



(11)

EP 1 954 938 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT
Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
27.08.2014 Patentblatt 2014/35

(51) Int Cl.:
F02M 65/00 (2006.01)

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:
07.04.2010 Patentblatt 2010/14

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2006/067181

(21) Anmeldenummer: **06807073.9**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2007/060055 (31.05.2007 Gazette 2007/22)

(22) Anmeldetag: **09.10.2006**

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR MESSUNG DER EINSPRITZMENGE UND DER EINSPRITZRATE EINES EINSPRITZVENTILS FÜR FLÜSSIGKEITEN**

METHOD AND DEVICE FOR MEASURING THE INJECTION QUANTITY AND THE INJECTION RATE OF AN INJECTION VALVE FOR LIQUIDS

PROCEDE ET DISPOSITIF DE MESURE DE LA QUANTITE D'INJECTION ET DU TAUX D'INJECTION D'UNE SOUPE D'INJECTION POUR DES LIQUIDES

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorität: **23.11.2005 DE 102005056153**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.08.2008 Patentblatt 2008/33

(73) Patentinhaber: **ROBERT BOSCH GMBH 70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:
• **ABT, Juergen 70839 Gerlingen (DE)**
• **KUHN, Ulrich 71272 Renningen (DE)**
• **MARX, Klaus 70563 Stuttgart (DE)**
• **MUELDERS, Stefan 71254 Ditzingen-Heimerdingen (DE)**
• **JANETZKY, Bjoern 71254 Ditzingen (DE)**

• **STRATMANN, Alexander 96120 Bischberg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-2004/040129 DE-A1- 10 064 511 DE-A1- 10 310 114

• **ZEUCH WERNER: "NEUE VERFAHREN ZUR MESSUNG DES EINSPRITZGESETZES UND DER EINSPRITZREGELM[SSIGKEIT VON DIESEL-EINSPRITZPUMPEN" MTZ MOTORTECHNISCHE ZEITSCHRIFT, VIEWEG VERLAG, WIESBADEN, DE, Bd. 22, 1961, Seiten 344-349, XP009075123 ISSN: 0024-8525 in der Anmeldung erwähnt**
• **Abschlussbericht FVV-Vorhaben Nr. 312, 362 und 418 "Einfluss der Kraftstoff-Hochdruckeinspritzung auf die Verbrennung in Dieselmotor.**
• **SAE Paper 2001-01-0527 "Measurement of the Rate of Multiple Fuel Injections with Diesel Fuel and DME.**
• **"Taschenbuch der Physik", Fachbuchverlag Leipzig, 1999, 16. Auflage.**

