

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets

(11)

Veröffentlichungsnummer:

0 036 617
A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21)

Anmeldenummer: 81101985.0

(51)

 Int. Cl.³: **F 02 M 27/08**, **F 02 M 69/00**,
F 02 M 51/08

(22)

Anmeldetag: 17.03.81

(30)

Priorität: 21.03.80 DE 3010985

(71)

 Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** Berlin
 und München, Postfach 22 02 61,
 D-8000 München 22 (DE)

(43)

 Veröffentlichungstag der Anmeldung: 30.09.81
 Patentblatt 81/39

(84)

Benannte Vertragsstaaten: CH DE FR GB IT LI NL SE

(72)

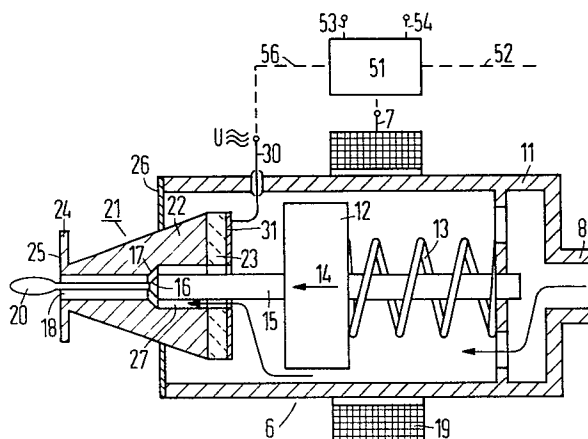
 Erfinder: **Kleinschmidt, Peter, Dipl.-Phys.**,
 Klagenfurterstrasse 12, D-8000 München 90 (DE)

(54)

Kraftstoff-Einspritzdüse mit zusätzlicher Kraftstoff-Zerstäubung.

(57)

Einspritzdüse (1), deren Ausspritzende als Ultraschall-Flüssigkeitszerstäuber (21) mit Arbeitsplatte (24) und kegelstumpfförmigem Biegeschwinger (22) mit piezoelektrischem Antrieb (23) insbesondere nach Patent 20 33 433 ausgebildet ist. Ultraschall-Zerstäubung insbesondere derjenigen Kraftstoffmenge, die anderenfalls am Ende eines Einspritzvorgangs aus der Düse (1) ohne Zerstäuberwirkung des Spritzvorgangs unzerstäubt bleibt.



Kraftstoff-Einspritzdüse mit zusätzlicher Kraftstoff-
Zerstäubung.

Die Erfindung bezieht sich auf eine Kraftstoff-Ein-
5 spritzdüse für Verbrennungsmotore, wie sie im Oberbe-
griff des Patentanspruches 1 angegeben ist.

Seit Jahrzehnten ist es bekannt, den Kraftstoff anstelle
mit Hilfe eines Vergasers durch Einspritzung desselben
10 in die Ansaugleitung dem Motor zuzuführen. Insbeson-
dere um eine gute Vernebelung des aus der Einspritz-
düse in das Ansaugrohr ausgespritzten Kraftstoffes mit
der angesaugten Luft zu erreichen, ist vorgesehen, den
aus der Düsenbohrung austretenden Kraftstoff auf die
15 Rückseite des Einlaßventils zu spritzen. Der dort auf-
prallende Kraftstoff wird feinverteilt, wobei das Maß
der Verteilung u.a. auch wesentlich von der augenblick-
lichen Temperatur des Einlaßventils, d.h. vom gerade er-
reichten Betriebszustand des Motors, abhängt. Relativ
20 problemlos ist eine gute Vernebelung des Kraftstoffes
dann zu erreichen, wenn durch einen relativ weiten Dü-
sendurchlaßquerschnitt hindurch eine mehr als minimale
Kraftstoffmenge auf ein bereits gut erwärmtes Einlaß-
ventil gespritzt wird.

