

(19)



(11)

EP 1 567 758 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
13.02.2008 Patentblatt 2008/07

(51) Int Cl.:
F02D 41/20^(2006.01) F02D 41/24^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **03767399.3**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2003/003647

(22) Anmeldetag: **04.11.2003**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2004/048763 (10.06.2004 Gazette 2004/24)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM BETRIEB EINES EINSPRITZSYSTEMS EINER
BRENNKRAFTMASCHINE**

METHOD AND DEVICE FOR OPERATING AN INJECTION SYSTEM IN AN INTERNAL
COMBUSTION ENGINE

PROCEDE ET DISPOSITIF POUR FAIRE FONCTIONNER UN SYSTEME D'INJECTION D'UN
MOTEUR A COMBUSTION INTERNE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **25.11.2002 DE 10254844**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
31.08.2005 Patentblatt 2005/35

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

(72) Erfinder:
• **RUEGER, Johannes-Joerg
1130 Wien (AT)**
• **SCHULZ, Udo
71665 Vaihingen/Enz (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 138 919 DE-A- 3 929 747
DE-A- 10 032 022 DE-A- 19 905 340
DE-C- 10 002 270

EP 1 567 758 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 und eine Vorrichtung zum Betrieb eines Common-Rail-Einspritzsystems einer Brennkraftmaschine gemäß den Oberbegriffen der jeweiligen unabhängigen Ansprüche.

[0002] Ein hier betroffenes Hochdruck- oder Common-Rail-Einspritzsystem sowie ein mit einem Piezo-Aktor als Einspritzaktor ausgestattetes Einspritzventil (Injektor) gehen aus der DE 100 32 022 A1 und der DE 100 02 270 C1 hervor. Ein solches Einspritzventil dient zur fein regulierbaren Kraftstoffzumessung in den Verbrennungsraum der Brennkraftmaschine.

[0003] In einem solchen Einspritzventil dient der Piezo-Aktor zur Steuerung der Bewegung einer Düsennadel des Einspritzventils, wobei entweder die Düsennadel selbst oder ein die Bewegung der Düsennadel steuerndes Steuerventil angesteuert wird.

[0004] Zur exakten Zumessung von Kraftstoff in den Verbrennungsraum ist eine möglichst genaue Kenntnis des Hubes des Piezo-Aktors bzw. der Düsennadel im Zusammenspiel mit dem Steuerventil erforderlich. Wie aus der Fig. 1 zu ersehen, wird bei den in der DE 100 02 270 C1 beschriebenen Piezo-Common-Rail(PCR)-Systemen über den Piezo-Aktor und einen zwischengeschalteten hydraulischen Koppler das Steuerventil betätigt, welches wiederum durch Modulation des Druckes in einem so genannten Steuerraum die Düsennadelbewegung steuert.

[0005] Aus der DE 199 05 340 ist ein Verfahren zur Voreinstellung und dynamischen Nachführung piezoelektrischer Aktoren bekannt. Zum Einstellen eines gewünschten Leerhubes zwischen dem Betätigungselement und dem Piezoaktor wird dem Piezoaktor Gleichspannung zugeführt, die eine von der Ansteuerspannung unabhängige Längenänderung des Piezoaktors bewirkt.

[0006] Die für eine bestimmte Einspritzmenge erforderliche, impulsförmige Ansteuerspannung dieser Piezo-Aktoren ist bekanntermaßen von Zustandsgrößen des Einspritzsystems wie bspw. den im Common-Rail momentan herrschenden Raildruck oder der Temperatur des Piezo-Aktors abhängig. Daher hat zur Ermöglichung kleinster Einspritzmengen eine entsprechende Adaption der Ansteuerspannung zu erfolgen. Die genannte Abhängigkeit vom Raildruck ergibt sich aus der vorgenannten Funktionsweise des Einspritzventils und die genannte Temperaturabhängigkeit aus dem mit der Temperatur veränderlichen Hub des Piezo-Aktors. Die Auswirkung auf die Einspritzmenge ergibt sich durch den unterschiedlichen realen Ansteuerbeginn bzw. das Ansteuerende bei variierendem Aktorhub oder variierendem hydraulischen und mechanischen Betriebsparametern.

[0007] Zu den genannten Zustandsgrößen hinzu kommen Exemplarstreuungen insbesondere des Aktorhubs und Streuungen bei der Funktion des hydraulischen Kopplers, beim Steuerventilsitz, o: ä.

[0008] Die genannten Effekte werden im Stand der Technik im Rahmen einer stationär durchgeführten,

worst-case¹-Betrachtung berücksichtigt, d.h. sie können nicht bei einer im Betrieb der Brennkraftmaschine erfolgenden Ansteuerung berücksichtigt werden. Daher wird nicht ermöglicht, die Genauigkeit der Einspritzmengen im Betrieb noch weiter zu verbessern. Gerade im Hinblick auf zukünftig einzuhaltende Abgasnormen wird dies nachteilig sein.

[0009] Aus der DE 39 29 747 A1 geht ferner ein Verfahren zur Steuerung eines Kraftstoffeinspritzsystems mit einer Hochdruckkraftstoffpumpe hervor, wobei die in die jeweiligen Verbrennungsräume der Brennkraftmaschine einzuspritzende Kraftstoffmenge mittels Magnetventilen gesteuert wird. Fertigungs- und altersbedingte Streuungen in der eingespritzten Kraftstoffmenge in die einzelnen Verbrennungsräume bewirken, dass bei gleichem Ansteuersignal unterschiedliche Kraftstoffmengen zugeführt werden, was insbesondere bei in Voreinspritzungen eingespritzten Kleinstmengen zu erheblichen Mengenfehlern führen. Zur Vermeidung dieser Streuungen wird in bestimmten Betriebszuständen der Brennkraftmaschine die Impulsdauer der Ansteuerimpulse des Magnetventils, bei der gerade eine Voreinspritzung einsetzt, ermittelt. Ausgehend von der so ermittelten Dauer der Ansteuerimpulse werden Abgleichsignale für die Ansteuerimpulse gebildet und dauerhaft abgespeichert.

