



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 205 298.8**

(22) Anmeldetag: **29.03.2017**

(43) Offenlegungstag: **04.10.2018**

(51) Int Cl.: **F01N 11/00 (2006.01)**

**F01N 3/10 (2006.01)**

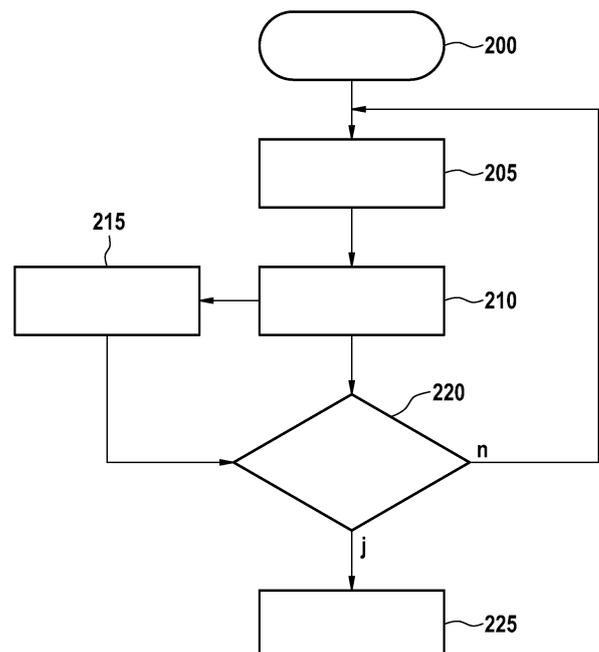
(71) Anmelder:  
**Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Mueller, Johannes Georg, 71636 Ludwigsburg,  
DE; Gepperth, Sebastian, 70176 Stuttgart, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Bestimmung von Mengenabweichungen bei einem fluidischen Dosiersystem**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erkennen von Mengenabweichungen bei einem fluidischen Dosiersystem (100 - 165) insbesondere einer Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, bei dem wenigstens eine Förderpumpe (125) zum Fördern eines Fluids sowie wenigstens ein Drucksensor (135) zur Ermittlung eines fluidischen Drucks in dem Dosiersystem (100 - 165) angeordnet sind, wobei insbesondere vorgesehen ist, dass eine Testzumessung von Fluid durchgeführt wird (205), dass ein zeitlicher Druckabfall in dem Dosiersystem (100 - 165) erfasst wird (210), dass der erfasste zeitliche Druckabfall mit einem theoretisch zu erwartenden Druckabfall (215) verglichen wird (220), und dass anhand des Ergebnisses des Vergleichs eine Mengenabweichung des Dosiersystems (100 - 165) bestimmt wird (225).



### Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erkennen von Mengenabweichungen bei einem fluidischen bzw. hydraulischen Dosiersystem insbesondere einer Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, bei dem wenigstens eine Förderpumpe zum Fördern eines Fluids sowie wenigstens ein Drucksensor zur Ermittlung eines Drucks in dem Dosiersystem angeordnet sind. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Computerprogramm, einen maschinenlesbaren Datenträger zur Speicherung des Computerprogramms und ein elektronisches Steuergerät, mittels derer das erfindungsgemäße Verfahren durchführbar ist.

### Stand der Technik

**[0002]** Um Schadstoffemissionen von Kraftfahrzeugen zu beschränken, werden die zulässigen Grenzwerte weltweit immer weiter gesenkt. Gegenwärtig werden geänderte Emissionsgesetzgebungen (z.B. Euro 6) sowie neue Testzyklen (WLTP: Worldwide Harmonized Light Duty Test Procedure oder RDE: Real Driving Emission, voraussichtlich ab 2017) diese zulässigen Werte noch weiter reduzieren. Die Einhaltung dieser Grenzwerte wird für alle Fahrzeugklassen nur mit einer aktiven Abgasnachbehandlung möglich sein.

**[0003]** Die Denoxtronic (DNOX) eines SCR-(Selective Catalytic Reduction)-Dosiersystems dient der Einspritzung von sogenanntem „AdBlue“, einer Harnstoff-Wasser-Lösung (HWL) von 32,5 % Harnstoff in Wasser, in den Abgasstrom vor einem SCR-Katalysator. Der Harnstoff wird durch Thermolyse und Hydrolyse in Ammoniak umgesetzt. Im SCR-Katalysator reduziert das Ammoniak die Stickoxide zu Wasser und Stickstoff.

**[0004]** In modernen Dieselmotoren mit einem SCR-System werden NO<sub>x</sub>-Rohemissionen mittels eines genannten DNOX Harnstoff-Dosiersystems erheblich reduziert. Zukünftige DNOX-Systeme umfassen eine volumetrische Förderpumpe bzw. Fördermodul sowie einen Drucksensor. Die Systeme werden rein gesteuert betrieben und verfügen über einen Rücklauf für nicht verbrauchte AdBlue-Lösung in den genannten Tank. Die Förderpumpe stellt meist eine Verdrängerpumpe mit analogem Konstruktionsprinzip bzw. analoger Arbeitsweise dar. Daher kann bei Kenntnis des Verdrängungsvolumens der (Förderpumpen-) Massenstrom relativ einfach bestimmt werden.