EP 1 954 938 B2

Beschreibung

Stand der Technik

- 5 **[0001]** Bei der Fertigungs- und Funktionsprüfung von Kraftstoff-Einspritzkomponenten, wie beispielsweise von Einspritzventilen, Common-Rail-Injektoren und anderen Hochdruckeinspritzventilen, sind zur Mengenummessung verschiedene Prüfvorrichtungen und Prüfverfahren im Stand der Technik beschrieben. So ist beispielsweise aus der DE 100 64 511 A1 das Messkolbenprinzip bekannt, bei dem das Einspritzventil Kraftstoff in ein mit einem Prüfmedium gefülltes Messvolumen einspritzt. Der Druck im Messvolumen wird konstant gehalten, indem ein Messkolben durch die Einspritzmenge verdrängt wird. Aus der Verschiebung des Messkolbens kann dann unmittelbar die Einspritzmenge berechnet werden. Dieses Verfahren ist wegen der mechanischen Kolbenbewegung dynamisch begrenzt und kann dadurch die steigenden Anforderungen nach zeitlich hochaufgelöster Messung der Einspritzrate bei modernen Hochdruck-Einspritzsystemen für Brennkraftmaschinen, die pro Einspritzzyklus häufig mehrere Teileinspritzungen umfassen, nicht erfüllen.
- 10 **[0002]** Ein alternatives und genaues Verfahren, wie es beispielsweise in W. Zeuch: "Neue Verfahren zur Messung des Einspritzgesetzes und der Einspritzregelmäßigkeit von Diesel-Einspritzpumpen", Motortechnische Zeitschrift (MTZ) 22 (1961), S. 344 - 349, beschrieben ist, ist das hydraulische Druckanstiegsverfahren (HDV). Hierbei spritzt das Einspritzventil ebenfalls in ein flüssigkeitsgefülltes Messvolumen ein, jedoch wird hier das Messvolumen konstant gehalten. Dadurch kommt es zu einem Druckanstieg im Messvolumen, was mit einem geeigneten Drucksensor gemessen wird. Moderne Drucksensoren auf Piezo-Basis zeichnen sich dabei durch eine sehr kurze Ansprechzeit aus, was zeitlich hochaufgelöste Messungen möglich macht. Aus dem zeitlichen Verlauf des Druckanstiegs lässt sich im Prinzip der Verlauf der Einspritzrate und die eingespritzte Menge berechnen.
- 15 **[0003]** In der Praxis wird dies jedoch durch eine Reihe von Faktoren erschwert: Im Messvolumen V kommt es durch den eingespritzten Kraftstoff zu Druckschwingungen in den entsprechenden Eigenfrequenzen des Messvolumens, wobei diese Eigenfrequenzen von den geometrischen Abmessungen des Messvolumens abhängen. Neben der Grundschiwingung werden in der Regel auch viele Oberschwingungen angeregt, wobei in der Regel mehrere Schwingungsmoden möglich sind. Dies erschwert eine Filterung des Drucksensor-Messsignals, da die Frequenzen der Eigenschwingungen zum Teil im Bereich der Frequenzen des Messsignals liegen.
- 20 **[0004]** Weiter wird eine genaue Messung des Absolutwerts der Einspritzmenge Δm dadurch erschwert, dass die Messgröße des Drucks erst auf die eingespritzte Flüssigkeitsmenge umgerechnet werden muss. Es gilt hierbei

$$\Delta m = \rho \cdot \Delta V = V \cdot \rho / K \cdot \Delta p \quad (I)$$

- 35 wobei K der Kompressionsmodul ist, ρ die Dichte der Flüssigkeit und V das Volumen des Messvolumens. Da sowohl der Kompressionsmodul K als auch die Dichte ρ vom Druck abhängen, ist eine präzise Bestimmung der eingespritzten Menge und insbesondere des zeitlichen Verlaufs der Einspritzrate nur mit eingeschränkter Genauigkeit möglich.
- [0005]** In der DE 102 49 754 A1 wird vorgeschlagen, aus Druckschwingungen, die durch die Einspritzung im Messvolumen induziert werden, die Schallgeschwindigkeit zu berechnen und daraus den Kompressionsmodul zu bestimmen. Damit lässt sich aus der Druckänderung direkt die Einspritzrate berechnen.
- 40 **[0006]** Dieses Verfahren berücksichtigt jedoch nicht die Änderung der Schallgeschwindigkeit durch die Druckerhöhung. Gerade bei Einspritzvorgängen, die aus bis zu fünf Teileinspritzungen bestehen, ist so eine Messung nicht immer mit der nötigen Präzision möglich, die zur Prüfung von modernen Einspritzventilen nötig ist. Auch ist die Berechnung der Schallgeschwindigkeit aus den induzierten Druckschwingungen durch die überlagerten Schwingungen verschiedener Modi nicht immer mit der erforderlichen Genauigkeit möglich.
- 45

Offenbarung der Erfindung

- [0007]** Das erfindungsgemäße Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 weist demgegenüber den Vorteil auf, dass sich aus dem Druckverlauf sehr genau sowohl die Einspritzmenge als auch der Einspritzverlauf, also die Einspritzrate, sehr präzise bestimmen lässt.
- 50 **[0008]** Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird die Schallgeschwindigkeit dadurch ermittelt, dass ein Schallimpuls von einem Schallwandler in das Messvolumen abgegeben wird, der an der gegenüberliegenden, parallelen Grundfläche reflektiert und wiederum von dem Schallwandler als Echo empfangen wird. Aus der Länge des Messvolumens und der Laufzeit des Schallsignals lässt sich direkt die Schallgeschwindigkeit berechnen. Wegen der großen Laufstrecke und damit großen Zeit sind die Messgrößen mit einem relativ geringen Fehler behaftet.
- 55 **[0009]** In einer vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens werden die Messdaten des Druckverlaufs mit Hilfe eines elektronischen Rechners gespeichert, der auch eine direkte Weiterbearbeitung der Daten möglich macht.