[0010] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art dahingehend zu verbessern, dass durch Adaption der Ansteuerspannung von Einspritzaktoren, beispielsweise Piezo-Aktoren, eines Einspritzsystems die Mengengenauigkeit an zugemessenem Kraftstoff, insbesondere auch im Betrieb der Brennkraftmaschine bzw. eines zugrundeliegenden Kraftfahrzeuges, erhöht wird.

[0011] Diese Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0012] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Betrieb eines Einspritzsystems, beispielsweise eines Common-Rail- oder eines Pumpe-Düse-Einspritzsystems einer Brennkraftmaschine mit wenigstens einem mittels Ansteuerimpulsen steuerbaren Einspritzaktor, wobei die Ansteuerung des Einspritzaktors von wenigstens einer Zustandsgröße des Einspritzsystems abhängig ist, wird zunächst die wenigstens eine Zustandsgröße erfasst und zwischengespeichert. Danach wird wenigstens einer der Einspritzaktoren mit einem Ansteuerimpuls vorgegebbarer Impulsdauer und vorgegebbarer Ausgangsimpulshöhe angesteuert und währenddessen eine Einspritzerkennung durchgeführt. Im Falle, dass zunächst keine Einspritzung erkannt wird, wird die Impulshöhe des Ansteuerimpulses in vorgebbaren Schritten bei der vorgegebenen Impulsdauer so lange inkrementiert, bis eine Einspritzung erkannt wird. Im Falle einer erkannten Einspritzung wird die Impulshöhe des die Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses als Funktion der erfassten Zustandsgröße dauerhaft abgespeichert und im zukünftigen Betrieb des Einspritzsystems bei der An-

steuerung des wenigstens einen Einspritzaktors zugrunde gelegt.

[0013] Der Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens gegenüber dem Stand der Technik besteht darin, dass die für jeden einzelnen Einspritzaktor bzw. Injektor bei der jeweiligen Betriebsbedingung des Einspritzsystems, bspw. dem momentan herrschenden Raildruck und der Temperatur des Einspritzaktors bzw. Injektors, erforderliche Ansteuerspannung im Betrieb der Brennkraftmaschine bzw. des zugrundeliegenden Kraftfahrzeuges an den aktuell vorliegenden Betriebszustand adaptiert wird. Die genannte Zustandsgröße des Einspritzsystems umfasst vorliegend auch Betriebsgrößen des Einspritzaktors selbst, welche insbesondere von Exemplarstreuungen bei dessen Herstellung herrühren.

[0014] Bei der Erfindung liegt insbesondere der an sich bekannte Effekt zugrunde, dass bei den hier betroffenen Einspritzventilen bzw. Einspritzaktoren eine minimale, raildruckabhängige Ansteuerspannung erforderlich ist, um eine wirksame Einspritzung zu realisieren. Wird der Einspritzaktor allerdings mit einer geringeren Spannung beaufschlagt, so reicht die dadurch erzeugte Kraft nicht aus, um das Steuerventil gegen den Raildruck zu öffnen.

[0015] Der Erfindung liegt auch die Erkenntnis zugrunde, dass bei sukzessiver Erhöhung der Ansteuerspannung eine Einspritzung instantan einsetzt, sobald die Ansteuerspannung ausreichend groß ist. D.h. es existiert eine scharfe Trennung hinsichtlich der Systemreaktion bzgl. einer zu kleinen/ausreichenden Ansteuerspannung. Das vorgeschlagene Verfahren macht sich diese Eigenschaft zu Nutze, indem die im Betrieb der Brennkraftmaschine adaptierten Werte der Ansteuerspannung U_{erf} dazu verwendet werden, Kennlinie(n), Kennfelder oder Tabellen insbesondere der Wertepaare $U_{\text{erf}}(p_{\text{rail}})$ und/oder $U_{\text{erf}}(T_{\text{Aktor}})$ mit großer Präzision unter realen Betriebsbedingungen zu ermitteln.

[0016] Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die Ansteuerspannung ohne zusätzlichen sensorischen Aufwand an sich ändernde Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine, insbesondere sich ändernde Zustandsgrößen des Einspritzsystems, adaptiert werden kann, womit sich im Ergebnis eine gegenüber dem Stand der Technik noch präzisere Kraftstoffzumessung ergibt.

[0017] Das Verfahren ermöglicht eine für jedes Einspritzventil bzw. Injektor spezifische und für jeden Verbrennungsraum der Brennkraftmaschine individuelle Adaption der jeweiligen elektrischen Ansteuerspannung bei der Zumessung von Kraftstoff.

[0018] Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung insbesondere zur Ausführung des vorgenannten Verfahrens, welche erste Mittel zur Erfassung der wenigstens einen Zustandsgröße und zur Zwischenspeicherung einer etwa erfassten Zustandsgröße, zweite Mittel zur Ansteuerung des wenigstens einen Einspritzaktors mit einem Ansteuerimpuls vorgegebbarer Impulsdauer und vorgegebbarer Ausgangsimpulshöhe, dritte Mittel zur Durchführung einer Einspritzerkennung bei der Ansteuerung des wenigstens einen Einspritzaktors, vierte Mittel zur

Inkrementierung der Impulshöhe des Ansteuerimpulses in vorgebbaren Schritten bei der vorgegebenen Impulsdauer, sowie fünfte Mittel zur dauerhaften Abspeicherung der Impulshöhe des die Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses als Funktion der erfassten Zustandsgröße im Falle einer erkannten Einspritzung aufweist.