**[0005]** Ein Verfahren zur Mengenüberwachung eines hier betroffenen Dosiersystems geht aus DE 10 2013 218 897 A1 hervor, bei dem Abweichungen der Förderleistung einer genannten Förderpumpe sowie eine mögliche Leckage des Leitungssystems erkannt werden. Die Genauigkeit der Mengenüberwachung wird dabei wesentlich durch die sich verändernde mechanische bzw. fluidische Steifigkeit des Leitungssystems bestimmt. Die Steifigkeit hängt auch von der Alterung und den Fertigungstoleranzen der verwendeten Systemkomponenten ab, deren Einfluss auf die Steifigkeit nicht bekannt bzw. vorhersehbar ist oder nur mit relativ hohem Aufwand ermittelt werden kann.

**[0006]** Ferner geht aus DE 10 2013 207 867 B4 ein Verfahren zur Diagnose eines Dosierventils hervor, bei dem ein während einer Diagnose-Dosierung auftretender Druckabfall eines Reagenzmittels durch Vergleich mit einem Schwellenwert bewertet wird. Bei Überschreiten des Schwellenwertes wird ein Fehler des Dosierventils erkannt. Der zu erwartende Druckabfall wird experimentell ermittelt.

### Offenbarung der Erfindung

**[0007]** Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass bei einem hier betroffenen, mit einer Förderpumpe, mit einem Drucksensor und mit einem Rücklauf für das jeweilige Fluid in einen Vorratstank ausgestatteten fluidischen bzw. hydraulischen Dosiersystem insbesondere aufgrund einer internen Leckage der Förderpumpe Mengenabweichungen bei der Dosierung eines Fluids mit bisher angewandten Verfahren nicht mit der erforderlichen Genauigkeit erkannt werden.

**[0008]** Die genannten, an sich bekannten Dosiersysteme besitzen nur eine sehr eingeschränkte Möglichkeit, solche Mengenabweichungen zu bestimmen bzw. zu erkennen. Dies erfordert eine sehr genaue Fertigung einzelner Systemkomponenten und/oder aufwändige Berechnungen weiterer Größen, z.B. der mechanischen Systemsteifigkeit. Bei diesen Berechnungen kommt nachteilig hinzu, dass die Ergebnisse der Systemsteifigkeit durch die interne Leckage der Förderpumpe erheblich beeinflusst werden. Darüber hinaus verändert sich die interne Leckage über die Lebenszeit der Pumpe.

**[0009]** Bei dem vorgeschlagenen Verfahren zur Bestimmung oder Erkennung solcher Mengenabweichungen bei einem hier betroffenen Dosiersystem ist insbesondere vorgesehen, dass eine Testzumessung oder Test-

einspritzung von Fluid durchgeführt wird und dass der Druckabfall in dem Dosiersystem in Abhängigkeit von der Zeit erfasst wird. Der so erfasste bzw. gemessene Druckabfall wird mit einem theoretisch zu erwartenden Druckabfall verglichen. Der theoretisch zu erwartende Druckabfall wird insbesondere anhand einer analytischen Näherungslösung berechnet, welche dem bei einer genannten Testzumessung sich ergebenden Druckabfall entspricht. Als Näherungslösung wird bevorzugt eine mathematische Reihenentwicklung des zeitlichen Druckverlaufs in Abhängigkeit von der Messdauer der Testzumessung bzw. von der Öffnungsdauer eines jeweiligen Injektors zugrunde gelegt. Unter der Vorgabe einer relativ kurzen Messdauer wird die Reihenentwicklung durch Streichung der Reihenglieder ab der zweiten Ordnung linear angenähert. Anhand des Ergebnisses des Vergleichs kann die Mengenabweichung bestimmt werden.

**[0010]** Bei dem vorgeschlagenen Verfahren kann ferner vorgesehen sein, dass die folgende Gleichung als analytische Näherungslösung zugrunde gelegt wird, welche analytisch den fluidischen Druckabfall in dem Dosiersystem nach einer zum Zeitpunkt  $t = 0$  erfolgten Testzumessung mit einer Dauer  $\Delta t$  beschreibt:

$$\sqrt{p}(\Delta t) \approx \sqrt{p_1} - (A_V * \Delta t) / (\sqrt{2\rho * k}) + (A_V * A_D * \Delta t^2) / (4\rho * \sqrt{p_1} * k^2) + \dots,$$

wobei  $p_1$  den Anfangsdruck vor der Testzumessung,  $A_V$  die Querschnittsfläche eines die Testzumessung durchführenden Injektors,  $A_D$  die Querschnittsfläche einer Rücklaufdrossel und Pumpenleckagefläche,  $k$  die Kompressibilität des Dosiersystems und  $\rho$  die Dichte des Fluids bedeuten.

