauerbetriebsphase eine schon direkt von der Einspritzdüse ausgehende größere insbesondere durch Ultraschall erzeugte Zerstäubung des einzuspritzenden Kraftstoffes vorzusehen. Es ist nämlich beobachtet worden, daß trotz hoher Betriebswärme des Motorblocks durchaus nachteilige Zustände bei schon von der Düse weg feinverteiltem bzw. zerstäubtem Kraftstoff auftreten. Zum einen können im doch nur begrenzt stark erwärmten Ansaugrohr noch Abscheidungen von Kraftstofftröpfchen erfolgen, die dann erst zeitverzögert zum falschen Zeitpunkt durch Wiederabdampfen in den Zylinder gelangen. Luftsäulenschwingungen im Ansaugrohr können ebenfalls zu Zuständen führen, daß schon vom Ort der Düse weg zerstäubter Kraftstoff nicht zum gewollten Zeitpunkt in den jeweiligen Zylinder gelangt. Damit sind in jedem Falle unerwünschte Verschiebungen hinsichtlich des Kraftstoff-Luft-Verhältnisses verbunden, das beabsichtigterweise möglichst genau zugemessenen sein soll.

Erfindungsgemäß ist die eine einzige Kraftstoff-Einspritzdüse pro Zylinder so ausgebildet, daß sie mehrere voneinander verschiedene, steuerbar wählbare Formen der "Strahlausbildung" bewirken kann. Aufgrund dieser Steuerbarkeit läßt sich mit einer erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzdüse, nämlich für den Dauerbetrieb, ein "Fadenstrahl" erzeugen, dessen Auftreffquerschnitt auf dem Ventil auf einen vorgebbaren Anteil der Ventilteller-Oberfläche begrenzt ist. Damit ist erreicht, daß der Kraftstoff möglichst "verlustlos" auf das Ventil und weiter sofort und ohne Umweg in den Zylinder gelangt. Das zugemessene optimale Kraftstoff-Luftverhältnis kann damit mit Sicherheit eingehalten werden. Aufgrund der Verdampfung des Kraftstoffs auf dem heißen Ventilteller ist sichergestellt, daß zur Verbrennung im Zylinder optimal fein verteiltes Kraftstoff-Luftgemisch zur Verfügung steht.

In der Kaltstartphase wird die erfindungsgemäße Einspritzdüse so gesteuert, daß eine gute Kraftstoff-Feinverteilung auftritt. Mit der erfindungs-

gemäßen Einspritzdüse wird für diese Betriebsphase des Motors ein Einspritz-"Strahl" erzeugt, der eine gewisse Aufspreizung nach Art eines Kegelstrahls besitzt. Ein solcher Kegelstrahl hat die Eigenschaft, daß, und zwar erst in einer gewissen Entfernung von seiner Düsenöffnung, die Flüssigkeit erst im Strahl zerfällt und daß erst dann, aber für den Verbrennungsvorgang genügend zeitig, ein wesentlicher Anteil der Einspritzmenge in feiner Tröpfchenverteilung vorliegt. Der voranstehend erwähnte dabei auftretende Abstand ist dabei wichtig, denn damit kann erreicht werden, daß erst dicht vor oder gar erst am Einlaßventil diese Kraftstoff-Feinverteilung im Kegelstrahl vorliegt und ein Ausfallen von Tröpfchen z.B. an der Wandung des Ansaugrohres (also im Bereich zwischen der Düsenöffnung und dem Einlaßventil) ausgeschlossen ist. Dieser Vorteil tritt besonders bei solchen bekannten Einspritzdüsen auf, die eine integrierte Ultraschall-Flüssigkeitszerstäubung haben. Es ist ja zu berücksichtigen, daß die Kraftstoffeinspritzdüse nicht beliebig nahe dem Einlaßventil angeordnet werden kann.

Mit der Erfindung ist, und zwar schon mit nur bescheiden höherem Aufwand, auch für die Kaltstartphase ein wesentlich vorteilhafteres Ergebnis zu erreichen als es eine an sich bekannte Kraftstoff-Einspritzdüse, die für Ultraschall-Kraftstoffzerstäubung ausgebildet ist, verspricht. Es ist nämlich festgestellt worden, daß bei intermittierender, zylinderselektiver Einspritzung für wirklich quantitative Kraftstoffzerstäubung durch Ultraschall auch derart hohe Ultraschallenergie erforderlich wäre, wie sie in der Praxis zumindest mit Rücksicht auf die konstruktive Größe einer Einspritzdüse überhaupt nicht bereitgestellt werden kann.

Eine erfindungsgemäße Einspritzdüse ist so ausgelegt, daß sie einen schnell ansprechenden und schnell arbeitenden Antrieb für das Öffnen und Schließen der Düsenöffnung besitzt. Es kann im Einzelfall von Vorteil sein, und zwar insbesondere für optimales Erfüllen der Bedingungen im Leerlaufbetrieb, wenn die erfindungsgemäße Einspritzdüse eine solche mit proportionalem Antrieb bzw. proportionaler Einstellbarkeit der Düsenöffnung ist. Damit lassen sich nämlich leicht solche Zwischenwerte des Öffnungsgrades der Einspritzdüse definiert einstellen, mit denen eine genaue Zumessung der gerade im Leerlaufbetrieb in Betracht kommenden sehr geringen Einspritzmengen pro Einspritzvorgang einhalten.