[0010] Die nicht erfindungsgemäße Vorrichtung weist ein im Messvolumen vorgesehenen Schallwandler auf, der gleichzeitig als Schallgeber und als Schallempfänger dient. Da hierdurch ein separater Schallempfänger entfällt, ist diese Anordnung kostengünstiger und es entfällt darüber hinaus die Durchführung eines Signalkabels, über das sonst die Messwerte des Schallempfängers an den elektronischen Rechner geleitet werden müssten.

Zeichnung

[0011] In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel einer nicht erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt. Es zeigt

Figur 1 die Messvorrichtung mit den schematisch dargestellten Komponenten und
Figur 2 das Diagramm einer Messung, wobei der Druck und dessen Ableitung über der Zeit abgetragen sind.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

[0012] In der **Figur 1** ist die Messvorrichtung in einer teilweise geschnittenen Darstellung gezeigt. Ein zylinderförmiges Messvolumen 1 mit einer Wandung 2 ist mit einer Prüfflüssigkeit vollständig gefüllt, wobei das Messvolumen 1 allseitig abgeschlossen ist. Die Wandung 2 weist eine erste Grundfläche 102 und eine zweite Grundfläche 202 auf, die durch eine zylindrische Seitenwand 303 verbunden sind, welche eine Längsachse 4 aufweist. Durch eine Öffnung 10 in der ersten Grundfläche 102 der Wandung 2 ragt ein Einspritzventil 3 mit seiner Spitze in das Messvolumen 1, wobei der Durchtritt des Einspritzventils 3 durch die Wandung 2 flüssigkeitsdicht verschlossen ist. Das Einspritzventil 3 weist einen Ventilkörper 7 auf, in dem in einer Bohrung 6 eine kolbenförmige Ventilnadel 5 längsverschiebbar angeordnet ist. Durch eine Längsbewegung der Ventilnadel 5 werden mehrere Einspritzöffnungen 12, die an der in das Messvolumen 1 hineinragenden Spitze des Einspritzventils 3 ausgebildet sind, geöffnet oder geschlossen. Bei geöffneten Einspritzöffnungen 12 strömt Prüfflüssigkeit aus einem zwischen der Ventilnadel 5 und der Wand der Bohrung 6 ausgebildeten Druckraum 9 zu den Einspritzöffnungen 12 und wird von dort in das Messvolumen 1 eingespritzt, bis die Einspritzöffnungen 12 durch die Ventilnadel 5 wieder verschlossen werden. Die Einspritzung der Prüfflüssigkeit erfolgt hierbei mit einem hohen Druck, der je nach verwendetem Einspritzventil mehr als 200 MPa betragen kann.

[0013] In die Seitenwand 303 der zylinderförmigen Wandung 2 mündet eine mit einem Steuerventil 15 verbundene Leitung 16, durch die Prüfflüssigkeit aus dem Messvolumen 1 in ein in der Zeichnung nicht dargestelltes Leckvolumen abgeleitet werden kann. Durch die zeitlich variable Ansteuerung des Steuerventils ist die Aufrechterhaltung eines gewissen Druckes im Messvolumen 1 und die stets vollständige Füllung mit Flüssigkeit sichergestellt.