**[0011]** Als Ergebnis des Vergleichs kann auch darauf geschlossen werden, welche Systemparameter den stärksten Einfluss auf das Ergebnis der Testeinspritzung haben. Die sich bei dem Vergleich ergebenden Systemparameter können bei der Entwicklung eines hier betroffenen Dosiersystems mit verringerten Fertigungstoleranzen der Pumpe und/oder des Rücklaufs angewendet werden. Dadurch ergibt sich zudem insgesamt eine erhebliche Kostenreduktion.

**[0012]** Mittels des vorgeschlagenen Verfahrens können vorteilhaft die Auswirkungen von Fertigungstoleranzen einer hier betroffenen Förderpumpe mit interner Leckage und externem Rücklauf, insbesondere einer Verdrängerpumpe wie z.B. einer sogenannten „COR“-Pumpe, auf den Betrieb der Pumpe minimiert werden. Im Ergebnis lassen sich somit auch die Fertigungskosten einer Förderpumpe erheblich reduzieren.

**[0013]** Die Erfindung kann in allen fluidischen oder hydraulischen Dosiersystemen zur Anwendung kommen, insbesondere bei genannten SCR-Abgasnachbehandlungssystemen. Ein bevorzugter Einsatzbereich sind zukünftige „Denoxtronic“-Dosiersysteme der Anmelderin, welche sowohl in Personenkraftfahrzeugen als auch Nutzkraftfahrzeugen eingesetzt werden sollen.

**[0014]** Das erfindungsgemäße Computerprogramm ist eingerichtet, jeden Schritt des Verfahrens durchzuführen, insbesondere wenn es auf einem Rechenggerät oder einem Steuergerät abläuft. Es ermöglicht die Implementierung des erfindungsgemäßen Verfahrens auf einem elektronischen Steuergerät, ohne an diesem bauliche Veränderungen vornehmen zu müssen. Hierzu ist der maschinenlesbare Datenträger vorgesehen, auf welchem das erfindungsgemäße Computerprogramm gespeichert ist. Durch Aufspielen des erfindungsgemäßen Computerprogramms auf ein elektronisches Steuergerät wird das erfindungsgemäße elektronische Steuergerät erhalten, welches eingerichtet ist, um ein hier betroffenes fluidisches Dosiersystem mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens zu steuern.

**[0015]** Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und den beiliegenden Zeichnungen.

**[0016]** Es versteht sich, dass die voranstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweiligen angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

#### Figurenliste

**Fig. 1** zeigt ein Blockschaltbild eines HWL-Dosiersystems eines SCR-Katalysatorsystems gemäß dem Stand der Technik.

**Fig. 2** zeigt einen typischen Druckverkauf bei der Dosierung eines hier betroffenen Fluids.

**Fig. 3** zeigt ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens anhand eines Flussdiagramms.

## Beschreibung von Ausführungsbeispielen

**[0017]** Die nachfolgend beschriebene, erweiterte Mengenabweichungserkennung für DNOX-Systeme ist insbesondere bei Verdrängerpumpen mit interner Leckage und externem Rücklauf, z.B. bei genannten „COR“-Pumpen, einsetzbar.

**[0018]** Wie in **Fig. 1** am Beispiel eines SCR-Katalysatorsystems schematisch dargestellt, werden bei der Abgasnachbehandlung von Brennkraftmaschinen mittels „AdBlue“- bzw. HWL-Dosierung in den Abgasstrom mit Fördereinheiten und Injektoren ausgestattete Dosiersysteme eingesetzt. In vielen Fällen ist dabei auch ein Rücklauf in den AdBlue-Tank vorgesehen. Um einen mit der Abgasgesetzgebung konformen Betrieb dieser Systeme zu gewährleisten, muss die Menge an AdBlue, die in den Abgasstrang dosiert wird, überwacht werden.

**[0019]** Das in **Fig. 1** gezeigte, an sich bekannte fluidische Dosiersystem eines Kraftfahrzeugs umfasst ein Dosiermodul **100** mit einem vorliegend getaktet steuerbaren Dosierventil **105**. Das in einem Tank **110** bevorratete HWL-Fluid **115** wird mittels eines Pumpenmoduls **120**, und zwar über eine Abführleitung **117**, eine Hauptleitung **118** sowie eine Zuführleitung **119**, dem Dosiermodul **100** zugeführt. Das Pumpenmodul **120** umfasst eine Förderpumpe **125** sowie eine Rückförderpumpe **130**, welche mit einem im Bereich der Hauptleitung **118** angeordneten Drucksensor **135**. Der Drucksensor **135** ist über eine Signal- bzw. Steuerleitung **140** mit einem Steuergerät **145** verbunden. Die Rückförderpumpe **130** ist mit einer von der Hauptleitung **118** ausgehenden Rückförderleitung **131** verbunden, wobei etwa in den Tank **110** zurückzuführendes überschüssiges Fluid über eine mit dem Tank **110** verbundene bzw. in den Tank **110** mündende Rückführleitung **132** geführt wird.