Im praktischen Einsatz liegt die Betriebs-Folgefrequenz, z.B. für einen Vier-Zylinder- bzw. Sechszylinder-Motor und damit die Folgefrequenz für das Öffnen (t_1) und Schließen (t_2) des Ventilanteils der Einspritzdüse bei etwa 5 Hz bis 50 Hz. Entsprechend steile Anstiegs- und Abfallflanken des Öffnens und Schließens einer erfindungsgemäßen

Einspritzdüse liegen bei einer Frequenz von erheblich oberhalb 1 kHz (mit entsprechender Periodendauer T) als obere Grenze des Fourierspektrums des Impulses des Öffnens und Schließens.

Die Anforderungen an eine erfindungsgemäße Einspritzdüse seien anhand der nachfolgenden, beispielhaften Betriebswerte für einen Mittelklasse-Personenwagen angegeben:

Der Treibstoffdurchsatz bei Daueröffnung der Einspritzdüse (in der Ansaugphase) beträgt ca. 6 g/s pro Zylinder. Dies entspricht nahezu Voll-Lastbetrieb.

Der Leerlaufdurchsatz eines solchen Motors beträgt etwa 0,4 mg/s pro Zylinder. Ersichtlich ergibt sich daraus ein zu bewältigender Dynamikbereich von vier Größenordnungen.

Besondere Ausführungsformen einer erfindungsgemäßen Einspritzdüse sind dadurch gekennzeichnet, daß die an sich dem Öffnen und Schließen der (auch als Ventil ausgebildeten) Einspritzdüse dienende Ventilinadel und/oder der Öffnungsquerschnitt der Düse in Hubbewegungen zu versetzen sind. In Abhängigkeit von der elektrisch einstellbaren Hub-Periode kann der Strahlquerschnitt, d.h. die Strahlform z.B. vom Fadenstrahl bis zum Kegelstrahl mit verschiedenen Öffnungswinkeln variiert werden. Zur Verdeutlichung dient die beigegefügte Figur 1, die ein Zeit/Anregungs- bzw. Öffnungsdiagramm einer erfindungsgemäßen Einspritzdüse zeigt. Die erfindungsgemäße Einspritzdüse ist aufgrund des oben erwähnten schnellen Ansprechens ihrer Teile, insbesondere bei proportionalem Antrieb, in der Lage mit ihren Hubbewegungen periodisch den mechanischen Bewegungen der elektrischen Anregung zu folgen. Die in der Figur 1 gezeigte Modulation bezieht sich auf eine Ausführungsform nach Figur 2 bzw. 3. Die Anregungsfrequenzen für diese Hubbewegung liegen optimal im Bereich von 5 KHz bis 20 KHz, also weit unterhalb von Ultraschall-Zerstäubungsfrequenzen. Diese Bemessung gilt sowohl für Einspritzdüsen bzw. -ventile in Niederdrucksystemen (ca. 3bar) als auch für solche mit üblichem Durchmesser (0,3 bis 1 mm) der Düse.

Figur 2 zeigt einen prinzipiellen Aufbau einer erfindungsgemäßen Einspritzdüse 10 mit überlagerter, rasch wechselnder Hubbewegung der Düsenadel.

Figur 3 zeigt eine entsprechende Ausführungsform mit Hubbewegung des (Ventil-)Sitzes der Einspritzdüse 20.

Die Figuren 4 und 5 zeigen in Seiten- und in Frontansicht eine Ausführungsform 40 mit einer Vorrichtung zum Modulieren der wirksamen Einspritzöffnung.

Figur 6 zeigt eine piezokeramische Antriebseinrichtung.

Figur 7 zeigt eine magnetostriktive Antrieb-

einrichtung und

Figur 8 eine elektrodynamische Antriebseinrichtung für eine erfindungsgemäße Einspritzdüse.

Figur 9 zeigt eine erfindungsgemäße Einspritzdüse in kompletter Ausführung.

In Figur 2 ist mit 11 die Düsenadel bezeichnet, die auch als Ventilinadel wirkt. Sie befindet sich in demjenigen Düsenteil 12, das als Düsenöffnung 13 die dargestellte Bohrung besitzt. Ist die Einspritzdüse geschlossen, so verschließt das vordere Ende der Düsenadel 11 die Düsenöffnung 13. Mit 14 ist auf die steuerbare Beweglichkeit der Düsenadel 11 hingewiesen. Im geöffneten Zustand der Einspritzdüse strömt mit 15 angedeuteter Kraftstoff entlang der Düsenadel 11 und innerhalb des Düsenteils 12 zur Düsenöffnung 13, um einen die dargestellte Charakteristik 15 aufweisenden Einspritzstrahl mit Kegelform zu bilden. Diese Strahlform 15 ergibt sich dadurch, daß der in Öffnungsposition befindlichen Düsenadel 11 die mit 14 angedeutete zusätzliche wechselnde Hubbewegung überlagert ist. Mit 16 ist auf die bereits oben angesprochene (hier sogar noch verkürzt dargestellte) Wegstrecke hingewiesen, innerhalb der, ausgehend von der Düsenöffnung 13, der ausgespritzte Kegelstrahl noch keine wesentliche Zerteilung in Tröpfchen aufweist. Dies zeigt im übrigen deutlich den Unterschied zu Ultraschall-Kraftstoffzerstäubung, bei der die Tröpfchen am schwingenden Teil entstehen und von diesem ausgehen.

