



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
27.04.2005 Patentblatt 2005/17

(51) Int Cl.7: **F02D 41/38, F02D 41/22**

(21) Anmeldenummer: **04104594.9**

(22) Anmeldetag: **22.09.2004**

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

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
80333 München (DE)

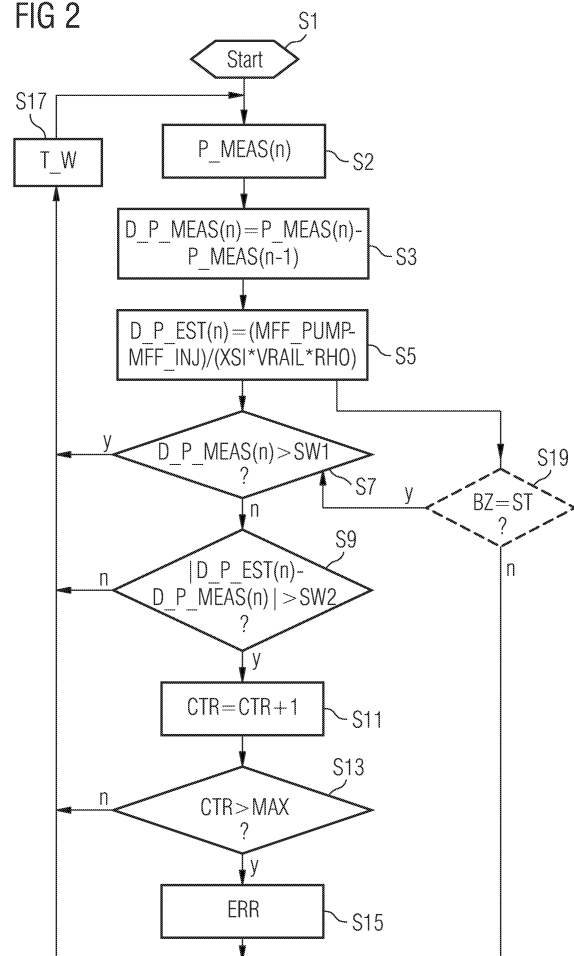
(72) Erfinder:
• **Delp, Matthias**
93055, Regensburg (DE)
• **Eser, Gerhard**
93155, Hemau (DE)

(30) Priorität: **20.10.2003 DE 10348610**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Überwachen eines Kraftstoffdrucksensors**

(57) Ein Kraftstoffdrucksensor ist in einem Kraftstoffspeicher einer Zuführeinrichtung für Kraftstoff einer Brennkraftmaschine angeordnet. Die Zuführeinrichtung für Kraftstoff weist eine Kraftstoffpumpe, die Kraftstoff in den Kraftstoffspeicher pumpt, und Einspritzventile auf, die mit dem Kraftstoffspeicher wirkverbunden sind. Die zeitliche Änderung (D_P_MEAS) des von dem Kraftstoffdrucksensor erfassten Kraftstoffdrucks (P_MEAS) wird mit der zeitlichen Änderung (D_P_EST) eines geschätzten Kraftstoffdrucks verglichen. Abhängig von dem Vergleich wird ein Fehler des Kraftstoffdrucksensors erkannt.

FIG 2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Überwachen eines Kraftstoffdrucksensors, der in einem Kraftstoffspeicher einer Zuführeinrichtung für Kraftstoff einer Brennkraftmaschine angeordnet ist, die eine Kraftstoffpumpe aufweist, die Kraftstoff in den Kraftstoffspeicher pumpt, und Einspritzventile, die mit dem Kraftstoffspeicher wirkverbunden sind.