**[0020]** Die in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel als Membranpumpe ausgebildete Förderpumpe **125** saugt das HWL-Fluid **115** aus dem Tank **110** und verdichtet es auf einen für die Zerstäubung erforderlichen Systemdruck von 4,5 bis 8,5 bar. Das Dosiermodul **100** misst die für die NO<sub>x</sub>-Reduktion erforderliche HWL-Menge zu und zerstäubt sie in den (nicht gezeigten) Abgasstrom, und zwar vor dem SCR-Katalysator. Die Steuerung der Dosier- und Heizstrategie sowie einer On-Board-Diagnose erfolgt durch ein (nicht gezeigtes) Motorsteuergerät oder das in **Fig. 1** gezeigte Steuergerät **145**. Mit der Verarbeitung der aktuellen Motorbetriebsdaten und aller erforderlichen Sensordaten wird die Menge des Reduktionsmittels in an sich bekannter Weise mittels einer Regelung exakt auf den Betriebspunkt der Brennkraftmaschine und auf die katalysatorspezifischen Eigenschaften zur maximalen Stickoxidumsetzung abgestimmt.

**[0021]** Es ist anzumerken, dass das genannte Dosierventil **105** zum Dosiermittelbetrieb über eine Steuerleitung **107** von dem Steuergerät **145** in an sich bekannter Weise angesteuert wird.

**[0022]** In dem Tank **110** ist eine Sensorik **150** angeordnet, welche über eine Signal- bzw. Steuerleitung **155** mit dem Steuergerät **145** verbunden ist. Die Sensorik **150** dient insbesondere dazu, einen ggf. vorliegenden Niedrigstand des Fluids **115** an das Steuergerät **145** zu melden, damit der Fahrzeugführer das Fluid ggf. nachfüllen kann. Über zwei weitere Signal- bzw. Steuerleitungen **160**, **165** sind auch die Förderpumpe **125** und die Rückförderpumpe **130** mit dem Steuergerät **145** verbunden, um die beiden Pumpen **125**, **130** für den Dosierbetrieb in an sich bekannter Weise anzusteuern.

**[0023]** Für die Zulassung künftiger Dosiersysteme müssen Mengenabweichungen von 35% mittels eines sogenannten „Consumption Deviation Monitoring“ (CDM) erkannt werden. An sich bekannte Systeme besitzen nur bedingt die Möglichkeit, diese Mengenabweichung zu erkennen und benötigen die sehr genaue Fertigung von einzelnen Systemkomponenten und/oder die komplizierte Berechnung weiterer Größen (Steifigkeitsbestimmung). Konkret handelt man sich durch die gegenwärtig angewandte Steifigkeitsbestimmung in einem System mit Verdrängerpumpe eine Abhängigkeit des Ergebnisses von der internen Leckage der Pumpe ein. Die Reduzierung und Eingrenzung der internen Leckage ist nach heutigem Wissensstand nicht möglich, da sie sich über die Lebenszeit stark verändern kann.

**[0024]** Anhand der nachfolgend beschriebenen, analytischen Näherungslösung des Druckabfalls über die Zeit einer Testeinspritzung von Fluid kann ermittelt werden, welche Systemparameter einen Haupteinfluss auf das Ergebnis der Testeinspritzung haben. Über die systematische Kombination der analytischen Lösung mit bestehenden und zukünftigen fluidischen oder hydraulischen Komponenten kann eine einfache Funktion mit universeller Anwendbarkeit und erhöhter Genauigkeit eingesetzt werden. Diese ermöglicht die Verringerung der Fertigungstoleranzen der Pumpe und des Rücklaufs und ermöglicht somit eine Kostenreduktion.

**[0025]** Die folgende Gleichung (1) beschreibt analytisch den fluidischen bzw. hydraulischen Druckabfall z.B. in einem HWL-Dosiersystem nach einer bei  $t = 0$  erfolgten Dosier-Testeinspritzung:

$$\sqrt{p(\Delta t)} \approx \sqrt{p_1} - (A_V * \Delta t) / (\sqrt{2\rho * k}) + (A_V * A_D * \Delta t^2) / (4\rho * \sqrt{p_1 * k^2}) + \dots, \quad (1).$$

**[0026]** Gemäß der Gleichung (1) ergibt sich der Dosiervorgang näherungsweise als Reihenentwicklung in der Öffnungs-/Messdauer  $\Delta t$ , und zwar in Abhängigkeit von den Parametern

Anfangsdruck vor der Öffnung:  $p_1$

Querschnittsfläche des Injektors (Ventils):  $A_V$

Querschnittsfläche der Rücklaufdrossel und Pumpenleckagefläche:  $A_D$

Systemkompressibilität:  $k$

und Adblue-Dichte:  $\rho$ .