[0019] Die Erfindung wird nachfolgend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele und unter Bezugnahme auf die Zeichnung noch eingehender erläutert, aus denen weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung hervorgehen.

[0020] Im Einzelnen zeigen

Fig. 1 ein vereinfachtes Blockschaltbild eines Einspritzsystems gemäß dem Stand der Technik;

Fig. 2 eine schematische, ausschnittweise Darstellung eines im Stand der Technik bekannten Kraftstoffeinspritzventils für Brennkraftmaschinen im Längsschnitt;

Fig. 3 ein Blockschaltbild einer Einrichtung zum Betrieb eines Common-Rail-Einspritzsystems einer Brennkraftmaschine zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 4 exemplarische Ansteuerimpulse zur Illustration der Ansteuerung eines Einspritzaktors gemäß der Erfindung; und

Fig. 5 ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Prozedur zur Ansteuerung eines Einspritzaktors anhand eines Flussdiagrammes.

[0021] Die Fig. 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines Kraftstoffeinspritzsystems einer selbstzündenden Brennkraftmaschine gemäß dem Stand der Technik (DE 39 29 747 A1). Die hier nur schematisch dargestellte Brennkraftmaschine 10 erhält von einer Einspritzeinheit 30 eine bestimmte Kraftstoffmenge zugemessen. Der momentane Betriebszustand der Brennkraftmaschine 10 wird mittels Sensoren 40 erfasst und die so erfassten Messwerte 15 an ein Steuergerät 20 übermittelt. Diese Messwerte umfassen bspw. die Drehzahl und die Temperatur der Brennkraftmaschine sowie den tatsächlichen Einspritzbeginn und evtl. noch weitere Größen 25, die den Betriebszustand der Brennkraftmaschine charakterisieren, wie bspw. die Stellung eines Fahrpedals 25 oder der Umgebungsluftdruck. Das Steuergerät 20 berechnet anhand der Messwerte 15 und der weiteren Größen 25 entsprechend der vom Fahrer gewünschten Kraftstoffmenge Ansteuerimpulse 35, mit denen ein mengenbestimmendes Glied der Einspritzeinheit 30 beaufschlagt wird. Als mengenbestimmendes Glied dient dort ein Magnetventil, welches so angeordnet ist, dass durch die Öffnungsdauer bzw. die Schließdauer des Magnetventils die einzuspritzende Kraftstoffmenge festgelegt wird. Al-

lerdings ist anzumerken, dass anstelle von Magnetventilen auch andere elektrisch steuerbare Einspritzventile mit bspw. Piezo-Aktoren angeordnet sein können. Das nachfolgend beschriebene Verfahren ist davon jedoch unberührt.

[0022] Das (nicht gezeigte) Magnetventil ist insoweit nachteilig, als sich bei identischem Ansteuerimpuls unterschiedliche Schließzeiten ergeben können und daher bei gleicher Zeitdauer des Ansteuerimpulses und sonst gleichen Betriebsparametern unterschiedliche Kraftstoffmengen eingespritzt werden. Da die Ansteuerimpulse insbesondere bei Voreinspritzungen üblicherweise sehr kurz sind, kann nun der Fall eintreten, dass bei einzelnen Magnetventilen keine Voreinspritzung erfolgt oder die Voreinspritzung so stark wird, dass sich die Abgaswerte der Brennkraftmaschine verschlechtern.

[0023] In der Fig. 2 ist ein im Stand der Technik (DE 100 02 270 C1) bekanntes, piezoelektrisch steuerbares Einspritzventil 101 in einer Schnittzeichnung dargestellt. Das Ventil 101 weist einen piezoelektrischen Aktor 104 zur Betätigung eines in einer Bohrung 113 eines Ventilkörpers 107 axial verschiebbaren Ventiltglieds 103 auf. Das Ventil 101 weist ferner einen an den piezoelektrischen Aktor 104 angrenzenden Stellkolben 109 sowie einen an ein Ventilschließglied 115 angrenzenden Betätigungskolben 114 auf. Zwischen den Kolben 109, 114 ist eine als hydraulische Übersetzung arbeitende Hydraulikkammer 116 angeordnet. Das Ventilschließglied 115 wirkt mit wenigstens einem Ventilsitz 118, 119 zusammen und trennt einen Niederdruckbereich 120 von einem Hochdruckbereich 121. Eine nur schematisch angedeutete elektrische Steuereinheit 112 liefert die Ansteuerspannung für den piezoelektrischen Aktor 104 in Abhängigkeit insbesondere des Druckniveaus im Hochdruckbereich 121.

[0024] Die in der Fig. 3 gezeigte Einrichtung zum Betrieb eines Common-Rail-Einspritzsystems einer Brennkraftmaschine umfasst ein sogenanntes Freigabemodul 200, welches in dem Ausführungsbeispiel mittels eines von einem nicht gezeigten Steuergerät bereitgestellten Schub-Bits 205 freischaltbar ist. Dadurch ist gewährleistet, dass die erfindungsgemäße Prozedur ausschließlich im Schubbetrieb der Brennkraftmaschine durchgeführt wird. Mögliche weitere Eingangsgrößen des Freigabemoduls sind der momentane Raildruck und/oder die momentane Temperatur des Piezo-Aktors. Mittels dieser weiteren Größen kann erreicht werden, dass die Prozedur nur bei Vorliegen eines stationären Betriebszustandes des Einspritzsystems durchgeführt wird, wodurch die Genauigkeit der letztlich zu ermittelnden Ansteuerspannung wesentlich erhöht werden kann. Um den Raildruck während der Ausführung der Prozedur möglichst konstant zu halten, ist ferner eine Raildruck-Regelung 210 angeordnet, deren Betrieb durch das Freigabemodul 200 getriggert wird. Entsprechend getriggert wird auch ein Funktionsmodul 215 zur erfindungsgemäßen Ansteuerung der Einspritzaktoren und nachfolgenden Adaption der Ansteuersignale. Ein weiteres Ein-

gangssignal 220 des zuletzt genannten Funktionsmoduls 215 wird in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel von einem Drehzahlsignal-Auswertemodul 225 bereitgestellt, welches anhand eines vom Steuergerät bereitgestellten Drehzahlsignals eine Einspritzerkennung durchführt.