[0002] Brennkraftmaschinen weisen zunehmend einen Kraftstoffdrucksensor auf, der in einem Kraftstoffspeicher einer Zuführeinrichtung für Kraftstoff angeordnet ist. Die Zuführeinrichtung für Kraftstoff weist regelmäßig eine Kraftstoffpumpe auf, die Kraftstoff in den Kraftstoffspeicher pumpt, und Einspritzventile, die mit dem Kraftstoffspeicher wirkverbunden sind. Der Kraftstoffdruck in dem Kraftstoffspeicher kann bei Brennkraftmaschinen, die mit Benzin betrieben werden, Werte bis zu 200 bar erreichen, insbesondere dann, wenn es sich um eine Brennkraftmaschine handelt, bei der die Einspritzventile direkt im Zylinderkopf angeordnet sind und den Kraftstoff direkt in die Brennräume der Zylinder zumessen. Bei anderen Ausführungsformen von Brennkraftmaschinen kann der Druck in dem Kraftstoffspeicher während des Betriebs aber auch ebenfalls nur Werte von 3 bis 10 bar erreichen. Im Falle von Brennkraftmaschinen, die mit Diesel betrieben werden, kann der Kraftstoffdruck in dem Kraftstoffspeicher auch Werte bis zu zirka 2000 bar erreichen.

[0003] Durch den Kraftstoffdrucksensor kann der tatsächliche Kraftstoffdruck in dem Kraftstoffspeicher erfasst und dann beispielsweise einer Regelung zugeführt werden, über die ein gewünschter Kraftstoffdruck in dem Kraftstoffspeicher eingestellt wird. Ein genaues Einstellen des Kraftstoffdrucks in dem Kraftstoffspeicher ist Voraussetzung für ein präzises Zumessen der gewünschten Kraftstoffmasse in die Brennräume der Zylinder. Ein Defekt des Kraftstoffdrucksensors kann dazu führen, dass der Kraftstoffdruck zu niedrig oder zu hoch in dem Kraftstoffspeicher eingestellt wird. Ein zu hoher Druck kann ein Bersten des Kraftstoffspeichers zur Folge haben. Der zu hohe oder zu niedrige Druck kann ferner zur Folge haben, dass die tatsächlich zugemessene Kraftstoffmasse in den Zylindern der Brennkraftmaschine nicht übereinstimmt mit der eigentlich gewünschten Kraftstoffmasse. Dies führt dann dazu, dass ein von einem einzustellenden Luft/Kraftstoff-Verhältnis abweichendes Luft/Kraftstoff-Verhältnis eingestellt wird und so gegebenenfalls hohe Schadstoffemissionen erzeugt werden. Es ist somit notwendig, den Kraftstoffdrucksensor dahingehend zu überwachen, ob sein Messsignal fehlerhaft ist.

[0004] Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Überwachen eines Kraftstoffdrucksensors zu schaffen, das das Erkennen eines Fehlers des Sensors einfach ermöglicht.

[0005] Die Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche. Vorteilhafte Aus-

gestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

[0006] Die Erfindung zeichnet sich aus durch ein Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung zum Überwachen eines Kraftstoffdrucksensors, der in einem Kraftstoffspeicher einer Zuführeinrichtung für Kraftstoff einer Brennkraftmaschine angeordnet ist, die aufweist eine Kraftstoffpumpe, die Kraftstoff in den Kraftstoffspeicher pumpt, und Einspritzventile, die mit dem Kraftstoffspeicher wirkverbunden sind. Die Kraftstoffpumpe kann als Hochdruckpumpe aber auch als Niederdruckpumpe ausgebildet sein. Die zeitliche Änderung des von dem Kraftstoffdrucksensor erfassten Kraftstoffdrucks wird mit der zeitlichen Änderung eines geschätzten Kraftstoffdrucks verglichen und abhängig von dem Vergleich wird ein Fehler des Kraftstoffdrucksensors erkannt. Dies hat den Vorteil, dass zum Überwachen des Kraftstoffdrucksensors kein zusätzlicher Sensor notwendig ist.

[0007] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Änderung des geschätzten Kraftstoffdrucks abhängig von einer durch die Einspritzventile zugemessenen Kraftstoffmasse und einer von der Kraftstoffpumpe in den Kraftstoffspeicher geförderten Kraftstoffmasse ermittelt. Die Änderung des geschätzten Kraftstoffdrucks kann so zuverlässig und einfach ermittelt werden.

