



(11) **EP 1 711 704 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**05.03.2008 Patentblatt 2008/10**

(21) Anmeldenummer: **06704233.3**

(22) Anmeldetag: **20.01.2006**

(51) Int Cl.:  
**F02D 41/22<sup>(2006.01)</sup> F02D 41/38<sup>(2006.01)</sup>**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2006/050334**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2006/079606 (03.08.2006 Gazette 2006/31)**

(54) **VERFAHREN ZUM ÜBERWACHEN DER FUNKTIONSFÄHIGKEIT EINES KRAFTSTOFFEINSPRITZSYSTEMS**

METHOD FOR MONITORING THE OPERABILITY OF A FUEL INJECTION SYSTEM

PROCEDE POUR SURVEILLER LE BON FONCTIONNEMENT D'UN SYSTEME D'INJECTION DE CARBURANT

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE FR GB IT**

(30) Priorität: **31.01.2005 DE 102005004423**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**18.10.2006 Patentblatt 2006/42**

(73) Patentinhaber: **Siemens VDO Automotive AG**  
**93055 Regensburg (DE)**

(72) Erfinder: **HOFMEISTER, Carl-Eike**  
**93059 Regensburg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**DE-A1- 19 757 594 FR-A- 2 817 915**  
**US-A- 5 616 837 US-A- 5 708 202**

**EP 1 711 704 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Überwachen der Funktionsfähigkeit eines Kraftstoffeinspritzsystems gemäß Anspruch 1.

**[0002]** Im Stand der Technik sind verschiedenste Verfahren zum Überwachen der Funktionsfähigkeit eines Kraftstoffeinspritzsystems bekannt. Die immer strenger werdenden Abgasvorschriften erfordern eine zunehmende Präzision der Kraftstoffeinspritzanlagen von Brennkraftmaschinen. Deshalb steigen auch die Anforderungen an die Verfahren zur Überwachung der Funktionalität von Kraftstoffeinspritzanlagen.

**[0003]** Aus DE 198 56 203 C2 ist ein Kraftstoffversorgungssystem für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeuges bekannt, bei dem Kraftstoff von einer Pumpe in einen Druckspeicher gepumpt wird. An den Druckspeicher sind Einspritzventile angeschlossen, die gemäß einer Ansteuerung durch ein Steuergerät den Kraftstoff der Brennkraftmaschine zuführen. Zur Überwachung der Funktionsfähigkeit des Kraftstoffversorgungssystems wird vom Steuergerät eine Druckänderung im Druckspeicher veranlasst. Anschließend wird die Zeit erfasst, die zur Einstellung der Druckänderung benötigt wird. Die erfasste Zeit wird mit experimentell ermittelten Zeitwerten verglichen und auf einen Fehler geschlossen, wenn die erfassten Zeitwerte nicht den abgelegten Zeitwerten entsprechen.

**[0004]** Weiterhin ist es aus DE 199 46 506 C1 bekannt, eine Fehlfunktion im Drucksystem einer Kraftstoffeinspritzanlage dadurch zu überwachen, dass die Druckänderung des Drucksystems erfasst wird und periodische Druckschwankungen ermittelt werden. Es wird eine Fehlermeldung ausgegeben, wenn die Periodizität des registrierten Druckmesssignals hinsichtlich der Amplitude und/oder Gleichförmigkeit der Schwankungen des Drucks deutlich von dem Muster abweicht, das bei fehlerfreiem Betrieb des Systems zu erwarten ist.

**[0005]** Aus DE 19 757 594 A ist ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bekannt.

**[0006]** Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein verbessertes Verfahren zur Überwachung der Funktionsfähigkeit eines Kraftstoffeinspritzsystems bereit zu stellen.

**[0007]** Die Aufgabe der Erfindung wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Das Verfahren gemäß Anspruch 1 hat den Vorteil, dass eine Analyse der Fehlerursache durchgeführt wird und eine genauere Ermittlung der Fehlerquelle ermöglicht wird.

**[0008]** Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

**[0009]** In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird als Fehlerquelle die Dichtigkeit des Einspritzsystems erkannt, wenn bei einer Änderung der Einspritzmenge der Sollwert im Druckspeicher unterschritten wird und sich ein konstanter Druck im Druckspeicher einstellt. Auf diese Weise können Undichtigkeiten im Druck-

system des Einspritzsystems genau erkannt werden. Somit können entsprechende Notprogramme vom Steuergerät abgearbeitet werden.