Bezüglich der Figur 3 kann weitgehend auf zur Figur 2 beschriebene Einzelheiten verwiesen werden. Zur Figur 2 bereits beschriebene Bezugszeichen haben in Figur 3 gleiche oder wenigstens sinngemäße Bedeutung. Für die Ausführungsform nach Figur 3 ist wechselnde Hubbewegung für das Düsenteil 12 mit der Düsenöffnung 13 vorgesehen. Für eine Ausführungsform nach Figur 3 ergibt sich eine Strahlform, die im wesentlichen derjenigen der Ausführungsform nach Figur 2 entspricht.

Die Figuren 4 und 5 zeigen eine im Bereich der Düsenöffnung 13 am Düsenteil 12 angebrachte Zusatzeinrichtung. Die Figur 5 zeigt eine zur Figur 4 gehörende stirnseitige Ansicht, d.h. eine Ansicht entgegen dem ausgespritzten Strahl. Diese zusätzliche Einrichtung 51 der eigentlichen Einspritzdüse der Figuren 4 und 5 bestehen aus z.B. vier stabförmigen Fortsetzungen 151, die jede für sich zu Hubbewegungen anzuregen sind. Diese Hubbewegungen sind mit den einzelnen Pfeilen 54 angedeutet. Diese Hubbewegungen 54 sind Biegebewegungen der Teile 151. Diese Teile 151 bilden Längsführungen für den aus der Düsenöffnung 13 austretenden Kraftstoffstrahl 45. Die zu dessen Strahlrichtung transversalen wechselnden Hubbewegungen 54 führen zur einer wie mit 55 dargestellten Strahlform.

Das Antriebselement 6 nach Figur 6 besteht

aus einem Stapel piezoelektrisch anregbarer Scheiben 61. Diese Scheiben sind mit nicht dargestellten flächigen Elektroden versehen. Solche Stapel sind an sich prinzipiell bekannt und sie werden auch im vorliegenden Falle mit gesteuerter elektrischer Spannung gespeist. Insbesondere erfolgt Speisung mit Wechselspannung, und zwar vorzugsweise mit einer solchen mit einer derartigen Frequenz, die zu Resonanzschwingungsbewegungen der Hubbewegung 114 des Stapels bzw. des Antriebes 6 führt.

Die Figur 7 zeigt eine magnetostriktive Ausführungsform 7 eines Antriebes. Mit 71 ist ein zu Magnetostruktions-Bewegungen anregbarer Stab bezeichnet, der sich im Inneren einer Magnetfeldspule 72 befindet. Diese Magnetfeldspule 72 wird mit elektrischer Spannung gespeist, und zwar vorzugsweise wiederum mit einer Frequenz, die zu Resonanz mit einer Eigenschwingung des Stabes 71 führt, die zu entsprechend großer Hubamplitude der Hubbewegung 114 führt.

In Figur 8 ist ein Antrieb 8 mit Tauchspule 81 und Topfmagnet 82 dargestellt, wie er prinzipiell von Lautsprechern her bekannt ist. Eine solche Einrichtung führt bei entsprechender elektrischer Wechselanregung zu mechanischen Hubbewegungen 114. Es kann auch hier Resonanzanregung bewirkt werden.

Figur 9 zeigt ein Beispiel einer erfindungsgemäßen Einspritzdüse. Zu den vorangehend beschriebenen Figuren angegebene Einzelheiten haben in Figur 9 dieselbe Bedeutung.

Mit 91 ist ein Aktuator, beispielsweise ein Stapel aus piezoelektrischen Platten bestehend, bezeichnet. Durch Anlegen elektrischer Spannung zwischen den Anschlüssen 92 und 93 ändert dieser Aktuator seine Länge und treibt damit den Stößel 94 und die mit dem Stößel 94 verbundene Düsennadel 11 an. Der Aktuator 91 dient zum Öffnen und Schließen des Ventils durch Bewegung der Ventilmadel 11. Mit 95 ist die Zuflußöffnung der Einspritzdüse für den Kraftstoff bezeichnet.

Mit 96 ist zusammengenommen die Antriebseinrichtung für die erfindungsgemäß auszuführende Wechsel-Hubbewegung bezeichnet. Diese Antriebseinrichtung umfaßt bei diesem Beispiel mehrere Stapel 97 mit den elektrischen Anschlußleitungen 98 und 99. Zwischen die Anschlüsse 98 und 99 ist die Antriebs-Wechselspannung für diese Hubbewegung anzulegen. Bei (wechselnder) Längenänderung der Plattenstapel 97 infolge des piezoelektrischen Effekts ergibt sich entsprechende Längenänderung des Gehäuses 100 der Antriebseinrichtung 96. Da, wie aus der Figur ersichtlich, das äußere Gehäuse 12 der Einspritzdüse (abgedichtet) geteilt ist, führt dieses Düsenteil 12 durch das Arbeiten des Antriebs 96 die erfindungsgemäßen Wechsel-Hubbewegungen aus, und zwar gegenüber der bei diesem Beispiel in geöffnetem

Zustand stillstehenden Düsennadel. Dies entspricht der schon oben im Zusammenhang mit der Figur 3 beschriebenen Ausführungsvariante der Erfindung.