25 Es wurde festgestellt, daß die voranstehend beschriebe-
nen günstigen Ergebnisse nicht mehr oder nur noch man-
gelhaft angenähert erreicht werden, wenn nur noch mini-
male Kraftstoffmengen, wie sie für den Leerlauf als
30 Mindestdosierung notwendig sind, ausgespritzt werden.
Noch mangelhafter ist das Ergebnis, wenn außerdem auch
noch das Einlaßventil oder das entsprechende Teil des

Ansaugkanals, auf den der Einspritzstrahl trifft, kalt oder noch kalt ist, wie dies vor allem für den Motorbetrieb im Winter häufig der Fall ist. Übliche Abhilfe war bisher, die Leerlauf-Drehzahl des Motors auf einen
5 so hohen Wert einzustellen, daß ein noch einwandfreier Leerlauf auch noch bei ungünstigsten Betriebsbedingungen vorliegt. Bei günstigen Betriebsbedingungen, z.B. bei warmgefahrenem Motor, ergibt dies dann Leerlauf-Drehzahlen, die prinzipiell viel zu hoch sind vergleichs-
10 weise zu dann notwendigen Leerlauf-Drehzahlen. Mit einem solchen nicht optimal abgestimmten Betrieb eines Verbrennungsmotors ist nicht nur erhöhter Treibstoffverbrauch, sondern auch eine erhebliche Umweltbelastung verbunden, weil beispielsweise übermäßig zugeführter
15 Kraftstoff nicht oder vorzugsweise nur unvollständig verbrennt und gefährliche Abgasprodukte erzeugen kann.

Ähnliche Probleme und Auswirkungen ergeben sich auch für den sogenannten Schiebebetrieb des Motors, nämlich für
20 den Betriebszustand, bei dem bei mehr oder weniger großer Fahrzeuggeschwindigkeit die Gashebel-Stellung so stark zurückgenommen wird, daß der Motor statt anzutreiben angetrieben wird und Bremswirkung erzeugt. Eine Mindestkraftstoff-Zufuhr ist in diesem Betrieb schon deshalb vorgesehen, damit beim Auskuppeln, wie z.B. beim
25 Schalten des Wechselgetriebes, der Motor nicht augenblicklich stehenbleibt.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, für
30 eine Kraftstoff-Einspritzdüse der im Oberbegriff des Patentanspruches 1 angegebenen Art konstruktive Maßnahmen und/oder Betriebsweisen anzugeben, mit deren Hilfe insbesondere im Leerlauf-Betrieb, vorzugsweise bei unterschiedlichen Betriebszuständen, optimaler Betrieb
35 mit minimalem Kraftstoffverbrauch und minimaler Abgas-

Umweltbelastung zu erreichen ist.

Diese Aufgabe wird für eine Kraftstoff-Einspritzdüse nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 mit den Merkmalen des Kennzeichens des Patentanspruches 1 gelöst. Weitere Ausgestaltungen, Weiterbildungen und zugehörige Betriebsweisen gehen aus den Unteransprüchen hervor.

10 Für die Erfindung ist von der Teillösung ausgegangen worden, unzulänglich vernebelt ausgespritzten Kraftstoff mit Ultraschall zusätzlich zu vernebeln. Die weiteren Lösungsgedanken gehen dahin, das Element, das für die Kraftstoff-Zerstäubung in Ultraschall-Schwingung zu ver-
15 setzen ist, konstruktiv in Verbindung mit der Einspritzdüse zu bringen, um den aus der Einspritzdüse austretenden Kraftstoff unmittelbar beim Austritt schon zu vernebeln. Das Ausspritzende der Einspritzdüse ist dementsprechend als Ultraschall-Flüssigkeitszerstäuber ausgebildet. Dabei kann insbesondere der übliche und langjährig erprobte Aufbau einer Einspritzdüse, z.B. mit birnenförmig verdicktem vorderen Ende der Düsennadel, beibehalten werden. Von besonderem Vorteil ist der konstruktive Aufbau, bei dem die Ausspritzöffnung der Düse, durch die
20 das Vorderende der verstellbaren Düsennadel hindurchragt, als Zerstäuberelement ausgebildet ist, das den Kraftstoffaustritt ringförmig umgibt. Eine besonders bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist diejenige, bei der die dem Prinzip nach bekannte Einspritzdüse an ihrem vorderen Düsenende als Flüssigkeitszerstäuber nach der deutschen Patentschrift 20 32 433 ausgebildet ist. Die Düsenbohrung, in der sich die bekanntermaßen verwendete verstellbare Düsennadel befindet, ist in der Achse des Körpers dieses aus der obengenannten Patentschrift be-
30 kannten Flüssigkeitszerstäubers angeordnet, wobei eine

35

zentrale Bohrung der als Schwingteller wirkenden Arbeitsplatte dieses Zerstäubers die Durchtrittsöffnung für die Düsennadel und für den austretenden Kraftstoff ist. Der austretende Kraftstoff kommt somit in unmittelbare Berührung mit der mit großer Amplitude schwingenden Arbeitsplatte, auf der die Flüssigkeitszerstäubung erfolgt.