[0025] In der Fig. 4 sind typische Ansteuerspannungsimpulse dargestellt, um die schrittweise Erhöhung der Ansteuerspannung bei konstanter Ansteuerdauer zu verdeutlichen. Der erste Spannungsimpuls 400 unterscheidet sich von dem zweiten Spannungsimpuls 405 nur durch das gezeigte Spannungsinkrement ΔU_1 , wobei die gezeigte mittlere Impulsdauer Δt_1 bei beiden Spannungsimpulsen übereinstimmt.

[0026] Bei dem in der Fig. 5 gezeigten bevorzugten Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Prozedur wird angenommen, dass eine Ansteuerung eines einzelnen Einspritzaktors bzw. Injektors vorgenommen wird. Zusätzlich wird angenommen, dass die nachfolgenden Schritte mittels des bereits genannten Freigabemoduls 500 ausschließlich im Schubbetrieb der Brennkraftmaschine ausgeführt werden.

[0027] Im gezeigten Schritt 505 wird zunächst geprüft, ob eine Freigabe zur Adaption der Ansteuerspannung der Einspritzaktoren erfolgt ist. Ist diese Freigabe nicht erfolgt, wird die Adaption nicht durchgeführt 510. Wird die Adaption freigegeben, wird im nachfolgenden Schritt 515 geprüft, ob der Raildruck mittels der genannten Raildruck-Regelung 210 bereits auf einen innerhalb vorgegebbarer Schranken liegenden Wert eingeregelt ist. Ist die Einregelung noch nicht abgeschlossen, wird zu Schritt 505 zurückgesprungen. Andernfalls erfolgt eine Ansteuerung 520 eines einzelnen Einspritzventils bzw. Injektors vorgenommen und dessen Piezo-Aktor zunächst mit einer Spannung $U_{\min}$ beaufschlagt, welche so gewählt ist, dass in dem Injektor noch keine Einspritzung erfolgt. D.h. die Höhe der Spannung $U_{\min}$ ist so bemessen, dass sie noch nicht ausreicht, um bei dem im Rail vorherrschenden Raildruck das Steuerventil zu öffnen und eine Einspritzung zu bewirken. Die genannte Ansteuerung 520 erfolgt dabei mit einer vorgegebenen festen Ansteuerdauer $AD = \text{const}$.

[0028] Während der beschriebenen und der nachfolgenden Ansteuerungen wird jeweils die Systemreaktion, d.h. das Erfolgen einer Einspritzung in den dem angesteuerten Injektor zugeordneten Verbrennungsraum der Brennkraftmaschine, überwacht 525. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel erfolgt dies mittels des bereits genannten Drehzahlsignalauswertemoduls 225. Wird eine Einspritzung erkannt, wird die dafür ursächliche Ansteuerspannung U_{erf} zusammen mit dem aktuell vorliegenden Wert des Raildrucks dauerhaft abgespeichert 530. Im Falle jedoch, dass keine Einspritzung erkannt wird, wird die Ansteuerspannung solange schrittweise inkrementiert 535 und danach jeweils das Drehzahlsignal überwacht, bis eine momentenbildende und damit drehzahlerhöhende Einspritzung erkannt wird 525. Die dann zugrundeliegende Ansteuerspannung U_{erf} wird

zusammen mit dem Raildruckwert entsprechend abgespeichert 530.

[0029] Die in der Fig. 5 gezeigte Prozedur wird in dem Ausführungsbeispiel bei unterschiedlichen Raildrücken ausgeführt und dadurch die Erfassung einer Kennlinie $U_{\text{erf}}(p_{\text{Rail}})$ ermöglicht. Die Feinheit der vorbeschriebenen Inkremente der Ansteuerspannung bestimmt wesentlich die erreichbare Streuung der ermittelten Kennlinienwerte und damit letztlich die maximal erreichbare Präzision bei der Kraftstoffzumessung. Die so ermittelten Werte der Ansteuerspannung stellen jeweils Mindestspannungen dar, welche bei dem aktuellen Raildruck zu einer Aktorbewegung und damit zu einer mittelbar messbaren Einspritzung führen.

[0030] Die vorbeschriebene Prozedur kann ferner bei allen Verbrennungsräumen (Zylindern) der Brennkraftmaschine angewendet werden. Dabei kann es erforderlich sein, den Raildruck im Schubbetrieb auf einen Wert zu regeln, der vom üblicherweise in dem betreffenden Betriebspunkt der Brennkraftmaschine herrschenden Raildruck abweicht. Demzufolge wird auch der erreichbare Raildruckbereich nach oben hin begrenzt sein, so dass die Adaption nur innerhalb eines begrenzten Raildruckbereiches durchgeführt werden kann und eine Extrapolation für den übrigen Raildruckbereich erfolgen muss.

[0031] In einem anderen Ausführungsbeispiel wird der jeweils ermittelte Wert der Ansteuerspannung mit vorab empirisch festgelegten Sollspannungswerten verglichen und aus der ggf. sich ergebenden Differenz ein Korrekturwert bestimmt.