[0014] Eine Halterung 22 ragt durch die Wandung 2 in das Messvolumen 1 hinein. Am Ende der Halterung 22 ist ein Drucksensor 20 angeordnet, der über eine Signalleitung 24, die in der Halterung 22 aus dem Messvolumen 1 herausgeführt ist, mit einem elektronischen Rechner 28 verbunden ist, wobei der Durchtritt der Halterung 22 durch die Wandung 2 flüssigkeitsdicht verschlossen ist. Der Drucksensor 20 ist in der Mittelebene zwischen den beiden Grundflächen 102, 202 angeordnet und hat somit zu beiden Grundflächen 102, 202 denselben Abstand. Über den elektronischen Rechner 28 kann das den Druck repräsentierende Signal, das der Drucksensor 20 liefert, ausgelesen und elektronisch gespeichert werden. Um eine schnelle Messung des Druckverlaufs zu ermöglichen, ist der Drucksensor 20 beispielsweise auf Piezo-Basis gebaut, so dass auch schnelle Änderungen des Drucks ohne nennenswerte Verzögerung gemessen werden können.

[0015] An der Grundfläche 202 der Wandung 2 ist ein Schallwandler 30 angeordnet, der sowohl Schallsignale aus-senden als auch das zugehörige Echo empfangen kann. Das gesendete Schallsignal wird dabei an der dem Schallwandler 30 gegenüberliegenden Grundfläche 202 reflektiert und durchläuft somit die zweifache Länge des Messvolumens 1, ehe es vom Schallwandler 30 als Echo detektiert wird. Alternativ kann es auch vorgesehen sein, dass ein separater Schallempfänger 31 an der Grundfläche 202 gegenüber dem Schallwandler 30 angeordnet ist. Dies ermöglicht zwei Messungen der Schallgeschwindigkeit in sehr kurzem Zeitabstand: Die Schallgeschwindigkeit wird zum einen aus der Laufzeit des Schallsignals vom Schallwandler 30 zum Schallempfänger 31 bestimmt. Zum anderen kann aus der Laufzeit des von der Grundfläche 202 reflektierten Schallsignals zum Schallwandler 30 zurück eine zweite Messung vorgenommen werden, die zeitlich unmittelbar auf die erste folgt. Dies erlaubt es, die Schallgeschwindigkeit in sehr kurzem zeitlichen Abstand zu messen und bei entsprechend kleinem Messvolumen wegen Mehrfachreflexionen an den Grundflächen 102, 202 auch während der Dauer einer Einspritzung.

[0016] Die zu messende Einspritzmenge Δm der Prüfflüssigkeit kann aus dem Druckanstieg und der Schallgeschwindigkeit berechnet werden. Ist p die Dichte der Prüfflüssigkeit und V das Volumen des Messvolumens, so ergibt sich durch das Einspritzen einer Menge Δm Prüfflüssigkeit bei konstantem Volumen V eine Änderung der Dichte Δp , so dass gilt

$$\Delta m = V \cdot \Delta p$$

[0017] Die Wandung 2 des Messvolumens 2 kann hierbei in guter Näherung als inelastisch angesehen und damit V als konstant betrachtet werden. Nach der bekannten akustischen Theorie ist der Zusammenhang zwischen der Schallgeschwindigkeit c, der Dichteänderung $\Delta\rho$ und dem Druckanstieg Δp wie folgt

$$\Delta\rho = \Delta p \cdot 1/c(p)^2$$

[0018] Die Schallgeschwindigkeit c hängt vom Druck p im Messvolumen 1 ab. Die eingespritzte Menge m ergibt sich dann durch Integration mit Hilfe der genannten Beziehungen zu

$$m = V \cdot \int_{p_v}^{p_n} \frac{1}{[c(p)]^2} dp \quad (II)$$

wobei p_v der Druck vor und p_n der Druck nach der Einspritzung ist. Es gibt also einen Zusammenhang zwischen dem Druckanstieg Δp und der Mengenänderung m bzw. Δm .

[0019] Mit dem Drucksensor 20 wird der zeitliche Verlauf des Drucks p(t) gemessen, woraus sich wiederum die Einspritzrate r(t) bestimmen lässt, also die pro Zeiteinheit dt eingespritzte Menge dm(t) der Prüfflüssigkeit. Aus Gleichung II ergibt sich damit für die Einspritzrate r(t), also die zeitliche Ableitung der eingespritzten Menge dm(t)/dt, folgende Gleichung:

$$r(t) = \frac{dm(t)}{dt} = \frac{d}{dt} V \cdot \int_{p_v}^{p_n} \frac{1}{[c(p)]^2} dp \quad (III)$$