Schon langjährig sind die Schwierigkeiten bekannt, die bei Ausspritzen einer nur sehr geringen Kraftstoffmenge - wie sie z.B. für den Leerlauf benötigt wird - auftreten, nämlich daß nur ungenügende Vernebelung des ausgespritzten und vor allem des aus der Düsenöffnung noch nachtropfenden Kraftstoffes erreicht wird. Bei noch kaltem Motor tritt dann außerdem auch keine nachträgliche Kraftstoff-Verdampfung auf, so daß ein Großteil des in den Zylinder gelangenden Kraftstoffes als Flüssigkeit unverbrannt ausgestoßen wird oder an der Zylinderwandung in das Kurbelgehäuse abläuft. Bei einer erfindungsgemäß ausgebildeten Einspritzdüse gelangt vor allem der aus der Düsenöffnung nachtropfende Kraftstoff in den Wirkungsbereich der mit Ultraschall zerstäubenden Arbeitsplatte, die die Umwandlung der Kraftstoff-Flüssigkeit in feinste Kraftstoff-Tröpfchen bewirkt. Diese Kraftstoff-Tröpfchen werden von der angesaugten Luft aufgenommen und mit dieser vermischt. Der Zylinder erhält selbst bei kaltem Einlaßventil eine gut vermengte Luft-Kraftstoff-Tröpfchenmischung, die allen Erfordernissen einer guten Zündfähigkeit und vollständigen Verbrennbarkeit genügt.

Vorzugsweise ist die Oberfläche der Arbeitsplatte des Flüssigkeitszerstäubers, d.h. die Oberfläche des schwingenden Zerstäuberelementes, gerillt, und zwar insbesondere mit in radialer Richtung verlaufenden Rillen versehen.

Weitere Erläuterungen der Erfindung gehen aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele hervor.

- 5 Fig.1 zeigt eine Teilansicht eines Verbrennungsmotors mit der in den Ansaugkanal hereinreichenden Kraftstoff-Einspritzdüse;
- 10 Fig.2 zeigt eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Einspritzdüse mit einem Flüssigkeitszerstäuber nach dem bereits oben erwähnten deutschen Patent 20 32 433, und

- 15 Fig.3 zeigt eine zweite Ausführungsform mit einem Longitudinalschwinger als Flüssigkeitszerstäuber.

Mit 1 ist ein Anteil eines Motorblocks bezeichnet, in dem sich der Kolben 2 befindet. Mit 3 ist das Einlaßventil bezeichnet. Dieses schließt den Innenraum 4 des Zylinders gegen den Ansaugkanal 5 ab. Mit 6 ist eine Kraftstoff-Einspritzdüse bezeichnet, wie sie bereits auch nach dem Stand der Technik bei Benzin-Einspritzmotoren eingebaut ist. Mit 7 ist die Zuleitung für die Steuerimpulse bezeichnet, mit deren Hilfe die Düsennadel der Einspritzdüse 6 - wie bekannt - gesteuert wird. Die Kraftstoff-Zufuhrleitung in die Düse 6 ist mit 8 bezeichnet. Der Kraftstoff in der Leitung 8 steht unter einem im wesentlichen konstanten Druck von ca. 2 Bar.

- 30 Fig.2 zeigt eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Kraftstoff-Einspritzdüse 6, wie sie in der Anordnung nach Fig.1 vorgesehen ist. Innerhalb des Gehäuses 11 befindet sich der bekannte Magnetkern 12, der mit Hilfe einer Feder 13 in (in der Fig.2) linksseitiger Richtung 14 gedrängt wird. Durch die Druckkraft
- 35

der Feder 13 wird die Düsennadel 15 mit ihrem Nadelsitz 16 gegen einen Düsensitz 17 gepreßt. Dieser beschriebene Zustand entspricht einer geschlossenen Einspritzdüse 6, d.h. einem Zustand, bei dem kein durch die Leitung 8 unter Druck in das Innere des Gehäuses 11 zugeführter Kraftstoff durch die Düsenöffnung 17 hindurchtritt. In der Figur ist die Düse gerade geöffnet.