**[0010]** In einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird bei einer Änderung der Einspritzmenge und bei einem Unterschreiten des Sollwerts im Druckspeicher und einem sich entgegen der Änderung der Einspritzmenge ändernden Kraftstoffdrucks im Druckspeicher die Kraftstoffzuführung als Fehlerquelle erkannt. Somit kann mit dem beschriebenen Verfahren eine Überwachung des Kraftstoffzuführungssystems durchgeführt werden und bei Erkennen einer Fehlfunktion des Kraftstoffzuführungssystems vom Steuergerät ein entsprechendes Notprogramm verwendet werden.

**[0011]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird der Druck im Druckspeicher nach einer Änderung der Einspritzmenge über einen Zeitraum von 1 sec. erfasst und der während der Messzeit erfasste Druck mit einem Sollwert oder Sollwertverlauf verglichen. Durch den längeren Zeitraum werden kurzzeitige Fehler, die beispielsweise durch defekte Einspritzventile auftreten können, herausgemittelt. Damit werden nur Fehler erkannt, die vom Einspritzsystem und nicht von den Einspritzventilen verursacht werden.

**[0012]** Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines Kraftstoffeinspritzsystems;

Figur 2 zwei Diagramme zur Erfassung eines ersten Fehlerfalls; und

Figur 3 zwei Diagramme zur Erfassung eines zweiten Fehlerfalls.

**[0013]** Figur 1 zeigt in einer schematischen Darstellung ein Kraftstoffeinspritzsystem für eine Brennkraftmaschine, insbesondere ein Common-Rail-Einspritzsystem. Das Einspritzsystem weist einen Hochdruckspeicher 1 auf, der mit Einspritzventilen 2 verbunden ist. Zudem ist der Hochdruckspeicher 1 über eine Zuleitung 3 mit einem Kraftstoffzuführungssystem 4 verbunden. Das Kraftstoffzuführungssystem ist an einen Kraftstofftank 5 angeschlossen. Weiterhin ist ein Steuergerät 6 vorgesehen, das abhängig von Betriebsbedingungen einer Brennkraftmaschine 8 das Kraftstoffzuführungssystem 4 und die Einspritzventile 2 steuert. Dazu weist das Steuergerät 6 einen Datenspeicher 7 auf, in dem entsprechende Steuerprogramme abgespeichert sind. Zum Ansteuern des Kraftstoffzuführungssystems 4 ist eine Steuerleitung 11 zwischen dem Steuergerät 6 und dem Kraftstoffzuführungssystem 4 vorgesehen. Weiterhin sind an der Brennkraftmaschine 8 Sensoren 9 angeordnet, die die Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine 8 erfassen. Als Betriebsbedingungen werden beispielsweise die Drehzahl und die Gaspedalstellung ermittelt und an das Steuergerät 6 weitergeleitet. Zudem sind auch Steuerleitungen zwischen den Einspritzventilen 2 und dem Steuergerät 6 zur Ansteuerung der Einspritzventile 2 ausgebildet.

Weiterhin ist am Hochdruckspeicher 1 ein Drucksensor 10 vorgesehen, der den Kraftstoffdruck im Hochdruckspeicher 1 erfasst und an das Steuergerät 6 weiterleitet.

**[0014]** Die Aufgabe des Kraftstoffzuführsystems 4 besteht darin, den Hochdruckspeicher 1 gemäß der Ansteuerung durch das Steuergerät 6 mit Kraftstoff mit einem gewünschten Solldruck zu versorgen. Dazu kann das Kraftstoffzuführsystem 4 verschiedene Komponenten aufweisen. In der dargestellten Ausführungsform weist das Kraftstoffzuführsystem 4 eine Kraftstoffpumpe 12 und ein zwischen dem Kraftstofftank 5 und der Kraftstoffpumpe 12 geschaltetes Zuflussregelventil 13 auf. Zudem ist in der Zuleitung 3 zwischen der Kraftstoffpumpe 12 und dem Hochdruckspeicher 1 ein Druckventil 14 geschaltet, dessen Ausgang mit einem Rücklauf 15 verbunden ist.