[0008] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird geprüft, ob die zeitliche Ableitung des erfassten Kraftstoffdrucks einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitet und der Vergleich mit der Änderung des geschätzten Kraftstoffdrucks nur durchgeführt, wenn dies der Fall ist. Dies hat den Vorteil, dass verhindert wird, dass der Kraftstoffdrucksensor als fehlerhaft erkannt wird, wenn tatsächlich ein Fehler an dem Einspritzventil oder dem Kraftstoffspeicher vorliegt. Ein derartiger Fehler kann beispielsweise ein in Durchlassstellung verharrendes Einspritzventil sein oder auch ein Leck in dem Kraftstoffspeicher sein.

[0009] Wenn die Zuführeinrichtung für Kraftstoff mit einer Rücklaufleitung und einem Regulator ausgestattet ist, der einerseits mit dem Kraftstoffspeicher und andererseits mit der Rücklaufleitung verbunden ist, und so den Kraftstoffdruck in dem Kraftstoffspeicher einstellt, so erfolgt der Vergleich vorteilhaft lediglich während des Betriebszustands des Starts. Dadurch kann dann auch bei einer derartigen Zuführeinrichtung für Kraftstoff der Kraftstoffdrucksensor zumindest während des Betriebszustands des Starts überwacht werden.

[0010] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird auf einen Fehler des Kraftstoffdrucksensors nur dann erkannt, wenn eine Fehlerbedingung, die abhängt von der zeitlichen Änderung des erfassten und geschätzten Kraftstoffdrucks, mehrmals erfüllt ist. Dies hat den Vorteil, dass einzelne Messfehler nicht zu einer fehlerhaften Einschätzung als Fehler des Kraftstoffdrucksensors führen.

[0011] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind im

folgenden anhand der schematischen Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 eine Brennkraftmaschine mit einem Kraftstoffdrucksensor und einer Vorrichtung zum Überwachen des Kraftstoffdrucksensors und
- Figur 2 ein Ablaufdiagramm eines Programms zum Überwachen des Kraftstoffdrucksensors.

[0012] Eine Brennkraftmaschine (Figur 1) umfasst einen Ansaugtrakt 1, einen Motorblock 2, einen Zylinderkopf 3 und einen Abgastrakt 4. Der Motorblock 2 umfasst mehrere Zylinder, welche Kolben und Pleuelstangen haben, über die sie mit einer Kurbelwelle 21 gekoppelt sind.

[0013] Der Zylinderkopf 3 umfasst einen Ventiltrieb mit einem Einlassventil, einem Auslassventil und Ventilantrieben, die vorzugsweise eine Nockenwelle umfassen. Der Zylinderkopf 3 umfasst ferner ein Einspritzventil 34 und eine Zündkerze.

[0014] Ferner ist eine Zuführeinrichtung 5 für Kraftstoff vorgesehen. Sie umfasst einen Kraftstofftank 50, der über eine erste Kraftstoffleitung mit einer Niederdruckpumpe 51 verbunden ist. Ausgangsseitig ist die Niederdruckpumpe 51 hin zu einem Zulauf 53 einer Hochdruckpumpe 54 wirkverbunden. Ferner ist auch ausgangsseitig der Niederdruckpumpe 51 ein mechanischer Regulator 52 vorgesehen, welcher ausgangsseitig über eine weitere Kraftstoffleitung mit dem Tank 50 verbunden ist. Der mechanische Regulator 52 ist vorzugsweise ein einfaches federbelastetes Ventil in der Art eines Rückschlagventils, wobei die Federkonstante so gewählt ist, dass in dem Zulauf 53 ein vorgegebener Niederdruck von beispielsweise 3 bis 6 bar nicht überschritten wird. Die Niederdruckpumpe 51 ist vorzugsweise so ausgelegt, dass sie während des Betriebs der Brennkraftmaschine immer eine ausreichend hohe Kraftstoffmenge liefert, die gewährleistet, dass der vorgegebene Niederdruck nicht unterschritten wird.

[0015] Der Zulauf 53 ist hin zu der Hochdruckpumpe 54 geführt, welche ausgangsseitig den Kraftstoff hin zu einem Kraftstoffspeicher 55 fördert. Die Hochdruckpumpe 54 wird in der Regel von der Kurbelwelle 21 oder der Nockenwelle angetrieben und fördert somit bei konstanter Drehzahl der Kurbelwelle ein konstantes Kraftstoffvolumen in den Kraftstoffspeicher 55.