[0020] Beim Einspritzen der Prüfflüssigkeit in das Messvolumen 1, das anfänglich einen konstanten Druck aufweist, der beispielsweise 1 MPa entspricht, steigt der Druck im Messvolumen 1 an. Flüssigkeiten sind im Vergleich zu Gasen praktisch inkompressibel, so dass auch eine kleine Mengenzunahme zu einer gut messbaren Druckerhöhung führt. Hierbei ist zu beachten, dass die Schallgeschwindigkeit vom Druck p und dieser wiederum von der Zeit t abhängt. Da der Einspritzvorgang sehr kurz ist und in der Regel in einem Zeitraum von 1 bis 2 ms abgeschlossen ist, lässt sich die Schallgeschwindigkeit während der Einspritzung nicht messen. Statt dessen wird c vor und nach der Einspritzung gemessen und ein linearer Zusammenhang zwischen der Schallgeschwindigkeit c und dem Druck p angenommen, was hier eine gute Näherung darstellt. Damit lässt sich das Integral lösen und die absolute Menge nach Gleichung II bestimmen.

[0021] Zur Auswertung der Messung geht man folgendermaßen vor: In das Messvolumen 1, in dem sich die Prüfflüssigkeit befindet, spritzt das Einspritzventil 3 durch eine schnelle Längsbewegung der Ventalnadel 5, durch welche die Einspritzöffnungen 12 geöffnet und wieder verschlossen werden, eine bestimmte Flüssigkeitsmenge ein. Der Drucksensor 20 misst den Druck p(t), der mit einer bestimmten Rate von beispielsweise 100 kHz vom Rechner 28 ausgelesen und gespeichert wird.

[0022] Um den zeitlichen Verlauf der Einspritzmenge dm(t)/dt und damit die Einspritzrate r(t) zu bestimmen, benutzt man Gleichung III. Die im Rechner gespeicherten Messwerte p(t) werden in eine Schallgeschwindigkeit umgerechnet, so dass das Integral nach Gleichung III berechnet werden kann. Dies liefert eine Funktion der Zeit t, die anschließend numerisch differenziert wird, was die Einspritzrate r(t) ergibt.

[0023] Die Schallgeschwindigkeit c wird in einem separaten Verfahren bestimmt. Hierzu wird vom Schallwandler 30 ein Schallimpuls ausgesandt, der an der gegenüberliegenden Grundfläche 202 des Messvolumens 1 reflektiert wird und als Echo nach einer Laufzeit t_L wiederum vom Schallwandler aufgefangen wird. Aus dem Abstand s von Schallwandler 30 und Grundfläche 202 berechnet sich dann nach

$$c = 2s / t_L$$

die Schallgeschwindigkeit c. Nach der Gleichung (II) ergibt sich durch Integration über den Druck p die eingespritzte

Menge m .

[0024] Figur 2 zeigt den zeitlichen Verlauf des Drucks $p(t)$ und dessen Ableitung $dp(t)/dt$ als Funktion der Zeit t in willkürlichen Einheiten U . Der Druck $p(t)$ steigt etwa zum Zeitpunkt $t = 1$ ms auf ein erstes Niveau an und etwa zum Zeitpunkt $t = 2$ ms auf ein zweites, deutlich höheres Niveau. Dies entspricht einer Einspritzung, die sich in eine kleinere Menge und eine größere Menge Prüf­flüssigkeit gliedert, wobei die zweite Teileinspritzung der ersten in einem Abstand von etwa 1 ms folgt. Wird ein Einspritzventil gemessen, wie es für direkteinspritzende, selbstzündende Brennkraftmaschinen verwendet wird, entspricht dies einer Kraftstoffeinspritzung, die sich in eine Pilot- oder Voreinspritzung und eine nachfolgende Haupteinspritzung unterteilt. Nachdem das vom Drucksensor 20 gemessene Drucksignal $p(t)$ aufgezeichnet worden ist, ergibt die Auswertung nach Gleichung III die Einspritzrate $r(t)$.