**[0015]** Für die Steuerung der dem Hochdruckspeicher 1 zugeführten Kraftstoffmenge wird vom Steuergerät 6 ein Durchflussquerschnitt des Zuflussregelventils 13 weiter oder weniger weit aufgesteuert, so dass von der Kraftstoffpumpe 12 mehr oder weniger Kraftstoff in den Hochdruckspeicher 1 befördert werden kann. Zudem steht als weiteres Mittel zur Beeinflussung des Kraftstoffdrucks im Hochdruckspeicher 1 das Druckventil 14 zur Verfügung, das ebenfalls vom Steuergerät 6 angesteuert wird. Wird das Druckventil 14 vom Steuergerät 6 aufgesteuert, so wird Kraftstoff, der von der Kraftstoffpumpe 12 bereits verdichtet und in die Zuleitung 3 gepumpt wurde, über den Rücklauf 15 zurück in den Kraftstofftank 5 befördert. Damit wird der Kraftstoffdruck im Hochdruckspeicher 1 gesenkt.

**[0016]** Während des Betriebes der Brennkraftmaschine wird in Abhängigkeit von festgelegten Steuerprogrammen abhängig von Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine 8 die Kraftstoffzufuhr zum Hochdruckspeicher 1, der Kraftstoffdruck im Hochdruckspeicher 1 und die von den Einspritzventilen 2 abgegebene Kraftstoffmenge eingestellt.

**[0017]** Der Kraftstoffdruck, mit dem der Kraftstoff eingespritzt wird, ist für die Abgasqualität der Brennkraftmaschine ein wesentliches Merkmal und deshalb präzise einzuhalten. Zudem ist der Kraftstoffdruck im Hochdruckspeicher auch ein Messsignal, das für eine Fehleranalyse des Einspritzsystems verwendet werden kann.

**[0018]** Figur 2 zeigt in einem oberen Diagramm den zeitlichen Verlauf der Kraftstoffmenge, der von den Einspritzventilen 2 abgegeben wird. Im unteren Diagramm ist dazu zeitlich parallel der Verlauf des Druckes im Hochdruckspeicher 1 aufgetragen, der vom Drucksensor 10 erfasst wird. Das obere Diagramm zeigt, dass die Kraftstoffmenge zum Zeitpunkt  $t_0$  von einem oberen Wert auf einen niedrigeren Wert zum Zeitpunkt  $t_1$  abfällt und anschließend wieder auf einen höheren Wert zum Zeitpunkt  $t_2$  ansteigt, um wiederum zu einem Zeitpunkt  $t_3$  auf einen niedrigeren Wert abzufallen. Die Zeitdauer zwischen dem 0ten Zeitpunkt  $t_0$  und dem dritten Zeitpunkt  $t_3$  ist länger als 1 Sekunde.

**[0019]** Parallel dazu ist im unteren Diagramm sowohl

der Sollwert des Kraftstoffdruckes als auch der gemessene Druck  $p$  über die Zeit aufgetragen. Der Sollwert wird von Steuerprogrammen abhängig von Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine vorgegeben. Das Steuergerät 6 steuert das Kraftstoffzuführsystem 4 so an, dass der Solldruck eingestellt wird. Aus dem unteren Diagramm ist ersichtlich, dass während der Messdauer, d. h. vom 0ten Zeitpunkt bis zum dritten Zeitpunkt  $t_3$  der erfasste Druckwert  $p$  nahezu konstant bleibt und unter dem Solldruck liegt.

**[0020]** Damit erkennt das Steuergerät 6, dass eine Fehlfunktion des Kraftstoffzuführsystems 4 vorliegt. Weiterhin erkennt das Steuergerät 6 aufgrund der vorliegenden Situation, dass sich die eingespritzte Kraftstoffmenge über die Zeit ändert und der im Hochdruckspeicher 1 vorherrschende Kraftstoffdruck nahezu konstant und unter dem Solldruck bleibt, dass eine Fehlfunktion des Druckventils vorliegt. Für die Erkennung eines nahezu konstanten Drucks wird ein Druckbereich von beispielsweise 3% festgelegt, in dem sich der Druck im Hochdruckspeicher 1 während der Messung ändern kann, wobei jedoch das Steuergerät 6 trotzdem einen konstanten Kraftstoffdruck im Hochdruckspeicher 1 erkennt.

**[0021]** Wird vom Steuergerät 6 ein Fehler im Druckventil 14 erkannt, so wird ein entsprechend vorbereitetes Notprogramm vom Steuergerät 6 für die weitere Ansteuerung des Kraftstoffzuführsystems 4 und/oder der Einspritzventile 2 verwendet. Das Notprogramm ist im Speicher 7 des Steuergeräts 6 abgelegt.