**[0027]** Der qualitative Zusammenhang zwischen den einzelnen Parametern in Gleichung (1) ist in **Fig. 2** anhand eines typischen Druckverlaufs **300** bei der Dosierung von HWL-Lösung mittels eines Injektors dargestellt. In einem relativ kurzen Zeitfenster  $\Delta t$  von z.B. 0,2 s ergibt sich bei einem Druckabfall  $p_1 - p(\Delta t)$  305, ausgehend von einem Anfangswert  $p_1$ , ein in etwa linearer Druckverlauf **310**. Bei einer angenommenen Erhöhung der Systemkompressibilität  $k$  würde sich die Kurve **300** in der durch den oberen Pfeil angedeuteten Richtung nach rechts oben verschieben. Bei einer angenommenen Vergrößerung der Querschnittsfläche der Rücklaufdrossel  $A_D$  würde sich die Druckkurve **300** im rechten Auslaufbereich in der durch den unteren Pfeil angedeuteten Richtung nach oben verschieben.

**[0028]** Bei der Bestimmung der Mengenabweichung wird nun der gemessene Druckabfall mit dem theoretisch zu erwartenden Druckabfall verglichen. In den an sich bekannten Dosiersystemen (DNOX2.2, DNOX6.x) muss der genaue Wert der Systemkompressibilität  $k$  bestimmt werden, um die Gleichung (1) überhaupt lösen zu können. Diesen Wert erhält man jedoch nur in Abhängigkeit von dem Parameter  $A_D$ . Daher würde man nur in einem Dosiersystem, in dem  $A_D$  ausreichend genau bekannt ist, damit einen Genauigkeitserfolg erzielen. In einem Dosiersystem mit einer Verdrängerpumpe umfasst die Größe  $A_D$  allerdings auch die interne Leckage dieser Pumpe. Verzichtet man auf die Steifigkeitsbestimmung und bestimmt den erwarteten Druckabfall über eine Referenzmessung, so taucht die Größe  $A_D$  erst in der zweiten Ordnung der Messdauer auf.

**[0029]** Dem vorliegenden Ansatz liegt das Konzept zugrunde, durch eine ausreichend kurze Dosier- bzw. Messzeit den Einfluss des zweiten Reihenglieds bzw. Terms (Rücklauf und Pumpenleckage) in der Gleichung (1) vernachlässigen zu können. Ein weiterer Vorteil einer relativ kurzen Dosierzeit liegt zudem darin, dass eine ungewollte AdBlue-Einbringung in den Abgasstrang während der Testeinspritzung wirksam verhindert bzw. zumindest reduziert wird.

**[0030]** Alternativ zur Verkürzung der Messzeit kann bei dem vorliegenden Ansatz zur Eliminierung des zweiten Reihenglieds auch vorgesehen sein, dass die Kompressibilität  $k$  des Systems erhöht wird, z.B. mittels des Einsatzes eines Druckdämpfers, eines Luftpolsters oder mittels flexibler Leitungen.

**[0031]** In **Fig. 3** ist ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens gezeigt. Nach dem Start **200** der gezeigten Routine wird zunächst eine Testeinspritzung durchgeführt 205 und der danach erfolgende Druckabfall im Dosiersystem erfasst bzw. gemessen 210. Auf der Grundlage des kurz vor der Testeinspritzung erfassten Anfangs- bzw. Ausgangsdrucks  $p_1$  im Dosiersystem wird z.B. anhand der Gleichung (1) der theoretisch zu erwartende Druckverlauf berechnet. Der gemäß Schritt **210** erfasste Druckverlauf und der gemäß Schritt **215** berechnete Druckverlauf werden in Schritt **220** miteinander verglichen und bei einer festgestellten Mengenabweichung anhand der sich ergebenden Unterschiede nachfolgend ein Wert für die Mengenabweichung ermittelt 225. Wird im Prüfschritt 220 keine Mengenabweichung festgestellt, wird wieder an den Anfang der Routine, z.B. vor den Schritt **205**, zurückgesprungen, um die Routine erneut auszuführen. Alternativ kann die Routine auch zunächst wieder beendet werden und nachfolgend ggf. erneut gestartet werden 200.