[0032] In einem weiteren Ausführungsbeispiel erfolgt die Ablage der ermittelten Werte der Ansteuerspannung in der Kennlinie gefiltert. Wenn bspw. der Raildruck den bei der Kennlinie zugrundegelegten, gerade aktiven Druckbereich verlässt, wird der jeweils neu adaptierte Wert der Ansteuerspannung vor der Ablage mit dem alten Spannungswert gefiltert, insbesondere mit diesem gewichtet, womit der Einfluss von Messstörungen bei der Erstellung der Kennlinie verringert wird.

[0033] Wie bereits erläutert, erfolgt die genannte Einspritzererkennung mittelbar anhand von Betriebskenngrößen der Brennkraftmaschine. Auf die dabei zugrundegelegte Betriebskenngröße kommt es allerdings nicht an. Eine bevorzugte Betriebskenngröße ist, wie vorbeschrieben, die Drehzahl bzw. der Wert eines von der Brennkraftmaschine bzw. einem entsprechenden Motorsteuergerät bereitgestellten Drehzahlsignals. Daneben kommen andere im Steuergerät bereits vorliegende Größen wie bspw. das von einem Brennraumdrucksensor bereitgestellte Drucksignal, das von einem im Verbrennungsraum angeordneten Klopfsensor bereitgestellte Klopfsignal oder das von einem Ionenstromsensor bereitgestellt Ionenstromsignal in Betracht.

[0034] In einem weiteren Ausführungsbeispiel wird die Größe der bei dem beschriebenen Verfahren fest vorgegebenen Ansteuerdauer so gewählt, dass bei dem aktuellen Raildruck maximal eine Einspritzmenge realisiert

wird, die für den Fahrer des zugrundeliegenden Fahrzeuges nicht spürbar ist, so dass sich durch die vorbeschriebene Adaptionsprozedur keine Komforteinbuße einstellt.

5 [0035] Es ist anzumerken, dass die vorbeschriebene Kennlinie $U_{\text{erf}}(p_{\text{Rail}})$ nur beispielhaft ist und andere Kenngrößenpaare wie bspw. die Ansteuerspannung ' U_{erf} ' über der Aktortemperatur ' $T_{\text{Piezo-Aktor}}$ ' zugrundegelegt werden können. Zudem wird das vorbeschriebene Einspritzsystem mit einem piezoelektrisch gesteuerten Einspritzaktor nur als Ausführungsbeispiel verstanden und kann bspw. auch magnetisch gesteuerte Aktoren oder dgl. umfassen.

10 [0036] Das vorbeschriebene Verfahren ist in einem in der Fig. 1 gezeigten Steuergerät in Form einer Programmroutine oder in Form von separaten Steuerungselementen einer entsprechenden Vorrichtung implementierbar. Die programmtechnischen Details einer solchen Implementierung sind dem einschlägigen Fachmann in Kenntnis des Vorstehenden geläufig und werden daher hier nicht näher erläutert.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Common-Rail-Einspritzsystems einer Brennkraftmaschine (10) mit wenigstens einem mittels Ansteuerimpulsen steuerbaren Einspritzaktor (104), wobei die Ansteuerung (215) des Einspritzaktors (104) anhand wenigstens einer Zustandsgröße des Common-Rail-Einspritzsystems durchgeführt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens eine Zustandsgröße erfasst und zwischengespeichert wird, dass der wenigstens eine Einspritzaktor (104) mit einem Ansteuerimpuls vorgebbarer Impulsdauer und vorgebbarer Ausgangsimpulshöhe angesteuert wird (520), dass bei der Ansteuerung (520) des wenigstens einen Einspritzaktors (104) eine Einspritzererkennung durchgeführt wird (525), dass **bei nachfolgenden** Ansteuerungen die Impulshöhe des Ansteuerimpulses in vorgebbaren Schritten bei der fest vorgegebenen Impulsdauer so lange inkrementiert wird (535), bis eine Einspritzung erkannt wird (525), und dass im Falle einer erkannten Einspritzung die Impulshöhe des die Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses als Funktion der erfassten Zustandsgröße dauerhaft abgespeichert (530) und im zukünftigen Betrieb des Common-Rail-Einspritzsystems bei der Ansteuerung des wenigstens einen Einspritzaktors zugrunde gelegt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Impulshöhe des eine Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses als Funktion der erfassten Zustandsgröße des Common-Rail-Systems nur dann dauerhaft abgespeichert wird, wenn die Zustandsgröße im betrachteten Zeitintervall nur

innerhalb einer vorgebbaren Schwankungsbreite variiert (515).

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausgangsimpulshöhe des Ansteuerimpulses so gewählt wird (400), dass bei dem momentanen Wert der Zustandsgröße noch keine Einspritzung erfolgt. 5
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die genannten Schritte bei wenigstens zwei unterschiedlichen Werten der Zustandsgröße durchgeführt werden und die jeweils sich ergebende Impulshöhe des eine Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses als Funktion des jeweiligen Wertes der Zustandsgröße in eine Tabelle, ein Kennfeld oder eine Kennlinie dauerhaft abgespeichert wird und die Tabelle oder das Kennfeld oder die Kennlinie im zukünftigen Betrieb des Common-Rail-Einspritzsystems bei der Ansteuerung des wenigstens einen Einspritzaktors zugrunde gelegt wird. 10 15
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Impulshöhe des eine Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses in Abhängigkeit vom jeweiligen Wert der Zustandsgröße gefiltert oder gewichtet in die Tabelle oder das Kennfeld oder die Kennlinie abgespeichert wird. 25
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zustandsgröße des Common-Rail-Einspritzsystems durch den im Common-Rail-Einspritzsystem momentan herrschenden Raildruck oder die im Common-Rail-Einspritzsystem momentan herrschende Temperatur oder durch Exemplarstreuungen des Common-Rail-Einspritzsystems oder seiner Komponenten gebildet wird. 30 35
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die genannten Schritte nur im Schubbetrieb der Brennkraftmaschine ausgeführt werden (500 - 510). 40
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einspritzerkennung mittelbar anhand von Betriebskenngrößen der Brennkraftmaschine erfolgt, und zwar bevorzugt anhand eines Drehzahlsignals und/oder eines Brennraumdrucksignals und/oder eines Klopfsignals und/oder eines Ionenstromsignals der Brennkraftmaschine erfolgt. 45 50
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die genannten Schritte für sämtliche Verbrennungsräume der Brennkraftmaschine zyklisch ausgeführt werden. 55