[0016] Bevorzugt ist der Hochdruckpumpe jedoch ein Stellglied zugeordnet, über das der von der Hochdruckpumpe geförderte Volumenstrom eingestellt werden kann. Das Stellglied kann beispielsweise ein Volumenstromregelventil sein.

[0017] Die Einspritzventile 34 sind mit dem Kraftstoffspeicher 55 wirkverbunden. Der Kraftstoff wird somit den Einspritzventilen 34 über den Kraftstoffspeicher 55 zugeführt.

[0018] Falls der Hochdruckpumpe kein Stellglied zugeordnet ist, über das der von der Hochdruckpumpe geförderte Volumenstrom eingestellt werden kann, ist ein

elektromagnetischer Regulator mit dem Kraftstoffspeicher 55 wirkverbunden. Über den elektromagnetischen Regulator kann Kraftstoff von dem Kraftstoffspeicher 55 zurück über eine dann vorgesehene Rückführleitung zum Zulauf 53 fließen. Abhängig von dem Stellsignal, mit dem der elektromagnetische Regulator angesteuert wird, kann der Kraftstoffdruck in dem Druckspeicher 55 eingestellt werden.

[0019] Ferner ist der Brennkraftmaschine eine Steuereinrichtung 6 zugeordnet, der wiederum Sensoren zugeordnet sind, die verschiedene Messgrößen erfassen und jeweils den Messwert der Messgröße ermitteln. Die Steuereinrichtung 6 ermittelt abhängig von mindestens einer der Messgrößen Stellgrößen, die dann in entsprechende Stellsignale zum Steuern von Stellgliedern mittels entsprechender Stellantriebe umgesetzt werden.

[0020] Die Sensoren sind ein Pedalstellungsgeber, welcher die Stellung eines Fahrpedals erfasst, ein Kurbelwellenwinkelsensor, welcher einen Kurbelwellenwinkel erfasst und welchem dann eine Drehzahl N zugeordnet wird, und ein Kraftstoffdrucksensor 58, welcher den Kraftstoffdruck P_MEAS in dem Kraftstoffspeicher 55 erfasst. Je nach Ausführungsform der Erfindung kann eine beliebige Untermenge der Sensoren oder auch zusätzliche Sensoren vorhanden sein.

[0021] Die Stellglieder sind beispielsweise als Einlass- oder Auslassventile, die Einspritzventile 34, eine Zündkerze, eine Drosselklappe oder das Volumenstromregelventil oder der elektromagnetische Regulator ausgebildet.

[0022] In der Steuereinrichtung 6 ist auch eine Vorrichtung zum Überwachen des Kraftstoffdrucksensors 58 ausgebildet.

[0023] Das Programm wird in einem Schritt S1 gestartet, in dem gegebenenfalls Variablen initialisiert werden. Der Start erfolgt bevorzugt sehr zeitnah zum Start der Brennkraftmaschine.

[0024] In einem Schritt S2 wird der aktuelle erfasste Kraftstoffdruck P_MEAS eingelesen. Ein in Klammern gesetztes "n" bezeichnet einen in dem aktuellen Bearbeitungsdurchlauf des Programms ermittelten oder erfassten Wert. Ein in Klammern gesetztes "n-1" bezeichnet einen in dem vorangegangenen Bearbeitungsdurchlauf des Programms ermittelten Wert.

[0025] In einem Schritt S3 wird die zeitliche Änderung D_P_MEAS des erfassten Kraftstoffdrucks P_MEAS durch Bilden der Differenz des aktuell erfassten und in dem vorangegangenen Bearbeitungsdurchlauf erfassten Kraftstoffdrucks P_MEAS ermittelt.

[0026] In einem Schritt S5 wird eine zeitliche Änderung D_P_EST eines geschätzten Kraftstoffdrucks ermittelt. Dies erfolgt abhängig von einer eingespritzten Kraftstoffmasse MFF_INJ, einer geförderten Kraftstoffmasse MFF_PUMP, die von der Hochdruckpumpe 54 gefördert wird, der Kompressibilität XSI des Kraftstoffs, des Volumens VRAIL und der Dichte RHO.