**[0032]** Nachfolgend wird ein Berechnungsbeispiel dazu angegeben, wie aus genannten Unterschieden ein absoluter Wert für die Mengenabweichung ermittelt werden kann bzw. wie ein Vergleich der Messdaten mit der analytischen Gleichung (1) erfolgen kann. Dabei wird zunächst über die Kurvenkrümmung des Druckverlaufs bestimmt, ob eine lineare Näherung gemäß der Gleichung (1) mit der erforderlichen Genauigkeit möglich

ist. Hierzu wird der Quotient aus der diskreten zweiten Ableitung der Wurzel des Druckverlaufs und dem Gradienten der Wurzel des Druckverlaufs mit einem Schwellenwert verglichen. Wird dieser Schwellenwert überschritten, muss für die zeitliche Diskretisierung des Druckverlaufs ein kleinerer Zeitschritt verwendet werden. Sobald ein Zeitschritt erreicht wird, mit dem man unter dem Schwellenwert bleibt, ist die lineare Näherung der Gleichung (1) zulässig und lautet umgeformt:

$$(\sqrt{p(\Delta t)} - \sqrt{p_1}) / \Delta t \approx -A_V / (\sqrt{2\rho * k}).$$

**[0033]** Der gemessene Gradient der Wurzel des Druckverlaufs ist demnach proportional zu dem Querschnitt des Dosierventils, welcher ein Maß für die dosierte Menge ist. Eine Minderdosierung kann somit erkannt werden, wenn der Gradient zu sehr von einem zuvor gemessenen Referenzgradienten

$$g_{\text{rev}} = (\sqrt{p_{\text{rev}}(\Delta t)} - \sqrt{p_{\text{rev},1}}) / \Delta t_{\text{rev}}$$

abweicht. Der Quotient aus gemessenem Gradienten und dem Referenzgradienten ist gemäß obiger Gleichung äquivalent zu folgender zusammengesetzter Größe:

$$A_V / A_{V_{\text{rev}}} * (\sqrt{2\rho_{\text{rev}}} * k_{\text{rev}}) / (\sqrt{2\rho} * k).$$

**[0034]** Unter der Annahme, dass sich  $p$  und  $k$  seit einer genannten Referenzmessung nicht geändert haben, reduziert sich das Ergebnis auf das Verhältnis  $A_V / A_{V_{\text{rev}}}$ , welches die Mengenabweichung darstellt.

**[0035]** Das beschriebene Verfahren kann in Form eines Steuerprogramms für ein elektronisches Steuergerät zur Steuerung einer Brennkraftmaschine oder in Form einer oder mehrerer entsprechender elektronischer Steuereinheiten (ECUs) realisiert werden.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 102013218897 A1 [0005]
- DE 102013207867 B4 [0006]

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Erkennen von Mengenabweichungen bei einem fluidischen Dosiersystem (100 - 165), bei dem wenigstens eine Förderpumpe (125) zum Fördern eines Fluids sowie wenigstens ein Drucksensor (135) zur Ermittlung eines fluidischen Drucks in dem Dosiersystem (100 - 165) angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Testzumessung von Fluid durchgeführt wird (205), dass ein zeitlicher Druckabfall in dem Dosiersystem (100 - 165) erfasst wird (210), dass der erfasste zeitliche Druckabfall mit einem theoretisch zu erwartenden Druckabfall (215) verglichen wird (220), und dass anhand des Ergebnisses des Vergleichs eine Mengenabweichung des Dosiersystems (100 - 165) bestimmt wird (225).

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der theoretisch zu erwartende zeitliche Druckabfall (215) anhand einer analytischen Näherungslösung berechnet wird, welche einem bei einer Testzumessung sich theoretisch ergebenden Druckabfall entspricht.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass als analytische Näherungslösung eine mathematische Reihenentwicklung des zeitlichen Druckverlaufs in Abhängigkeit von der Dauer der Testzumessung (205) zugrunde gelegt wird und unter der Vorgabe einer relativ kurzen Dauer der Testzumessung (205) die mathematische Reihenentwicklung durch Streichung von Reihengliedern ab der zweiten Ordnung linear angenähert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die folgende Gleichung als analytische Näherungslösung zugrunde gelegt wird, welche analytisch den fluidischen Druckabfall in dem Dosiersystem (100 - 165) nach einer bei  $t = 0$  erfolgten Testzumessung (205) mit einer Dauer  $\Delta t$  beschreibt:

$$\sqrt{p}(\Delta t) \approx \sqrt{p_1} - (A_V * \Delta t) / (\sqrt{2\rho * k}) + (A_V * A_D * \Delta t^2) / (4\rho * \sqrt{p_1} * k^2) + \dots,$$

wobei  $p_1$  den Anfangsdruck vor der Testzumessung (205),  $A_V$  die Querschnittsfläche eines die Testzumessung (205) durchführenden Injektors,  $A_D$  die Querschnittsfläche einer Rücklaufdrossel und Pumpenleckagefläche,  $k$  die Kompressibilität des Dosiersystems (100 - 165) und  $\rho$  die Dichte des Fluids bedeuten.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Ergebnis des Vergleichs zusätzlich darauf geschlossen wird, welche Systemparameter des Dosiersystems (100 - 165) einen stärksten Einfluss auf das Ergebnis der Testzumessung (205) haben.