[0025] Das Messverfahren zusammen mit dem beschriebenen Messaufbau ermöglicht es also, den Druckverlauf zu messen und die Schallgeschwindigkeit c bei den aktuellen Prüfbedingungen zu bestimmen, woraus sich die Einspritzmenge und die Einspritzrate bestimmen lässt. Die Prüf­flüssigkeit kann hierbei Kraftstoff oder eine andere Flüssigkeit sein, deren Eigenschaften der Flüssigkeit nahekommen, die im normalen Gebrauch des Einspritzventils verwendet wird. Das Messvolumen 1 muss nicht zylinderförmig ausgebildet sein, sondern kann statt dessen auch quaderförmig oder in einer anderen geeigneten Form ausgebildet sein, beispielsweise kugelförmig. Der Drucksensor kann bei allen Formen des Messvolumens 1 grundsätzlich an jeder Stelle angebracht sein, jedoch sollte eine direkte Beaufschlagung mit dem eingespritzten Kraftstoff vermieden werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Messung der Einspritzrate eines Einspritzventils für Flüssigkeiten, vorzugsweise für flüssigen Kraftstoff, bei dem das Einspritzventil (3) die Flüssigkeit in ein flüssigkeitsgefülltes Messvolumen (1) einspritzt, wobei das Messvolumen (1) allseitig abgeschlossen ist und im Messvolumen (1) ein Drucksensor (20) angeordnet ist, **gekennzeichnet durch** folgende Verfahrensschritte:

- Einspritzung von Flüssigkeit **durch** das Einspritzventil (3) in das Messvolumen (1),
- Messung des Drucks ($p(t)$) im Messvolumen (1) mittels des Drucksensors (20) während der Einspritzung und Aufzeichnung dieser Messwerte,
- Bestimmung der Schallgeschwindigkeit (c) im Messvolumen (1) wenigstens vor und nach der Einspritzung,
- Bestimmung der druckabhängigen Schallgeschwindigkeit $c(p)$ aus der Bestimmung der Schallgeschwindigkeit vor und nach der Einspritzung, indem ein linearer Zusammenhang zwischen der Schallgeschwindigkeit c und dem Druck (p) angenommen wird,
- Bestimmung der eingespritzten Prüf­flüssigkeits-Menge ($m(t)$; Δm) aus den Druckmesswerten ($p(t)$) und der bestimmten druckabhängigen Schallgeschwindigkeit ($c(p)$), wobei die Schallgeschwindigkeit (c) aus der Laufzeit eines von einem Schallwandler (30) ausgesendeten und dessen Echo empfangenden Schallsignals bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Druckmesswerte ($p(t)$) während der Einspritzung von einem elektronischen Rechner (28) aufgezeichnet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schallgeschwindigkeit (c) durch die Laufzeit eines Schallsignals im Messvolumen (1) bestimmt wird.

Claims

1. Method for measuring the injection rate of an injection valve for liquids, preferably for liquid fuel, in which method the injection valve (3) injects the liquid into a liquid-filled measuring volume (1), with the measuring volume (1) being closed on all sides and with a pressure sensor (20) being arranged in the measuring volume (1), **characterized by** the following method steps:

- injecting liquid through the injection valve (3) into the measuring volume (1),
- measuring the pressure ($p(t)$) in the measuring volume (1) by means of the pressure sensor (20) during the injection and plotting said measurement values,
- determining the speed of sound (c) in the measuring volume (1) at least before and after the injection,
- determining the pressure-dependent speed of sound $c(p)$ from the determination of the speed of sound before and after the injection, by assuming a linear correlation between the speed of sound (c) and the pressure (p),

- determining the injected test liquid quantity ($m(t)$; Δm) from the pressure measurement values ($p(t)$) and the determined pressure-dependent speed of sound ($c(p)$), with the speed of sound (c) being determined from the propagation time of a sound signal emitted by a sound transducer (30) which receives the echo of said sound signal.

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the pressure measurement values ($p(t)$) during the injection are plotted by an electronic computer (28).
3. Method according to Claim 1, **characterized in that** the speed of sound (c) is determined by means of the propagation time of a sound signal in the measuring volume (1).