5 Ansprüche

1. Kraftstoff-Einspritzdüse für vorzugsweise Niederdruckeinspritzung bei Verbrennungskraftmaschinen, mit einer Düsenbohrung (13) und einer Düsennadel (11), wobei Düsenbohrung und Düsennadel gemeinsam eine Einspritzdüse (10, 20, 40) bilden, und mit einem Antrieb mit elektrischer EingangsgroÙe, sowie mit Mitteln für eine dem geöffneten Zustand der Einspritzdüse (10, 20, 40) überlagerte wechselnde Hubbewegung (14, 24, 54) wenigstens eines solchen Anteils (11, 12, 51) der Einspritzdüse, der sich im Bereich der Ausbildung (15, 25, 55) des Einspritzstrahls der Einspritzdüse befindet, wobei diese Mittel mit elektrischer EingangsgroÙe anregbar sind und konstruktiv so ausgebildet sind, daß mindestens eine solch kleine Periodendauer (T) für die Wechsel der Hubbewegung (114, 14, 24, 54) verfügbar ist, die mehrfach kleiner als die vorgegebene Mindestöffnungszeit ($t_{\text{aus}} - t_{\text{ein}}$) der Einspritzdüse ist.

2. Einspritzdüse nach Anspruch 1,

gekennzeichnet dadurch,

daß die Periodendauer (T) einer Anregungsfrequenz zwischen 5 KHz und 20 KHz entsprechend bemessen ist.

3. Einspritzdüse nach Anspruch 1 oder 2,

gekennzeichnet dadurch,

daß zusätzlich zur anzulegenden elektrischen Betätigungsspannung ($U_{\text{ein/aus}}$) zum Öffnen der Düse eine weitere Wechselspannung (U) zur Anregung der Wechselhubbewegung (14, 24) vorgesehen ist.

4. Einspritzdüse nach Anspruch 1, 2 oder 3,

gekennzeichnet dadurch,

daß die Mittel zur Ausführung der Wechsel-Hubbewegung (114, 14, 24, 54) ein Resonanzsystem bilden.

5. Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

gekennzeichnet dadurch,

daß die Mittel zur Anregung der Wechsel-Hubbewegung (114, 14, 24, 54) derart ausgebildet sind, daß die Düsennadel (11) diese Wechsel-Hubbewegungen ausführt. (Fig. 2)

6. Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

gekennzeichnet dadurch,

daß die Mittel zur Anregung der Wechsel-Hubbewegung (114, 14, 24, 54) derart ausgebildet sind, daß ein Anteil der Düsenbohrung (12, 13) diese Wechsel-Hubbewegung ausführt. (Fig. 3)

7. Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

gekennzeichnet dadurch,

daß longitudinale Wechsel-Hubbewegung (14,24) vorgesehen ist.

8. Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

5

gekennzeichnet dadurch,

daß transversale Wechsel-Hubbewegung (54) vorgesehen ist.

9. Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 8,

10

gekennzeichnet dadurch,

daß diese Mittel eine piezoelektrische Anzeigeneinrichtung (6) umfassen.

10. Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 8,

15

gekennzeichnet dadurch,

daß diese Mittel eine elektrodynamische Einrichtung (8) mit homogenem Magnetfeld umfassen.

11. Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 8,

20

gekennzeichnet dadurch,

daß diese Mittel eine magnetostruktive Einrichtung (7) umfassen.

12. Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 8,

25

gekennzeichnet dadurch,

daß diese Mittel eine elektromagnetische Einrichtung (7, 8) umfassen.

13. Betrieb einer Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 12,

30

gekennzeichnet durch,

eine Anregung eines Anteils (11,12,51) der Düse (10,20,40) zu Hubbewegungen mit einer Wechsel-
frequenz zwischen 5 kHz und 20 kHz.