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ermittelten Werte der Impulshöhe des eine Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses mit vorgebbaren Sollwerten verglichen werden und aus einer dabei sich ergebenden Abweichung eine Korrekturgröße bestimmt wird, mittels der das Common-Rail-Einspritzsystem zukünftig betrieben wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Impulsdauer der Ansteuerimpulse so gewählt wird, dass bei dem vorliegenden Wert der Zustandsgröße eine Einspritzmenge realisiert wird, die eine möglichst geringe Einflussnahme auf den Betrieb der Brennkraftmaschine gewährleistet.
12. Vorrichtung zur Steuerung eines Common-Rail-Einspritzsystems einer Brennkraftmaschine (10), wobei das Common-Rail-Einspritzsystem wenigstens einen mittels Ansteuerimpulsen steuerbaren Einspritzaktor (104) aufweist und wobei die Ansteuerung (215) des Einspritzaktors (104) anhand wenigstens einer Zustandsgröße des Common-Rail-Einspritzsystems durchgeführt wird, **gekennzeichnet, durch** erste Mittel die die wenigstens eine Zustandsgröße erfassen und zwischen speichern zweite Mittel (520) die den wenigstens einen Einspritzaktor (104) mit einem Ansteuerimpuls vorgegebbarer Impulsdauer und vorgegebbarer Ausgangsimpulshöhe ansteuern, dritte Mittel (525) die bei der Ansteuerung (520) des wenigstens einen Einspritzaktors (104) eine Einspritzerkennung durchführen, vierte Mittel (535) die bei nachfolgenden Ansteuerungen die Impulshöhe des Ansteuerimpulses in vorgebbaren Schritten bei der fest vorgegebenen Impulsdauer so lange inkrementieren, bis eine Einspritzung erkannt wird, und fünfte Mittel (530) die im Falle einer erkannten Einspritzung die Impulshöhe des die Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses als Funktion der erfassten Zustandsgröße dauerhaft speichern um sie im zukünftigen Betrieb des Common-Rail-Einspritzsystems bei der Ansteuerung des wenigstens einen Einspritzaktors zugrunde zu legen.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die fünften Mittel (530) einen Vergleich umfassen, mittels dessen geprüft wird, ob die Zustandsgröße im betrachteten Zeitintervall innerhalb einer vorgebbaren Schwankungsbreite variiert, wobei die Impulshöhe des eine Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses als Funktion der erfassten Zustandsgröße des Common-Rail-Systems nur dann dauerhaft abgespeichert wird, wenn der Vergleich feststellt, dass die Zustandsgröße im betrachteten Zeitintervall tatsächlich innerhalb der vorgebbaren Schwankungsbreite variiert.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dass die fünften Mittel (530) wenigstens eine Tabelle, ein Kennfeld oder eine Kennlinie zur dauerhaften Ab-
speicherung der Impulshöhe des die Einspritzung bewirkenden Ansteuerimpulses als Funktion der er-
fassten Zustandsgröße aufweisen, welche im zu-
künftigen Betrieb des Common-Rail-Einspritzsys-
tems bei der Ansteuerung des wenigstens einen
Einspritzaktors zugrunde gelegt wird.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14,
gekennzeichnet durch sechste Mittel (500 - 510)
zur Erkennung eines Schubbetriebs der Brennkraft-
maschine.

Claims

1. Method for operating a common-rail injection system of an internal combustion engine (10), with at least one injection actuator (104) controllable by means of activation pulses, the activation (215) of the injection actuator (104) being carried out on the basis of at least one state variable of the common-rail injection system, **characterized in that** the at least one state variable is detected and intermediately stored, **in that** the at least one injection actuator (104) is activated (520) by means of an activation pulse of predeterminable pulse duration and of predeterminable output pulse height, **in that**, during the activation (520) of the at least one injection actuator (104), injection detection is carried out (525), **in that**, during subsequent activations, the pulse height of the activation pulse is incremented (535) in predeterminable steps, with the pulse duration being permanently predetermined, until an injection is detected (525), and **in that**, in the event of a detected injection, the pulse height of the activation pulse causing the injection is permanently stored (530) as a function of the detected state variable and is taken as a basis, in the future operation of the common-rail injection system, for the activation of the at least one injection actuator.
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the pulse height of the activation pulse causing an injection is permanently stored as a function of the detected state variable of the common-rail system only when the state variable varies (515) only within a predeterminable fluctuation width in the time interval considered.
3. Method according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the output pulse height of the activation pulse is selected (400) such that, at the instantaneous value of the state variable, still no injection takes place.
4. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the said steps are carried out

in the case of at least two different values of the state variable, and the pulse height, resulting in each case, of the activation pulse causing an injection is permanently stored as a function of the respective value of the state variable in a table, a characteristic map or a characteristic curve, and the table or the characteristic map or the characteristic curve is taken as a basis, in the future operation of the common-rail injection system, for the activation of the at least one injection actuator.