Mit Hilfe einer über die Leitungen 7 steuerbar zu speisenden Magnetwicklung 19 läßt sich der Magnetkern 12 in Richtung entgegen dem Pfeil 14 und gegen die Druckkraft der Feder 13 zurückziehen, womit zwischen den Sitzen 16 und 17 ein Düsenquerschnitt für den Durchlaß der einzuspritzenden Kraftstoffmenge freigegeben wird. Wie bei bekannten Einspritzdüsen kann auch die erfindungsgemäße Einspritzdüse einen über das linksseitige (vordere) Düsenende hinausragenden birnenförmigen Fortsatz der Düsennadel 15 haben. Dieser birnenförmige Fortsatz 20 dient u.a. zur Formgebung des Einspritzstrahles.

20

Mit 21 ist der Ultraschall-Flüssigkeitszerstäuber bezeichnet, wie er dem Prinzip nach aus dem deutschen Patent 20 32 433 bekannt ist. Mit 22 ist der konusförmige Metallteil bezeichnet, an dessen größerer Rückseite eine Scheibe 23 aus Piezokeramik (z.B. aus Bleizirkonattitanat) fest angebracht, z.B. angeklebt oder angelötet ist. Mit 24 ist die Arbeitsplatte des Ultraschall-Flüssigkeitszerstäubers 21 bezeichnet, die sich einstückig am linksseitigen verjüngten Ende des Teils 22 befindet. Auf der Oberfläche 25 der Arbeitsplatte 24 erfolgt die Ultraschall-Flüssigkeitszerstäubung der auf diese Oberfläche gelangten Kraftstoffmenge. Dorthin gelangt vor allem die nach jedem einzelnen Einspritztakt noch aus der Düse nachleckende bzw. nachtropfende Kraftstoffmenge, die gerade im Leerlauf-Betrieb (und im

35

Schiebe-Betrieb) einen erheblichen mengenmäßigen Anteil der pro Einspritztakt insgesamt eingespritzten, sehr gering dosierten Kraftstoffmenge ausmacht.

- 5 Vorzugsweise hat die Oberfläche 25 in Radialrichtung verlaufende Rillen, mit deren Hilfe eine verbesserte Benetzung dieser Oberfläche 25 mit Kraftstoff ermöglicht ist. Mit 26 ist ein geschlossener Haltering bezeichnet, der an den Teil 22 im Schwingungsknoten des Zerstäubers
10 angebracht ist und an seinem Außenrand, wie dargestellt, in das Gehäuse 11 übergeht.

- Das Teil 22 hat eine Bohrung 27 entlang der Achse des rotationssymmetrischen Zerstäubers 21. Eine dazu passende Bohrung weist auch die Platte 23 aus Piezokeramik
15 auf, die somit eine Ringplatte ist. Die Bohrung 27 geht in die bereits erwähnte Bohrung 18 in der Arbeitsplatte 24 über.

- 20 Zur elektrischen Anregung der Piezokeramik wird zwischen dem Gehäuse 11 und der Anschlußleitung 30 eine elektrische Wechselspannung mit der Resonanzfrequenz des Zerstäubers 21 von z.B. 100 kHz angelegt. Die Leitung 30 ist mit einer Elektrode 31 verbunden, die sich auf der
25 freien Scheibenoberfläche der Keramikscheibe 23 befindet. Es ist dies z.B. eine Versilberungsschicht der Keramikoberfläche. Das elektrische Anregungs-Wechsel-
feld liegt in der Keramikscheibe 23 in Richtung der Dicke der Scheibe an. Der piezoelektrische Effekt führt zu
30 einer Biegeschwingung des Systems bestehend aus dem Teil 22 und der Platte 23. Diese Biegeschwingung wird auf die Arbeitsplatte 24 übertragen, wie dies im einzelnen in der deutschen Patentschrift 20 32 433 als Stand der Technik näher beschrieben ist.

Es empfiehlt sich, den Düsensitz 17 für die Düsennadel 15 in den Bereich des Schwingungsknotens des Zerstäubers 21 bzw. des Teils 22 zu legen, damit eine möglichst geringe Bedämpfung der Arbeitsplatte 24 vorliegt.

5

Vorteilhafterweise umgibt die Arbeitsplatte 24 der Ausführungsform nach Fig.2 die Düsenöffnung 18 ringförmig.