35

40

45

50

55

6

FIG 1

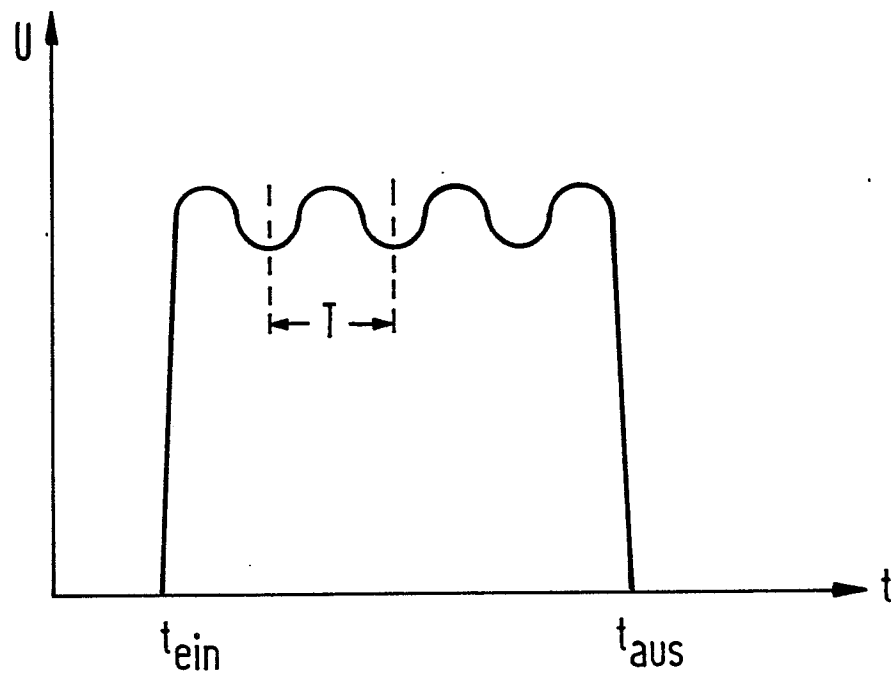


FIG 2

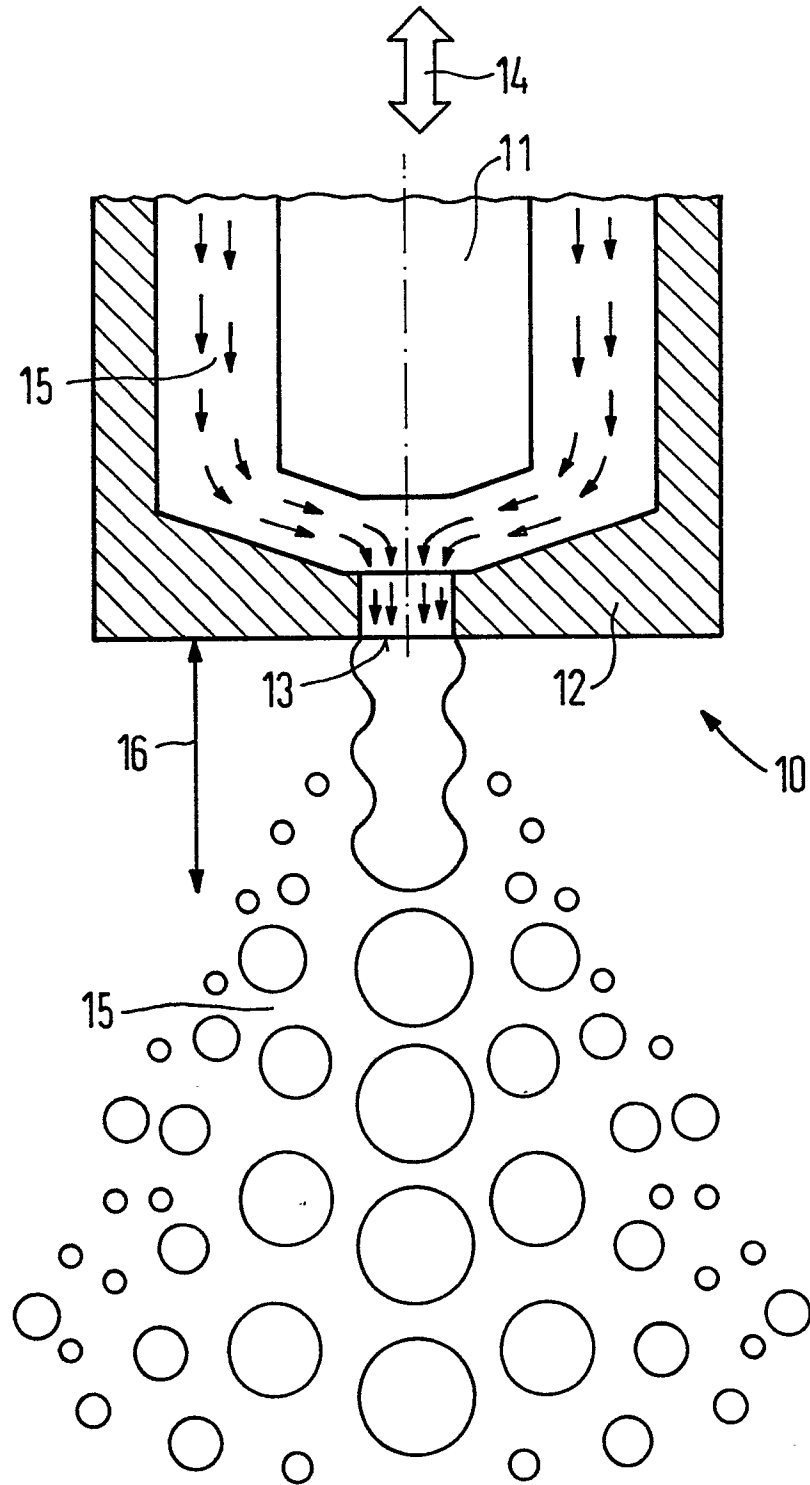


FIG 3

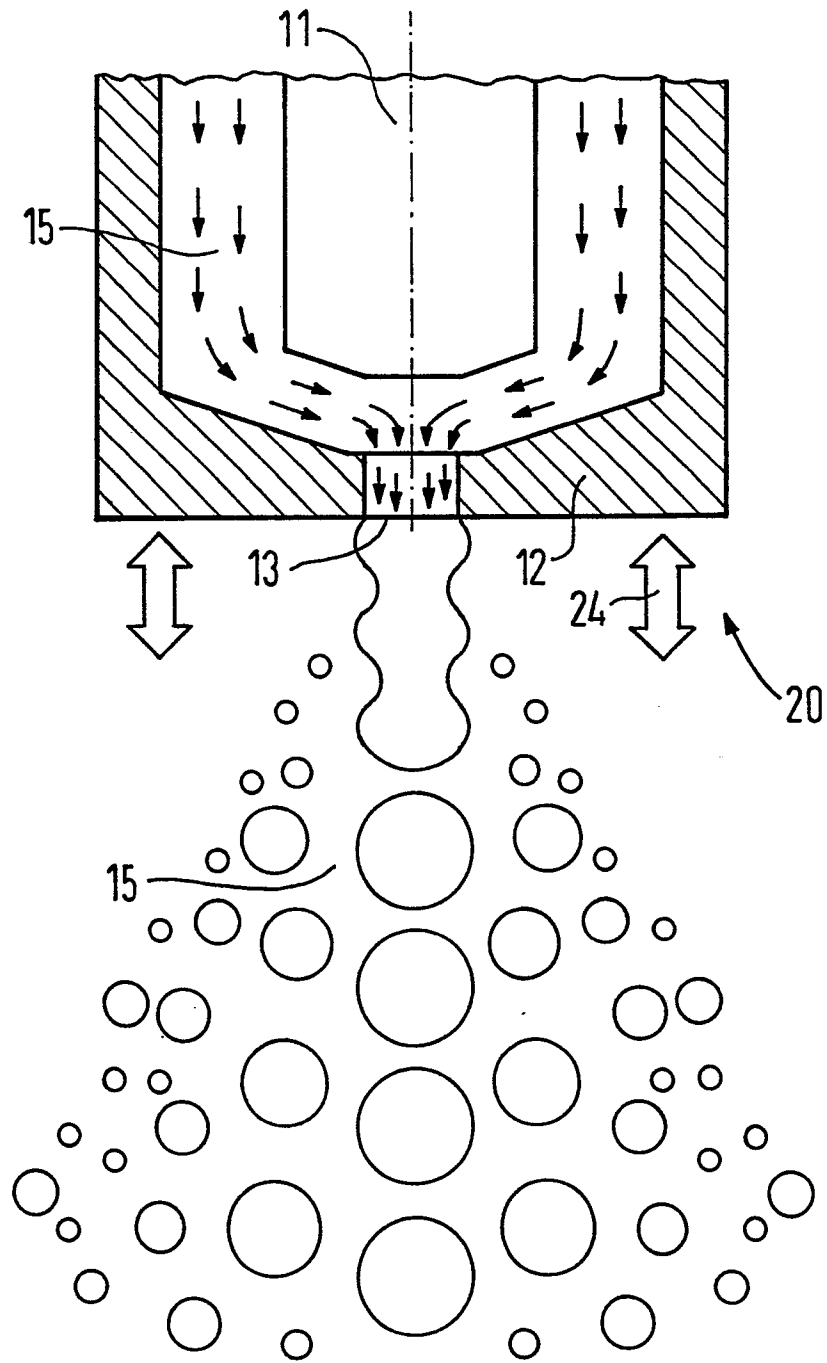


FIG 5

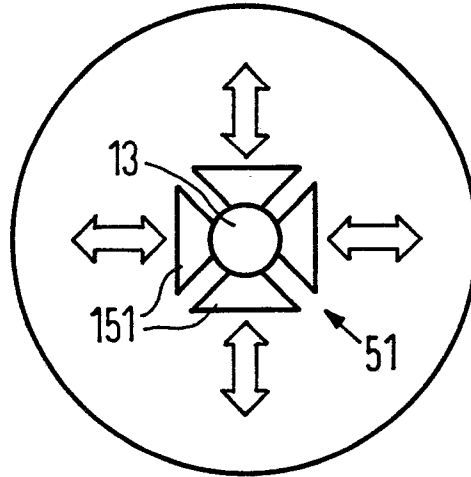


FIG 4

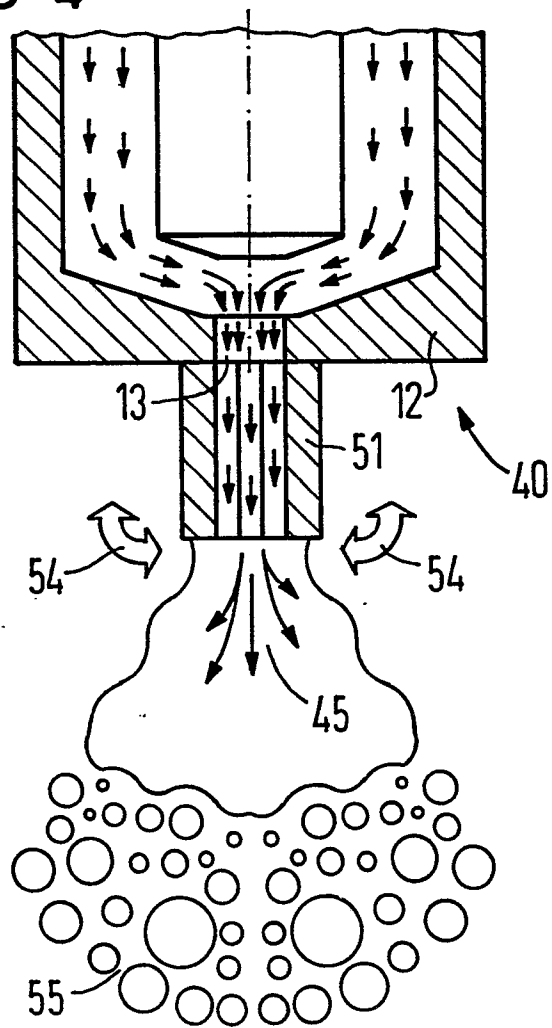


FIG 6

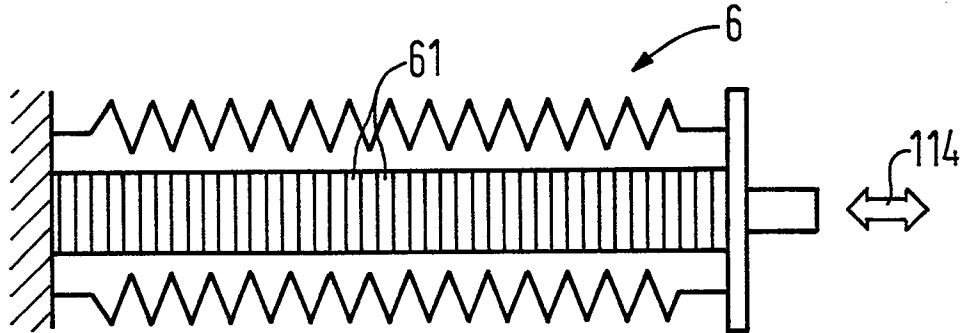


FIG 7