[0027] Die eingespritzte und geförderte Kraftstoffmasse MFF_INJ, MFF_PUMP sind dabei die Kraftstoff-

massen, die während eines Bearbeitungsdurchlaufs des Programms eingespritzt bzw. gefördert werden. Vorzugsweise handelt es sich hierbei um die pro Zylindersegment der Brennkraftmaschine eingespritzte bzw. geförderte Kraftstoffmasse. Ein Zylindersegment der Brennkraftmaschine ist definiert durch den Kurbelwellenwinkel eines Arbeitsspiels der Brennkraftmaschine dividiert durch die Anzahl der Zylinder. Ein Zylindersegment beträgt so beispielsweise bei einer Brennkraftmaschine mit vier Zylindern 180° Kurbelwellenwinkel.

[0028] Die geförderte Kraftstoffmasse wird bevorzugt abhängig von dem Fördervolumen ermittelt, das von der Hochdruckpumpe 54 während eines Bearbeitungsdurchlaufs des Programms gefördert wird. Dieses Fördervolumen ist entweder aufgrund der Auslegung der Hochdruckpumpe 54 bekannt oder kann aus der entsprechenden Ansteuerung des der Hochdruckpumpe zugeordneten Stellglieds, wie des Volumenstromregelventils, abgeleitet werden.

[0029] Die eingespritzte Kraftstoffmasse MFF_INJ kann entsprechend aus einem in der Steuereinrichtung 6 ermittelten Sollwert der einzuspritzenden Kraftstoffmasse abgeleitet werden. Die eingespritzte Kraftstoffmasse MFF_INJ kann jedoch auch aus dem Ansteuersignal für das Einspritzventil 34, so z.B. der Einspritzzeitdauer, und dem geschätzten Kraftstoffdruck ermittelt werden.

[0030] In einem Schritt S7 wird anschließend geprüft, ob die zeitliche Änderung D_P_MEAS des erfassten Kraftstoffdrucks P_MEAS größer ist als ein vorgegebener erster Schwellenwert SW1. Ist dies der Fall, so ist dies bei geeigneter Wahl des ersten Schwellenwerts SW1 ein eindeutiges Anzeichen dafür, dass ein Fehler in dem Kraftstoffspeicher 55 oder dem Einspritzventil 34 vorliegt. Die Bearbeitung wird dann in einem Schritt S17 fortgesetzt, in dem das Programm für eine vorgegebene Wartezeitdauer T_W oder auch einem vorgegebenen Kurbelwellenwinkel verharrt.

[0031] In einem Schritt S9 wird anschließend geprüft, ob der Betrag der Differenz der zeitlichen Änderung D_P_EST des geschätzten Kraftstoffdrucks und der zeitlichen Änderung D_P_MEAS des erfassten Kraftstoffdrucks P_MEAS größer ist als ein vorgegebener zweiter Schwellenwert SW2. Ist dies nicht der Fall, so wird die Bearbeitung in dem Schritt S17 fortgesetzt. Ist dies hingegen der Fall, so wird auf einen möglichen Fehler des Kraftstoffdrucksensors 58 erkannt und in einem Schritt S11 ein Zähler CTR inkrementiert, vorzugsweise um den Wert eins.

[0032] In einem Schritt S13 wird anschließend geprüft, ob der Zähler CTR größer ist als ein Maximalwert MAX. Ist dies nicht der Fall, so wird die Bearbeitung in dem Schritt S17 fortgesetzt. Ist dies hingegen der Fall, so wird in einem Schritt S15 auf einen Fehler des Kraftstoffdrucksensors 58 erkannt, der als Kraftstoffdrucksensorfehler ERR bezeichnet ist. Vorzugsweise werden in der Brennkraftmaschine entsprechende Notlaufmaßnahmen eingeleitet, wenn der Kraftstoff-

drucksensorfehler ERR erkannt worden ist. Die Brennkraftmaschine wird dann beispielsweise nur noch mit einer niedrigen maximalen Drehzahl betrieben.