**[0022]** In Figur 3 wird ein weiterer Fehlerfall dargestellt.

**[0023]** Figur 3 zeigt im oberen Diagramm wieder die zeitliche Änderung der von den Einspritzventilen 2 eingespritzten Kraftstoffmenge. Im unteren Diagramm ist der Sollwert des Kraftstoffdruckes und der gemessene Kraftstoffdruck  $p$  parallel über die Zeit aufgetragen. Auch in dieser Situation wird der von den Einspritzventilen 2 eingespritzte Kraftstoff in der Menge vom Zeitpunkt  $t_0$  von einem hohen Wert auf einen niedrigeren Wert zum ersten Zeitpunkt  $t_1$  gesenkt, anschließend wieder auf einen höheren Wert zum zweiten Zeitpunkt  $t_2$  erhöht und daraufhin wieder auf einen niedrigeren Wert zum dritten Zeitpunkt  $t_3$  gesenkt. Der Zeitraum zwischen dem 0ten Zeitpunkt  $t_0$  und dem dritten Zeitpunkt  $t_3$  entspricht ungefähr 1 Sekunde.

**[0024]** Der zeitliche Verlauf des gemessenen Drucks im Hochdruckspeicher 1 weist eine der Kraftstoffänderung entgegengesetzte Druckänderung auf, d. h. während die eingespritzte Kraftstoffmenge abnimmt, nimmt der Kraftstoffdruck im Hochdruckspeicher 1 zu und umgekehrt. Damit wird vom Steuergerät 6 eindeutig eine Fehlfunktion des Zuflussregelventils 13 erkannt. Bei Erkennen einer Fehlfunktion des Zuflussregelventils 13 wird vom Steuergerät 6 ein entsprechendes Notprogramm für die weitere Ansteuerung des Zuführsystems 4 und/oder der Einspritzventile 2 verwendet.

**[0025]** Das Notprogramm, das bei einer Fehlfunktion des Zuflussregelventils eingesetzt wird, erniedrigt beispielsweise die von den Einspritzventilen 2 einzusprit-

zende Kraftstoffmenge. Bei erkennen eines defekten Druckventils wird zudem beispielsweise der Sollwert des Drucks limitiert.

**[0026]** In Abhängigkeit von der Anwendung können auch weitere Parameter bei den zu verwendenden Notprogrammen begrenzt oder verändert werden.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Überwachen einer Funktionsfähigkeit eines Einspritzsystems einer Brennkraftmaschine, mit einem Druckspeicher (1), mit einem am Druckspeicher angeschlossenen Einspritzventil (2), mit einem regelbaren Kraftstoffzuführsystem (4), das den Druckspeicher (1) mit Kraftstoff versorgt, mit einem Drucksensor (10), der am Druckspeicher (1) vangeschlossen ist und den Druck im Druckspeicher (1) erfasst, mit einem Steuergeräte (6), dem der Druck im Druckspeicher über den Drucksensor (10) zugeführt wird und das die vom Einspritzventil (2) abgeführte und die vom Kraftstoffzuführsystem zugeführte Kraftstoffmenge abhängig von Betriebsparametern der Brennkraftmaschine gesteuert wird, wobei die vom Einspritzventil (2) abzugebene Kraftstoffmenge verändert wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** der sich daraufhin einstellende Druck erfasst wird, wobei der sich einstellende Druck mit einem Sollwert für die gegebenen Betriebsbedingungen verglichen wird, und abhängig von der Abweichung des gemessenen Drucks vom Vergleichswert und bei Unterschreiten des Sollwertes eine Fehlerquelle erkannt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer Änderung der Einspritzmenge, bei einem Unterschreiten des Sollwertes im Druckspeicher (1) und bei einem annähernd konstanten Druck im Druckspeicher (1) als Fehlerquelle ein am Druckspeicher angeschlossenes Druckventil (14) erkannt wird, das den gewünschten Druck nicht einstellen kann.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer Änderung der Einspritzmenge, bei einem Unterschreiten des Sollwertes im Druckspeicher (1) und bei einem sich entgegen der Änderung der Einspritzmenge ändernden Kraftstoffdruck im Druckspeicher (1), als Fehlerquelle das Kraftstoffzuführsystem erkannt wird, das nicht ausreichend Kraftstoff zuführt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druck über eine Messzeit von 1 Sekunde erfasst wird und das zeitliche Verhalten des Drucks während der Messzeit mit einem Sollwertverlauf verglichen wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** abhängig vom erkannten Fehler ein entsprechendes Notprogramm zur Steuerung von dem Steuergerät verwendet wird, wobei für die verschiedenen Fehler entsprechende Notprogramme für das Steuergerät zur Verfügung stehen.