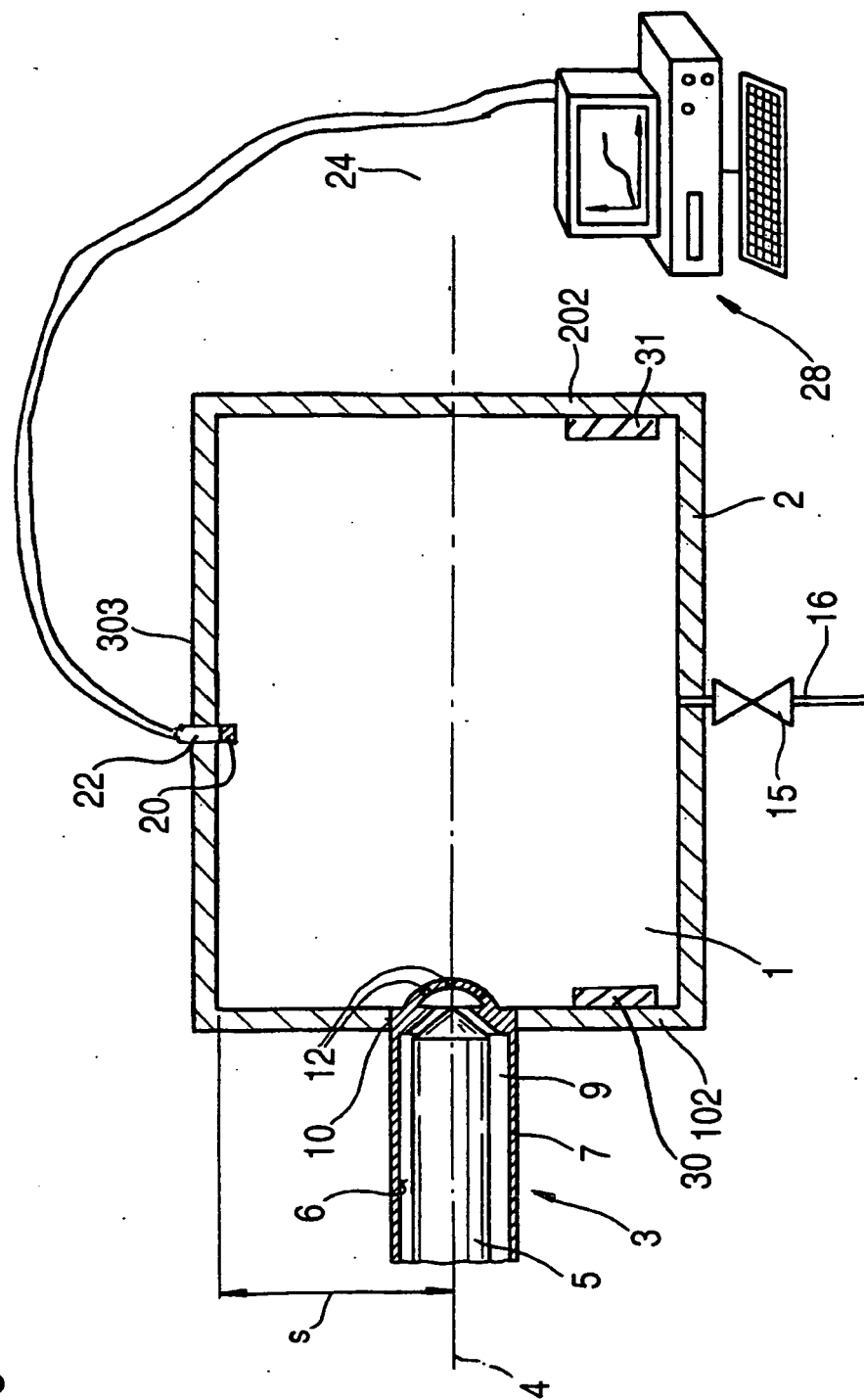
Revendications

1. Procédé de mesure du taux d'injection d'une soupape d'injection pour liquides, de préférence pour carburant liquide, dans lequel la soupape d'injection (3) injecte le liquide dans un volume de mesure (1) rempli de liquide, le volume de mesure (1) étant fermé de tous les côtés et un capteur de pression (20) étant disposé dans le volume de mesure (1), **caractérisé par** les étapes de procédé suivantes :