5. Method according to Claim 4, **characterized in that** the pulse height of the activation pulse causing an injection is stored, in a filtered or weighted form, as a function of the respective value of the state variable in the table or the characteristic map or the characteristic curve.
6. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the state variable of the common-rail injection system is formed by the rail pressure prevailing instantaneously in the common-rail injection system or by the temperature prevailing instantaneously in the common-rail injection system or by exemplary dispersions of the common-rail injection system or of its components.
7. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the said steps are carried out (500-510) only in the overrun mode of the internal combustion engine.
8. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** injection detection takes place indirectly on the basis of operating characteristics of the internal combustion engine, specifically, preferably, on the basis of a rotational speed signal and/or of a combustion-space pressure signal and/or of a knock signal and/or of an ion-current signal of the internal combustion engine.
9. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the said steps are carried out cyclically for all the combustion spaces of the internal combustion engine.
10. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the determined values of the pulse height of the activation pulse causing an injection are compared with predeterminable desired values and, from a deviation resulting in this case, a correcting variable is determined, by means of which the common-rail injection system is operated in future.
11. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the pulse duration of the activation pulses is selected such that, at the present

value of the state variable, an injection quantity is implemented which ensures that as little influence as possible is exerted on the operation of the internal combustion engine.

12. Device for controlling a common-rail injection system of an internal combustion engine (10), the common-rail injection system having at least one injection actuator (104) controllable by means of activation pulses, and the activation (215) of the injection actuator (104) being carried out on the basis of at least one state variable of the common-rail injection system, **characterized by** first means which detect and intermediately store the at least one state variable, second means (520) which activate the at least one injection actuator (104) by means of an activation pulse of predeterminable pulse duration and of predeterminable output pulse height, third means (525) which, during the activation (520) of the at least one injection actuator (104), carry out injection detection, fourth means (535) which, during subsequent activations, increment the pulse height of the activation pulse in predeterminable steps, with the pulse duration being permanently predetermined, until an injection is detected, and fifth means (530) which, in the event of a detected injection, permanently store the pulse height of the activation pulse causing the injection, as a function of the detected state variable, in order to take the said pulse height as a basis, in the future operation of the common-rail injection system, for the activation of the at least one injection actuator.
13. Device according to Claim 12, **characterized in that** the fifth means (530) comprise a comparator, by means of which a check is made as to whether the state variable varies within a predeterminable fluctuation width in the time interval considered, the pulse height of the activation pulse causing an injection being permanently stored as a function of the detected state variable of the common-rail system only when the comparator establishes that the state variable actually varies within the predeterminable fluctuation width in the time interval considered.
14. Device according to Claim 12 or 13, **characterized in that** the fifth means (530) have at least one table, one characteristic map or one characteristic curve for the permanent storage of the pulse height of the activation pulse causing the injection, as a function of the detected state variable, which table, characteristic map or characteristic curve is taken as a basis, in the future operation of the common-rail injection system, for the activation of the at least one injection actuator.
15. Device according to one of Claims 12 to 14, **characterized by** sixth means (500-510) for detecting an

overrun mode of the internal combustion engine.

Revendications

5

1. Procédé de gestion d'un système d'injection à rampe commune d'un moteur à combustion interne (10) comportant au moins un actionneur d'injecteur (104) commandé par des impulsions de commande, la commande (215) de l'actionneur d'injecteur (104) se faisant avec au moins une grandeur d'état du système d'injection à rampe commune, **caractérisé en ce qu'** on saisit au moins une grandeur d'état et on l'enregistre de façon intermédiaire, on commande (520) au moins un actionneur d'injecteur (104) avec une impulsion de commande de durée prédéfinie et d'amplitude d'impulsion de sortie prédéfinie, et pour la commande (520) d'au moins un actionneur (104), on effectue une détection d'injection (525), et pour les commandes suivantes, on incrémente (535) l'amplitude de l'impulsion de commande suivant des étapes prédéfinies pour une durée d'impulsion prédéfinie de manière fixe, jusqu'à ce que l'on détecte une injection (525) et dans le cas d'une injection détectée, on mémorise (530) de manière permanente l'amplitude de l'impulsion de commande qui a produit l'injection, en fonction de la grandeur d'état, saisie, et pour le fonctionnement futur du système d'injection à rampe commune, on utilise cette information pour la commande d'au moins un actionneur d'injecteur.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'** on ne mémorise de manière permanente l'amplitude de l'impulsion de commande produisant l'injection en fonction de la grandeur d'état saisie du système à rampe commune que si la grandeur d'état ne varie qu'à l'intérieur d'une plage d'oscillations, prédéfinie, (515) dans l'intervalle de temps considéré.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'** on sélectionne (400) l'amplitude de l'impulsion de sortie de l'impulsion de commande pour qu'à la valeur actionnée de la grandeur d'état, il ne se produise pas encore d'injection.
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'** on exécute les étapes pour au moins deux valeurs différentes de la grandeur d'état et on enregistre l'amplitude d'impulsion qui en résulte pour l'impulsion de commande produisant l'injection en fonction

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

de la valeur respective de la grandeur d'état, dans un tableau, un champ de caractéristiques ou une courbe caractéristique pour un enregistrement permanent et on applique le tableau ou le champ de caractéristiques ou la courbe caractéristique pour le fonctionnement futur du système d'injection à rampe commune au moins d'un actionneur d'injecteur.

5. Procédé selon la revendication 4,
caractérisé en ce qu'
on filtre ou on pondère l'amplitude de l'impulsion de commande produisant une injection, en fonction de la valeur respective de la grandeur d'état et on l'enregistre dans le tableau ou le champ de caractéristiques ou dans la courbe caractéristique. 5 10
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce qu'
on forme la grandeur d'état du système d'injection à rampe commune, régnant instantanément dans le système d'injection à rampe commune ou la température régnant instantanément dans le système d'injection à rampe commune ou par des dispersions d'exemplaires dans le système d'injection à rampe commune ou ses composants. 15 20 25
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce qu'
on effectue les étapes indiquées seulement si le moteur à combustion interne (500-510) est en mode de poussée 30
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce qu'
on détecte l'injection indirectement à l'aide des paramètres de fonctionnement du moteur à combustion interne et cela de préférence à l'aide d'un signal de vitesse de rotation et/ou d'un signal de pression de chambre de combustion et/ou d'un signal de cliquetis et/ou d'un signal de courant ionique du moteur à combustion interne. 35 40 45
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce qu'
on exécute de manière cyclique les étapes pour toutes les chambres de combustion du moteur à combustion interne. 50
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce qu'
on compare les valeurs obtenues de l'amplitude de l'impulsion de commande produisant une injection des valeurs de consigne prédéfinies et, à partir de 55

la déviation qui en résulte, on détermine une grandeur de correction à l'aide de laquelle on fait ensuite fonctionner le système d'injection à rampe commune.