### 10 Claims

1. Method for monitoring the operability of an injection system of an internal combustion engine, comprising a pressure accumulator (1), an injection valve (2) connected to the pressure accumulator, a controllable fuel supply system (4) which delivers fuel to the pressure accumulator (1), a pressure sensor (10) which is connected to the pressure accumulator (1) and measures the pressure in the pressure accumulator, a control unit (6) to which the pressure in the pressure accumulator is fed via the pressure sensor (10) and which controls the quantity of fuel delivered by the injection valve (2) and supplied from the fuel supply system as a function of operating parameters of the internal combustion engine, wherein the quantity of fuel delivered by the injection valve (2) is varied, **characterised in that** the pressure then obtaining is measured, the pressure obtaining is compared with a setpoint pressure for the given operating conditions, and the source of the fault is detected depending on the deviation of the measured pressure from the comparison value and if the pressure is below the setpoint value.
2. Method according to claim 1, **characterised in that**, if the injection quantity changes and the pressure is below setpoint in the pressure accumulator (1) and approximately constant pressure obtains in the pressure accumulator (1), a pressure valve (14) connected to the pressure accumulator and which cannot set the desired pressure is detected as the source of the fault.
3. Method according to claim 1, **characterised in that**, if the injection quantity changes and the pressure is below setpoint in the pressure accumulator (1) and the pressure in the pressure accumulator (1) changes contrary to the change in the injection quantity, the fuel supply system which does not supply sufficient fuel is detected as the source of the fault.
4. Method according to one of claims 1 to 3, **characterised in that** the pressure is measured over a measuring period of 1 second and the time response of the pressure during the measuring period is compared with a setpoint response.
5. Method according to one of claims 1 to 3, **characterised in that** the pressure is measured over a measuring period of 1 second and the time response of the pressure during the measuring period is compared with a setpoint response.

**terised in that**, depending on the fault detected, an appropriate emergency program for control by the control unit is used, appropriate emergency programs being available to the control unit for the various malfunctions.

## Revendications

1. Procédé pour contrôler un bon fonctionnement d'un système d'injection d'un moteur à combustion interne, comprenant un accumulateur de pression (1), une soupape d'injection (2) raccordée à l'accumulateur de pression, un système d'arrivée de carburant (4) réglable, qui alimente l'accumulateur de pression (1) en carburant, un capteur de pression (10), qui est raccordé à l'accumulateur de pression (1) et enregistre la pression dans l'accumulateur de pression, un appareil de commande (6) auquel la pression dans l'accumulateur de pression est amenée par le capteur de pression (10) et la quantité de carburant évacuée par la soupape d'injection (2) et la quantité de carburant amenée par le système d'arrivée de carburant sont commandées en fonction de paramètres de service du moteur à combustion interne, la quantité de carburant à fournir par la soupape d'injection (2) étant modifiée, **caractérisé en ce que** la pression s'établissant alors est enregistrée, la pression s'établissant étant comparée avec une pression de consigne pour les conditions de service données, et une source d'erreur étant identifiée en fonction de l'écart de la pression mesurée par rapport à la valeur de comparaison et en cas de sous-dépassement de la pression de consigne.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, dans le cas d'une variation de la quantité injectée, dans le cas d'un sous-dépassement de la pression de consigne dans l'accumulateur de pression (1) et dans le cas d'une pression approximativement constante dans l'accumulateur de pression (1), on identifie comme source d'erreur une soupape de pression (14) raccordée à l'accumulateur de pression qui ne peut pas régler la pression souhaitée.
3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, dans le cas d'une variation de la quantité injectée, dans le cas d'un sous-dépassement de la pression de consigne dans l'accumulateur de pression (1) et dans le cas d'une pression de carburant dans l'accumulateur de pression (1) variant dans le sens contraire à la variation de la quantité injectée, on identifie comme source d'erreur le système d'arrivée de carburant (6) qui n'amène pas suffisamment de carburant.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la pression est enre-

gistrée pendant un temps de mesure de 1 seconde et le comportement dans le temps de la pression est comparé pendant le temps de mesure avec une courbe de valeurs de consigne.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que**, en fonction du défaut détecté, on utilise un programme de secours approprié pour la commande par l'appareil de commande, de sorte que les programmes de secours appropriés pour les divers défauts sont mis à disposition pour l'appareil de commande.