Fig.3 zeigt eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Einspritzdüse, die in den bekanntermaßen verwendeten Teilen einer Einspritzdüse derjenigen nach Fig.2. gleich ist, bei der jedoch der Ultraschall-Flüssigkeitszerstäuber 121 ein Longitudinalschwinger ist. Der Metallteil 122 und der daran befestigte ringförmige Körper 123 aus Piezokeramik bilden zusammen einen Resonanz-Longitudinalschwinger, der seine Ultraschall-Schwingungsauslenkung auf die in Resonanz schwingende Arbeitsfläche 124 überträgt. Die übrigen Einzelheiten der Ausführungsform nach Fig.3 entsprechen der bereits beschriebenen Ausführung nach Fig.2.

Wie bei einer Einspritzdüse nach dem Stand der Technik ist die Kraftstoff-Zufuhr durch die Leitung 18 kontinuierlich und wird durch die Arbeitsweise der Einspritzdüse entsprechend dem Takt des Motors 1 gesteuert. Kraftstoff-Einspritzung erfolgt während der Erregung der Magnetwicklung 19, d.h. bei geöffnetem Düsenquerschnitt zwischen den Sitzen 16 und 17. Bei nur sehr gering bemessener Kraftstoff-Einspritzmenge entfällt bei einer wie bekannten Einspritzdüse ein wesentlicher Anteil dieser Menge auf Tropfen und Lecken am Düsenausgang 18. Auf diese Weise ausgetretener Kraftstoff erfährt dort keine Verteilung in feine Tröpfchen. Bei der erfindungsgemäßen Einspritzdüse jedoch wird auch dieser Kraftstoff auf der Arbeitsplatte 24, 124 fein zerstäubt.

Dies hat zur Folge, daß die bei Leerlauf-Betrieb einzuspritzende Kraftstoffmenge sehr genau auf ein Minimum dosiert werden kann, da jeglicher Kraftstoff zerstäubt wird und kein ohnehin nicht genau bemessbarer Überschuß für bekanntermaßen aus der Düse herausleckender Kraftstoffanteil zuzugeben ist.

Für den Betrieb einer erfindungsgemäßen Düse kann vorgesehen sein, daß der Zerstäuber 21, 121 kontinuierlich schwingt. Es kann aber auch vorgesehen sein, daß die Schwingung nur im Zeitpunkt des Einspritzens angeregt wird. In den Zwischenzeiten kann der Schwinger außer Betrieb sein. Für ein rasches Anschwingen des Schwingers ist es jedoch günstig, diesen auch in diesen Zwischenzeiten mit einer jedoch vergleichsweise sehr kleinen Amplitude schwingen zu lassen, bei der an sich noch keine wesentliche und vor allem keine ausreichende Zerstäubung erfolgt. Dieser Betrieb mit Pausen zwischen den Phasen des gemäß einem Merkmal der Erfindung vorgesehenen Schwingbetriebes ist günstig, wenn besonders hohe Lebensdauer des Schwingers, z.B. wesentlich länger als 10 000 Stunden, gefordert wird.

Eine wie erfindungsgemäße Einspritzdüse kann so betrieben werden, daß ihr, d.h. der Oberfläche 25, 124 der Arbeitsplatte 24, kontinuierlich eine Minimaldosis an Kraftstoff zugeführt wird, und zwar auch ohne daß der bekannterweise geforderte Spritzeffekt auftritt. Diese Minimaldosis wird so bemessen, daß sie der für den Leerlauf augenblicklich erforderlichen Mindestmenge entspricht. Es kann dann eine kontinuierliche oder es kann auch eine auf den Ansaugtakt des Motors abgestimmte impulsförmige Schwingungsanregung vorgesehen sein. Diese beiden Betriebsweisen führen dazu, daß während des Ansaugtaktes ein mit Ultraschall hergestellter feiner

Kraftstoffnebel zur Verfügung steht, mit dem ein Mindest-Leerlauf-Betrieb bei optimaler Zündung und Verbrennung des Gemisches aufrechtzuerhalten ist.

- 5 Wie bereits oben angedeutet, ist eine erfindungsgemäße Einspritzdüse auch dazu geeignet, einen Leerlauf-Betrieb des Motors vorzusehen, der von den jeweiligen augenblicklichen Betriebsbedingungen abhängig gesteuert ist. Es kann eine sogenannte Kennfeld-Steuerung durchgeführt werden, bei der die nur geringe Kraftstoff-Zufuhrmenge des
10 Leerlauf-Betriebes an die augenblicklichen Erfordernisse angepaßt ist, nämlich z.B. abhängig davon, ob der Motor noch kalt oder schon warm ist, ob die angesaugte Luft mehr oder weniger feucht ist und/oder ob die Last an der
15 Kurbelwelle größer oder kleiner ist, z.B. bei mitlaufendem Getriebe, bei ein- oder ausgekuppeltem Zustand oder bei Zuschaltung der Klima-Anlage.