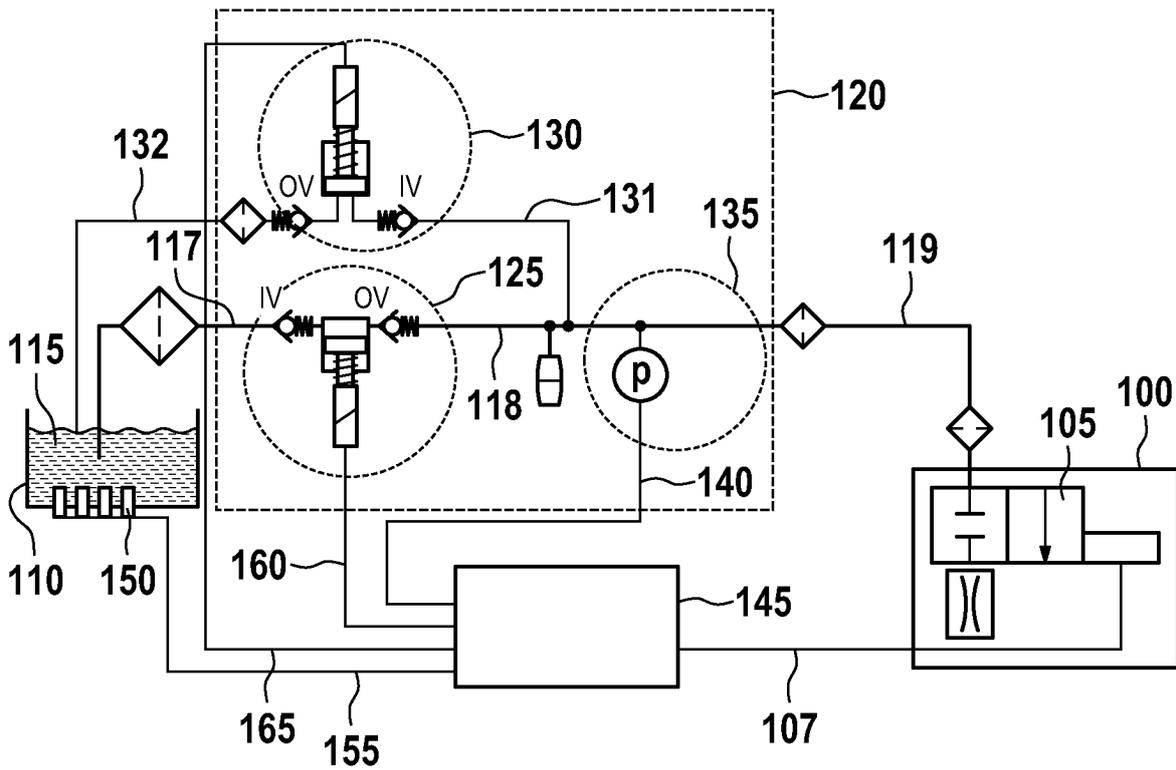
6. Computerprogramm, welches eingerichtet ist, jeden Schritt eines Verfahrens gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche durchzuführen.

7. Maschinenlesbarer Datenträger, auf welchem ein Computerprogramm gemäß Anspruch 6 gespeichert ist.

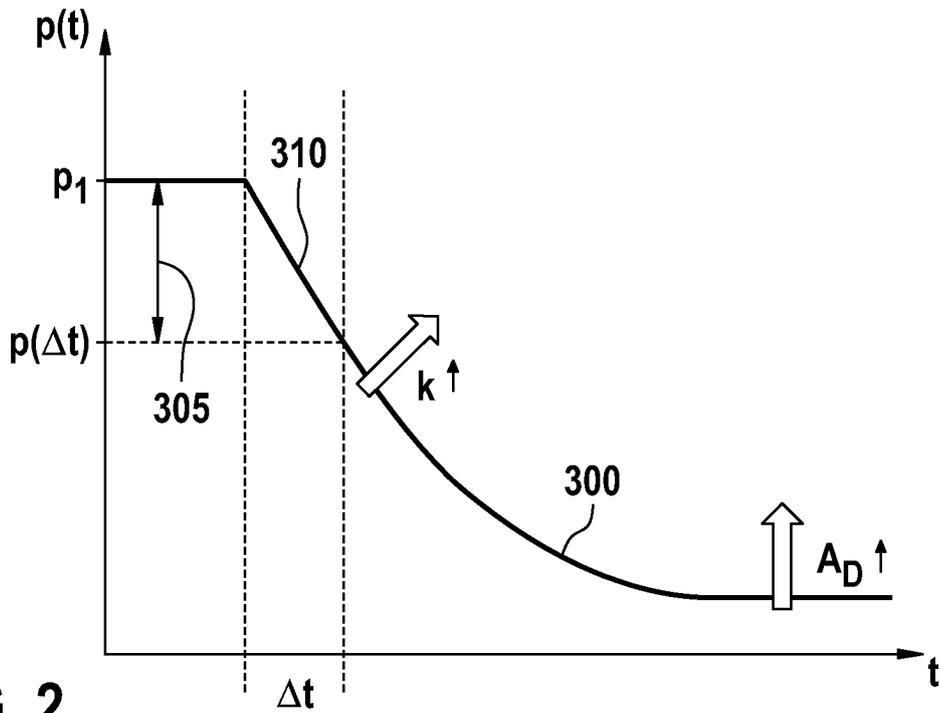
8. Elektronisches Steuergerät (145), welches eingerichtet ist, ein fluidisches Dosiersystem, bei dem wenigstens eine Förderpumpe (125) zum Fördern eines Fluids (115) sowie wenigstens ein Drucksensor (135) zur Ermittlung des fluidischen Drucks in dem Dosiersystem angeordnet sind, mittels eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5 zu steuern.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