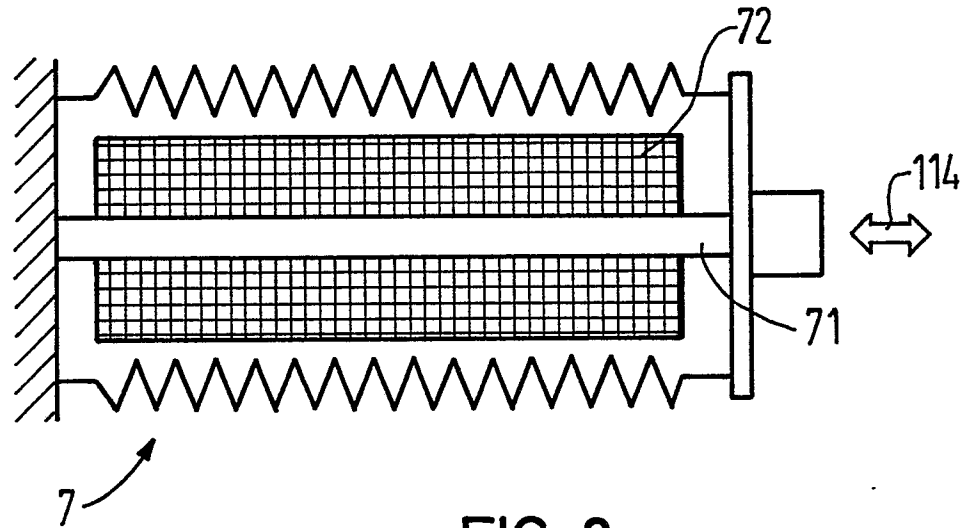


FIG 8

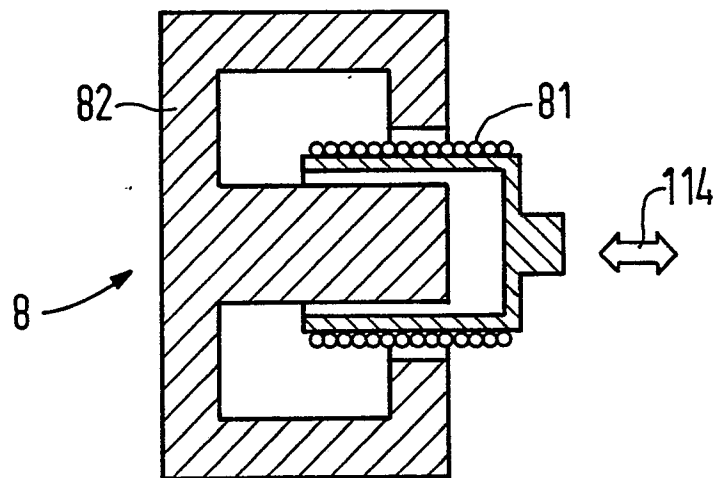
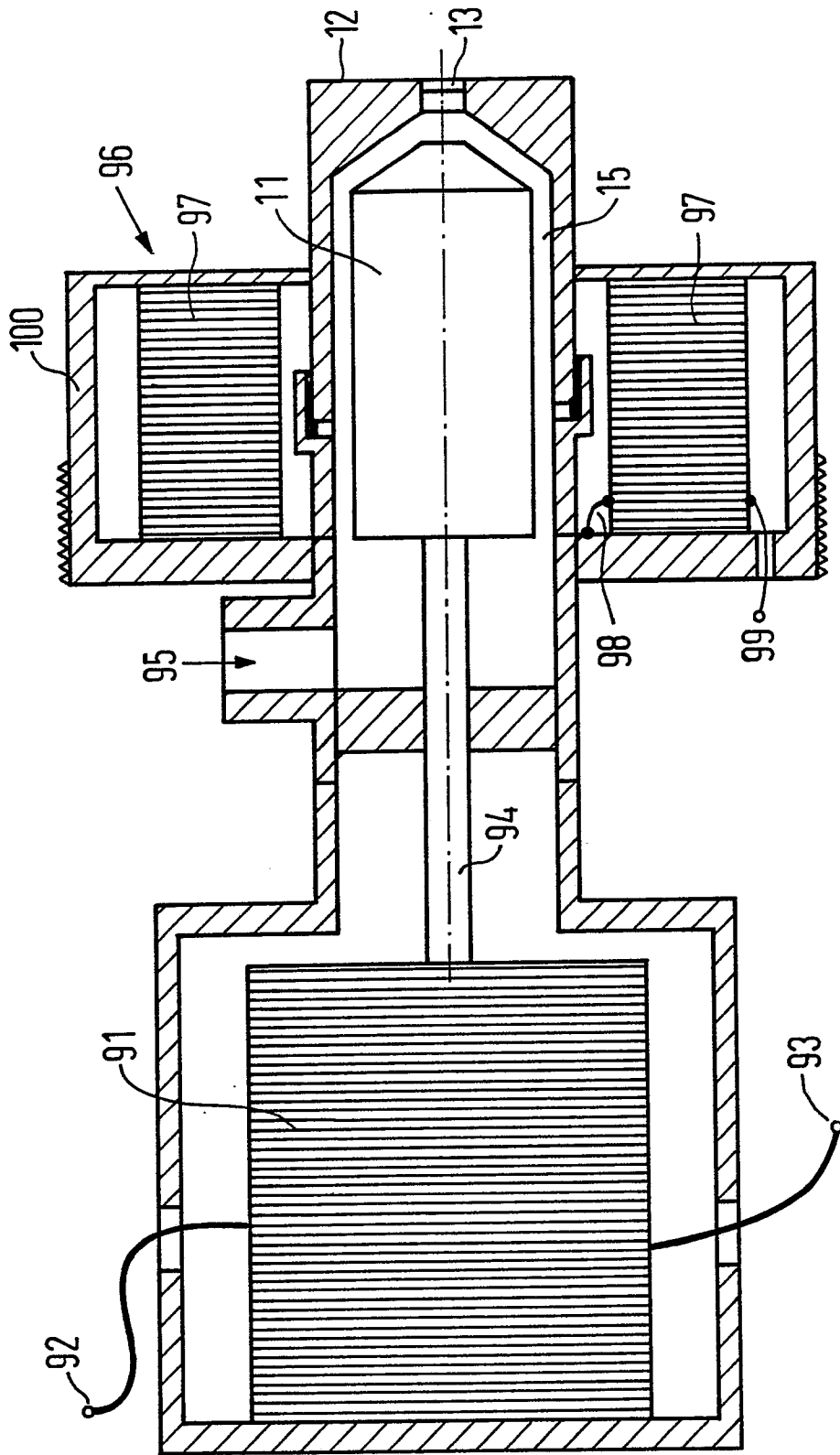


FIG 9





EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 9, no. 142 (M-388)(1865) 18 Juni 1985, & JP-A-60 22066 (HITACHI KINZOKU K.K.) 04 Februar 1985, * das ganze Dokument *	1, 6, 8, 9	F02M69/04 F02M45/10 F02M51/08
A	EP-A-36617 (SIEMENS) * Seite 5, Zeile 30 - Seite 8, Zeile 35; Figuren 2, 3 *	1, 3, 4, 6, 7, 9	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 7, no. 283 (M-263)(1428) 16 Dezember 1983, & JP-A-58 158366 (HITACHI SEISAKUSHO K.K.) 20 September 1983, * das ganze Dokument *	1, 5, 7, 10	
A	US-A-4211199 (A.K. THATCHER) * Spalte 3, Zeile 30 - Spalte 5, Zeile 45; Figuren 2, 4, 5 *	1, 4, 6, 7, 11	
A	DE-A-2123635 (PLESSEY) * Seite 5, Zeilen 5 - 27 * * Seite 6, Zeilen 24 - 28; Figuren 1-5 *	1, 6, 7, 9, 11	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5) F02M
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 15 DEZEMBER 1989	Prüfer HAKHVERDI M.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	