- In Fig.1 ist hierzu eine prinzipielle Anordnung ergänzend (gestrichelt) eingetragen. Mit 51 ist der Kennfeld-Steuerkomputer bezeichnet. Über die Leitung 52 wird die Kurbelwellen- bzw. Nockenwellenstellung des Motors signalisiert. Die Eingänge 53 und 54 sind zur Eingabe von z.B. Temperaturwerten und den Drehzahlwerten des
20 Motors vorgesehen. Über die Zuleitung 55 der Magnetwicklung 19 erfolgt die zeitgesteuerte Erregung des Magneten 19, 12 und damit die zeitweise Öffnung der Einspritzdüse. Über die Zuleitung wird die Hochfrequenz-Wechselspannung mit beispielsweise 100 kHz dem erfindungsgemäß
25 vorgesehenen Flüssigkeitszerstäuber 21 zugeführt, wobei diese Wechselspannung, wie oben beschrieben, mit dem Einspritzvorgang und dem Motor synchronisiert getaktet sein kann. Der jeweils geforderte Betrieb des Motors -
30 Leerlauf, Teillast-Betrieb, Vollgas - kann durch ent-

sprechende Steuerung des Eingangssignals am Eingang 54 (Drehzahl) gesteuert werden.

5 Von Vorteil kann es sein, die Einspritzdüse auf eine
Minimalmenge einzustellen, mit der der Motor bei opti-
malen Betriebsbedingungen bzw. optimalem Betriebszu-
stand in minimalem Leerlauf-Betrieb arbeitet. Jegli-
cher Kraftstoff-Mehrbedarf für Abweichungen von diesen
10 Leërlauf-Bedingungen wird dann durch gesteuerte Zugabe
von Kraftstoff gedeckt. Hierzu ist es vorteilhaft, die
Arbeitsplatte 24, 124 bzw. deren Flächengröße und Ober-
flächenbeschaffenheit so zu bemessen, daß die obige
Minimalmenge des Kraftstoffes deren Oberfläche 25 lau-
fend bereits vollständig benetzt. Die Kraftstoff-Zufuhr
15 dieser Minimalmenge kann sogar (wie oben schon einmal
erörtert) kontinuierlich sein und auf einem vorgesehenen
gewollten Leckeffekt beruhen. Die Zerstäubung erfolgt
dann entweder kontinuierlich durch Dauer-Schwingbetrieb
oder impulsweisen Schwingbetrieb mit zwischenzeitlicher
20 Akkumulation von Kraftstoff auf der Fläche 25, 124.
In diesem Fall liegt dann eine Grundeinstellung vor,
bei der die Minimum-Kraftstoffmenge des Motors für Leer-
lauf-Betrieb allein durch Ultraschall-Zerstäubung im
Luftstrom vernebelt wird.

25

9 Patentansprüche

3 Figuren

Patentansprüche:

1. Kraftstoff-Einspritzdüse für Verbrennungsmotore,
bei der eine jeweils einzuspritzende Kraftstoffmenge von
5 einem steuerbar zu öffnenden Düsen-Durchlaßquerschnitt
freigegeben wird, und wobei beim Einspritzen eine Kraft-
stoff-Zerstäubung erfolgt, g e k e n n z e i c h n e t
dadurch, daß für eine optimale Zerstäubung auch nur
geringer freigegebener Kraftstoffmenge (Leerlauf, Schiebe-
10 Betrieb) das Aufspritz-Ende der Einspritzdüse zusätz-
lich als Ultraschall-Flüssigkeitszerstäuber (21; 121)
ausgebildet ist, dessen schwingendes Zerstäuberelement
(24, 25; 124) der Düsenbohrung (18) wenigstens benachbart
ist.
- 15 2. Kraftstoff-Einspritzdüse nach Anspruch 1, g e -
k e n n z e i c h n e t dadurch, daß das Zerstäuberele-
ment (24, 25; 124) die Düsenbohrung (18) umgibt.
- 20 3. Kraftstoff-Einspritzdüse nach Anspruch 1 oder 2,
g e k e n n z e i c h n e t dadurch, daß der Flüssig-
keitszerstäuber (21) ein piezoelektrisches Schwingssystem
nach dem deutschen Patent 20 33 433 ist, das mit elek-
trischer Wechselspannung in Resonanz zu erregen ist und
25 aus einem anregenden Schwinger (22) mit daran befestigtem
piezoelektrischem Wandler (23) und aus einer zu Biege-
schwingungen anzuregenden Platte besteht, die sich an
einem Steg mit geringem Querschnitt befindet, wodurch die
Platte mit dem Schwinger (22, 23) mechanisch gekoppelt
30 ist und wobei die Resonanzfrequenz der Platte auf die
Biegeschwings-Resonanz des Schwingers (22, 23) abge-
stimmt ist und die Platte als vergleichsweise zum Schwin-
ger (22, 23) dünnere Arbeitsplatte (24) ausgebildet ist.
- 35 4. Kraftstoff-Einspritzdüse nach Anspruch 1 oder 2, g e -

k e n n z e i c h n e t , daß der Flüssigkeitszerstäuber (121) als Longitudinalschwinger ausgebildet ist (Fig.3).

- 5 5. Kraftstoff-Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 4, g e k e n n z e i c h n e t dadurch, daß das Zerstäuberelement mit einem Anteil aus Piezokeramik (23) versehen ist und die Schwingung des Zerstäuberelementes piezoelektrisch angeregt ist.
- 10
6. Kraftstoff-Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 5, g e k e n n z e i c h n e t dadurch, daß eine elektronische Schaltung (51) zugeordnet ist, die eine von den Betriebswerten des Motors, wie z.B. Außen- und
- 15 Innentemperatur (53) des Motors und gefordertem Drehmoment (54), abhängige, mit dem Motor synchrone (52) Steuerung der Kraftstoffdosis pro Arbeitstakt vorsieht.
7. Kraftstoff-Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 6, g e k e n n z e i c h n e t dadurch, daß für den Flüssigkeitszerstäuber (21, 121) eine synchron mit dem Einspritzvorgang gesteuerte, taktweise Schwingungsanregung vorgesehen ist.
- 20
8. Betrieb einer Kraftstoff-Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 7, g e k e n n z e i c h n e t dadurch, daß eine minimale Kraftstoffdosierung für den unteren Grenzwert des Leerlaufs bei optimalen Betriebsbedingungen fest eingestellt wird und für augenblicklich
- 25 ungünstigere Betriebsbedingungen Kraftstoff-Mehrbedarf momentan nachgeregelt wird (51).
- 30
9. Betrieb einer Kraftstoff-Einspritzdüse nach Anspruch 8, g e k e n n z e i c h n e t dadurch, daß diese
- 35 Minimeldosierung so gering gehalten wird, daß ihre Ver-

0036617

-14-

80 P 7032 E

nebelung im wesentlichen ausschließlich durch Zerstäubung mittels des Flüssigkeitszerstäubers (21, 121) erfolgt.