- injection de liquide à travers la soupape d'injection (3) dans le volume de mesure (1),
- mesure de la pression ($p(t)$) dans le volume de mesure (1) au moyen du capteur de pression (20) pendant l'injection et enregistrement de ces valeurs de mesure,
- détermination de la vitesse du son (c) dans le volume de mesure (1) au moins avant et après l'injection,
- détermination de la vitesse du son dépendant de la pression $c(p)$ à partir de la détermination de la vitesse du son avant et après l'injection, en supposant une relation linéaire entre la vitesse du son (c) et la pression (p),
- détermination de la quantité de liquide d'essai injectée ($m(t)$; Δm) à partir des valeurs de mesure de la pression ($p(t)$) et de la vitesse du son dépendant de la pression ($c(p)$) déterminée, la vitesse du son (c) étant déterminée à partir de la durée d'un signal sonore envoyé, et de son écho reçu, par un convertisseur de son (30).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les valeurs de mesure de pression ($p(t)$) sont enregistrées pendant l'injection par un calculateur électronique (28).
3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la vitesse du son (c) est déterminée par la durée d'un signal sonore dans le volume de mesure (1).

Fig. 1



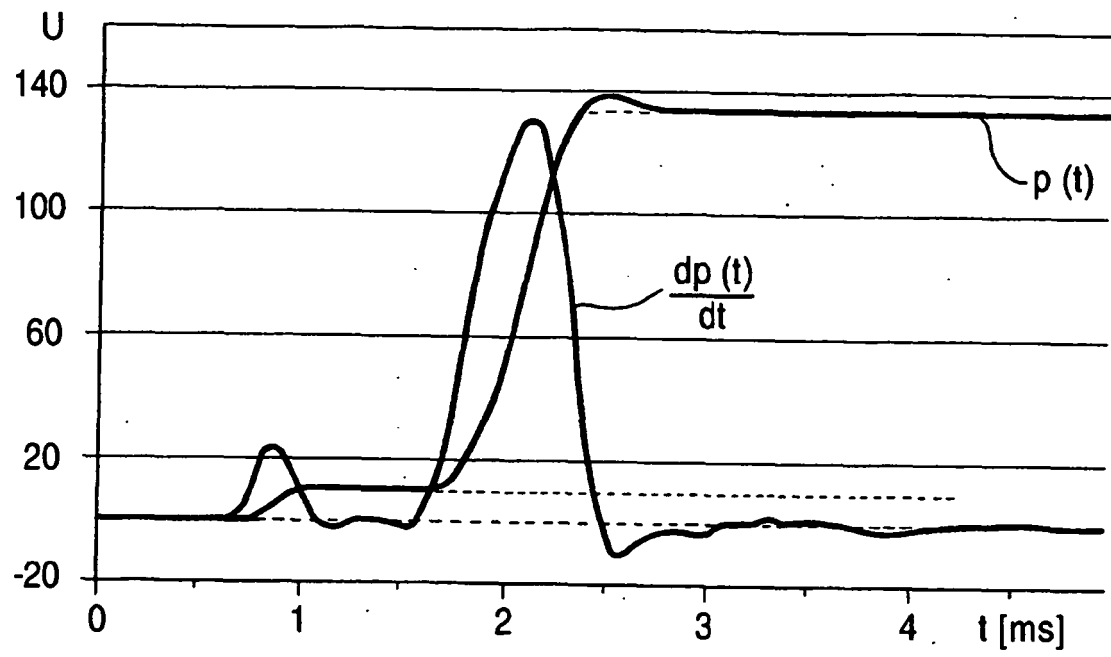


Fig. 2

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 10064511 A1 [0001]
- DE 10249754 A1 [0005]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **W. ZEUCH.** Neue Verfahren zur Messung des Einspritzgesetzes und der Einspritzregelmäßigkeit von Diesel-Einspritzpumpen. *Motortechnische Zeitschrift (MTZ)*, 1961, vol. 22, 344-349 [0002]