FIG 1

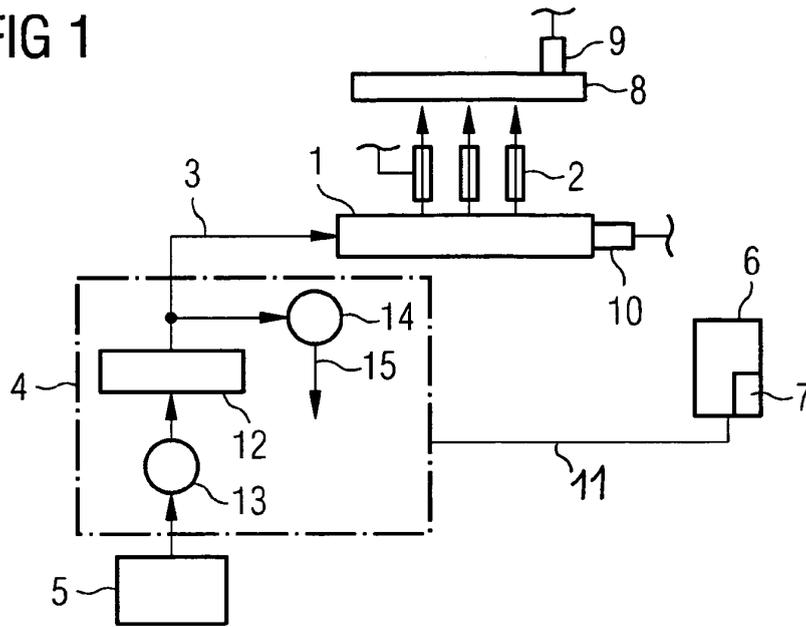


FIG 2

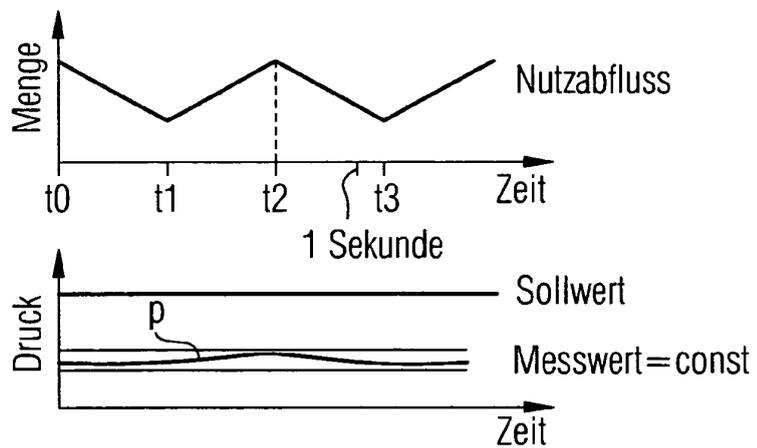
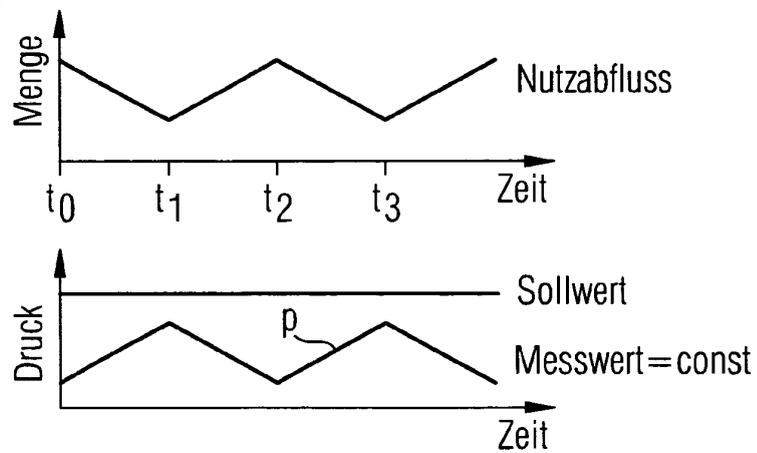


FIG 3



## EP 1 711 704 B1

### 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 19856203 C2 [0003]
- DE 19946506 C1 [0004]
- DE 19757594 A [0005]