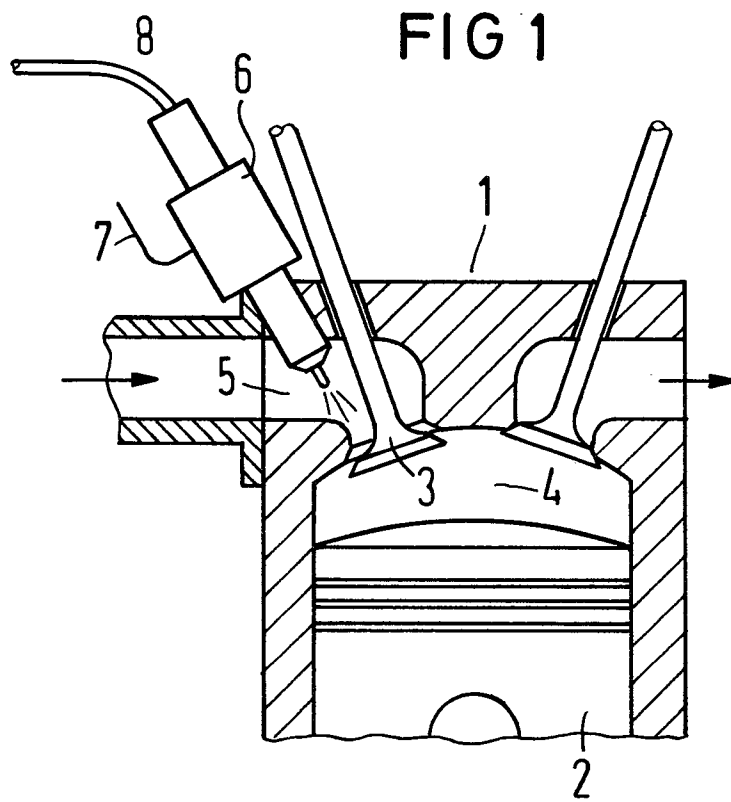


FIG 2

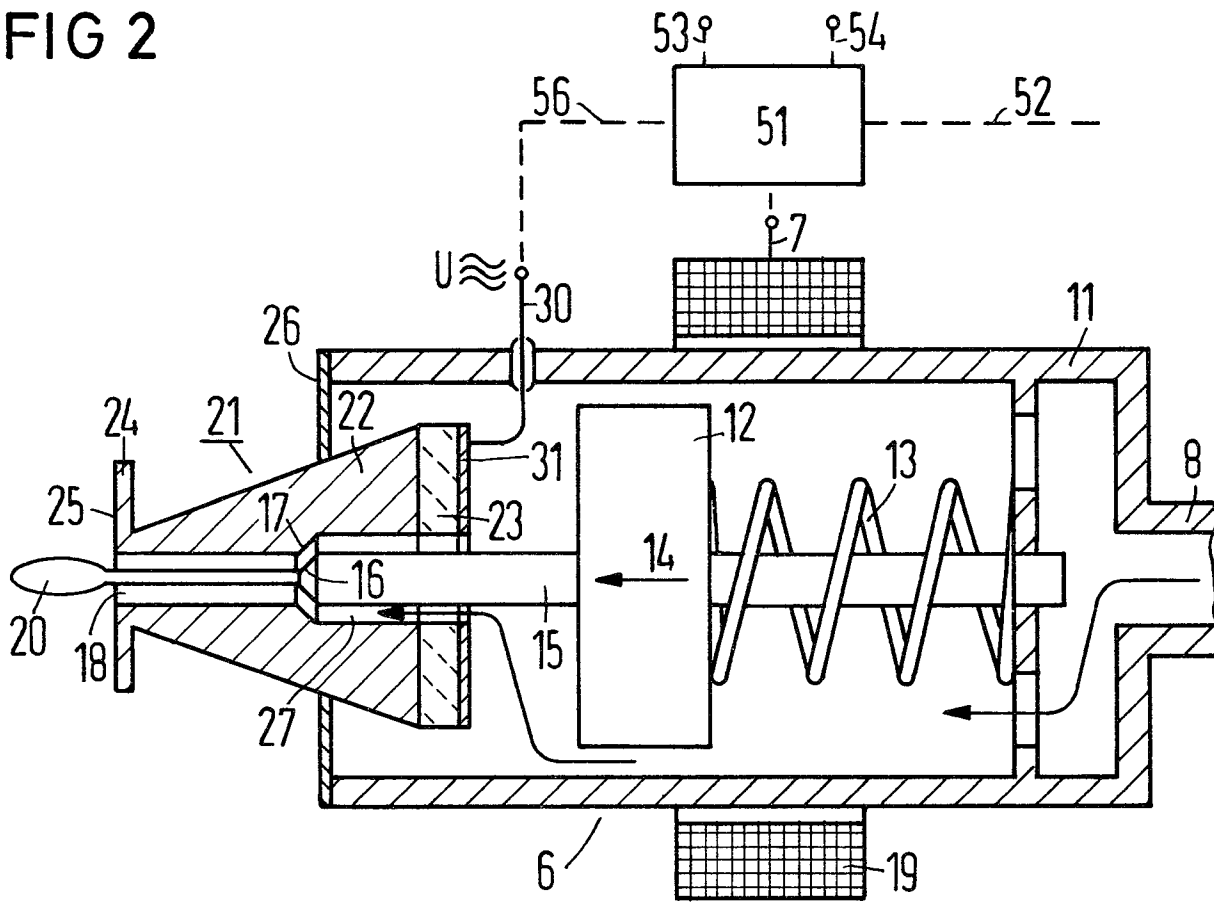


FIG 3