[0033] Gegebenenfalls wird nach der Bearbeitung des Schrittes S5 ein Schritt S19 abgearbeitet, in dem geprüft wird, ob der Betriebszustand der Brennkraftmaschine der Betriebszustand des Starts ST ist. Dies ist dann von Vorteil, wenn die Zuführeinrichtung für Kraftstoff 5 eine Rücklaufleitung und einen elektromagnetischen Regulator hat, der zwischen der Rücklaufleitung und dem Kraftstoffspeicher 55 angeordnet ist. Lediglich, wenn sich dann die Brennkraftmaschine in den Betriebszustand BZ des Starts befindet, wird anschließend der Schritt S7 abgearbeitet. Andernfalls wird die Bearbeitung in dem Schritt S17 fortgesetzt. Das Programm ist so auch für eine Brennkraftmaschine mit einer derartigen Zuführeinrichtung 5 für Kraftstoff einsetzbar, bei der außerhalb des Betriebszustands BZ des Starts ST die zeitliche Änderung D_P_EST des geschätzten Kraftstoffdrucks nur sehr unpräzise ermittelt werden kann.

[0034] Ferner kann in einer einfacheren Ausführungsform des Programms auch der Schritt S7 weggelassen sein und die Bearbeitung nach dem Schritt S5 bzw. S19 direkt in dem Schritt S9 fortgesetzt werden. Ebenso können die Schritte S11 und S13 weggelassen sein und so die Bearbeitung nach dem Schritt S9 in dem Schritt S15 fortgesetzt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Überwachen eines Kraftstoffdrucksensors (58), der in einem Kraftstoffspeicher (55) einer Zuführeinrichtung für Kraftstoff (5) einer Brennkraftmaschine angeordnet ist, die aufweist eine Kraftstoffpumpe, die Kraftstoff in den Kraftstoffspeicher (55) pumpt, und Einspritzventile (34), die mit dem Kraftstoffspeicher (55) wirkverbunden sind, bei dem die zeitliche Änderung des von dem Kraftstoffdrucksensor (58) erfassten Kraftstoffdrucks (P_MEAS) mit der zeitlichen Änderung (D_P_EST) eines geschätzten Kraftstoffdrucks verglichen wird und abhängig von dem Vergleich ein Fehler des Kraftstoffdrucksensors (58) erkannt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zeitliche Änderung (D_P_EST) des geschätzten Kraftstoffdrucks abhängig von einer durch die Einspritzventile (34) zugemessenen Kraftstoffmasse (MFF_INJ) und einer von der Kraftstoffpumpe in den Kraftstoffspeicher (55) geförderten Kraftstoffmasse ermittelt wird.
3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

geprüft wird, ob die zeitliche Änderung (D_P_MEAS) des erfassten Kraftstoffdrucks (P_MEAS) einen vorgegebenen Schwellenwert (SW1) überschreitet und der Vergleich mit der Änderung (D_P_EST) des geschätzten Kraftstoffdrucks nur durchgeführt wird, wenn dies der Fall ist. 5

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, 10
dadurch gekennzeichnet, dass
 bei einer Zuführeinrichtung für Kraftstoff (5) mit einer Rücklaufleitung und einem Regulator, der einerseits mit dem Kraftstoffspeicher (55) und andererseits mit der Rücklaufleitung verbunden ist, der Vergleich lediglich während des Betriebszustands (BZ) der Brennkraftmaschine des Starts (ST) erfolgt. 15

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, 20
dadurch gekennzeichnet, dass
 auf einen Fehler des Kraftstoffdrucksensors (58) nur dann erkannt wird, wenn eine Fehlerbedingung, die abhängt von der zeitlichen Änderung (D_P_MEAS, D_P_EST) des erfassten und geschätzten Kraftstoffdrucks mehrmals erfüllt ist. 25

6. Vorrichtung zum Überwachen eines Kraftstoffdrucksensors (58), der in einem Kraftstoffspeicher (55) einer Zuführeinrichtung für Kraftstoff (5) einer Brennkraftmaschine angeordnet ist, die aufweist eine Kraftstoffpumpe, die Kraftstoff in den Kraftstoffspeicher (55) pumpt, und Einspritzventile (34), die mit dem Kraftstoffspeicher wirkverbunden sind, mit Mitteln, die die zeitliche Änderung (D_P_MEAS) des von dem Kraftstoffdrucksensor (58) erfassten Kraftstoffdrucks (P_MEAS) mit der zeitlichen Änderung (D_P_EST) eines geschätzten Kraftstoffdrucks vergleichen und abhängig von dem Vergleich einen Fehler des Kraftstoffdrucksensors (58) erkennen. 30
35
40