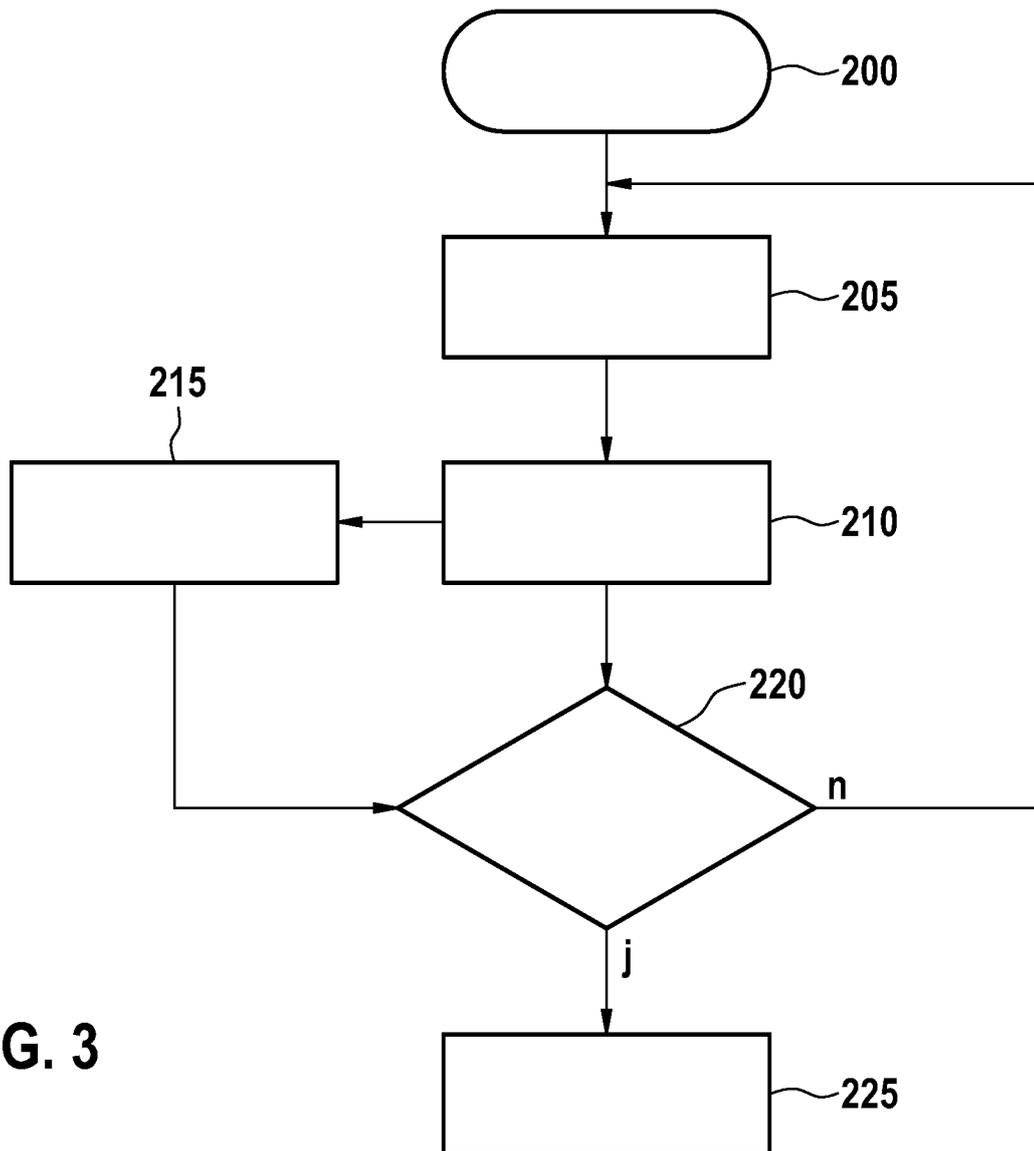
Anhängende Zeichnungen



**FIG. 1**  
(SdT)



**FIG. 2**



**FIG. 3**