45

50

55

FIG 1

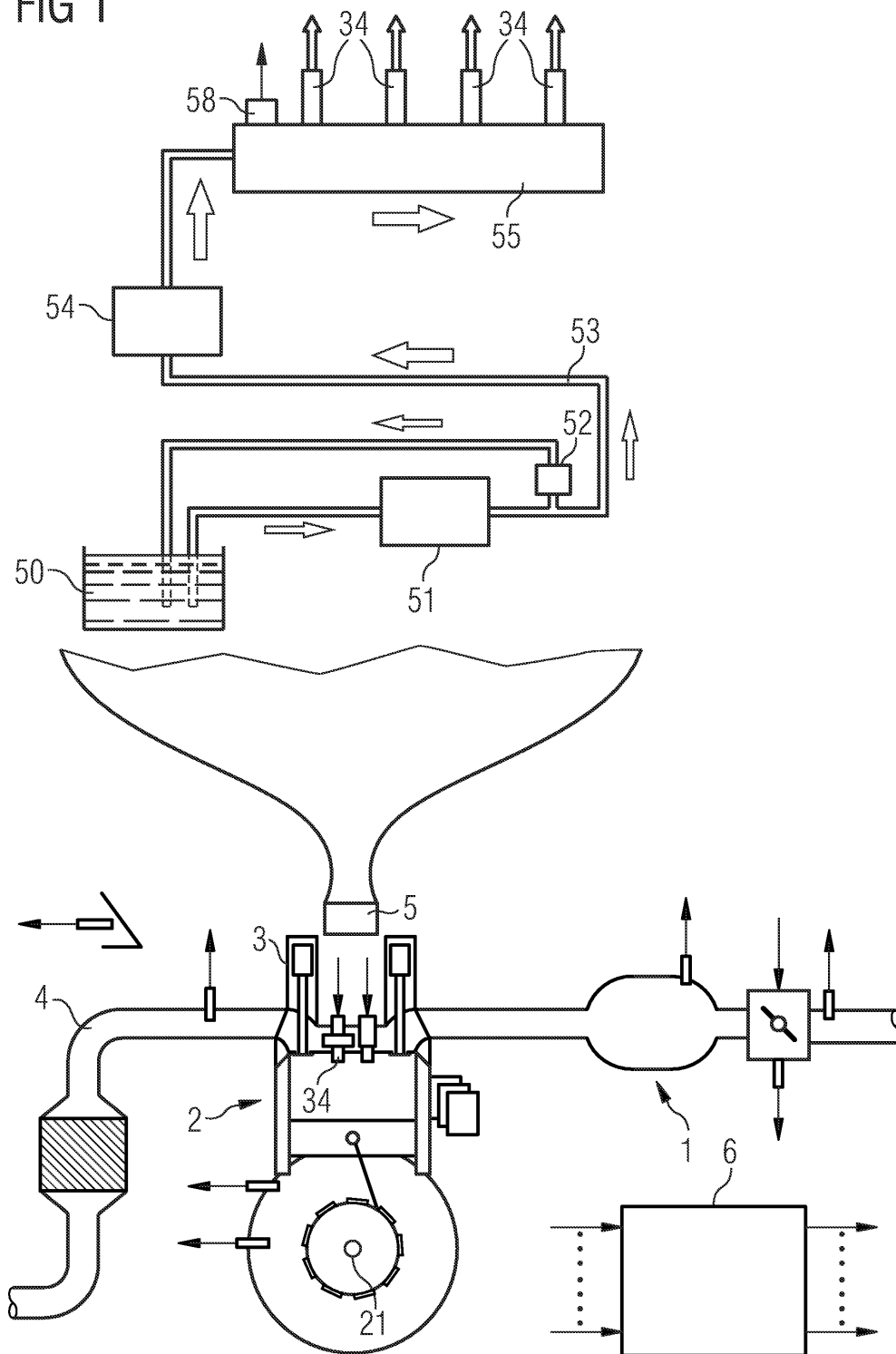


FIG 2