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce qu'
on sélectionne la durée de l'impulsion de commande pour qu'avec la valeur présente de la grandeur d'état, on réalise une quantité à injecter qui influence aussi faiblement que possible le fonctionnement du moteur à combustion interne.
12. Dispositif de commande d'un système d'injection à rampe commune d'un moteur à combustion interne (10) selon lequel le système d'injection à rampe commune comporte au moins un actionneur d'injecteur (104) commandé par des impulsions des commandes et
la commande (215) de l'actionneur d'injection (104) se fait à l'aide d'au moins une grandeur d'état du système d'injection à rampe commune,
caractérisé par
 - des premiers moyens saisissant et mémorisant de façon intermédiaire au moins une grandeur d'état,
 - des seconds moyens (520) commandant au moins cet actionneur d'injection (104) avec une impulsion de commande de durée d'impulsion prédéfinie et d'amplitude d'impulsion prédéfinie,
 - des troisièmes moyens (525) qui exécutent une détection d'injection pour la commande (520) d'au moins un actionneur d'injection (104),
 - des quatrièmes moyens (535) qui, pour les commandes suivantes, incrémentent l'amplitude de l'impulsion de commande selon des étapes prédéfinies pour une durée d'impulsion prédéfinie de manière fixe, en poursuivant l'incrémentation jusqu'à la détection d'injection et
 - des cinquièmes moyens (530) qui, en cas d'injection détectée, mémorisent de manière permanente l'amplitude de l'impulsion de commande ayant produit l'injection, en fonction de la grandeur d'état saisie, pour utiliser cette information pour le fonctionnement futur du système d'injection à rampe commune, pour la commande d'au moins un actionneur d'injecteur.
13. Dispositif selon la revendication 12,
caractérisé en ce que
les cinquièmes moyens (530) comprennent un comparateur à l'aide duquel on vérifie si dans l'intervalle de temps considéré, la grandeur d'état varie dans la plage d'oscillations, prédéfinie,
on mémorise de manière permanente l'amplitude de l'impulsion de commande et on produit une injection

en fonction de la grandeur d'état saisie du système à rampe commune, seulement si le comparateur constate que dans l'intervalle de temps considéré, la grandeur d'état a varié à l'intérieur de la plage d'oscillations, prédéfinie.

5

14. Dispositif selon la revendication 12 ou 13,

caractérisé en ce que

les cinquièmes moyens (530) comprennent au moins tableau, un champ de caractéristiques ou une courbe caractéristique pour mémoriser de manière permanente l'amplitude de l'impulsion de commande ayant produit l'injection, en fonction de la grandeur d'état saisie qui sera utilisée pour le fonctionnement futur du système d'injection à rampe commune pour la commande d'au moins un actionneur d'injecteur.

10

15

15. Dispositif selon l'une des revendications 12 à 14,

caractérisé par

des sixièmes moyens (500-510) pour détecter le mode de fonctionnement en poussée du moteur à combustion interne.

20

25

30

35

40

45

50

55

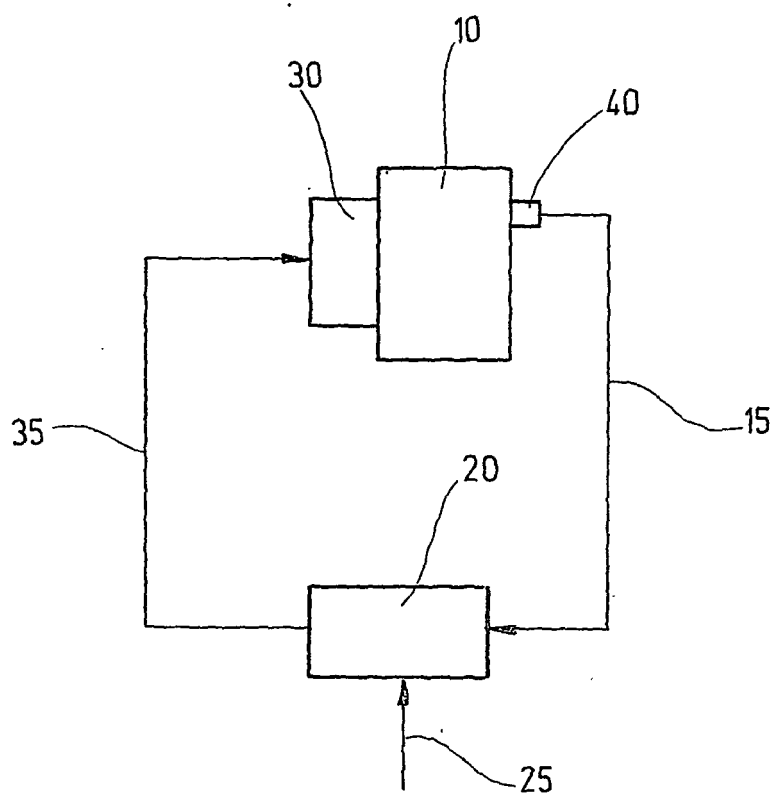


Fig.1

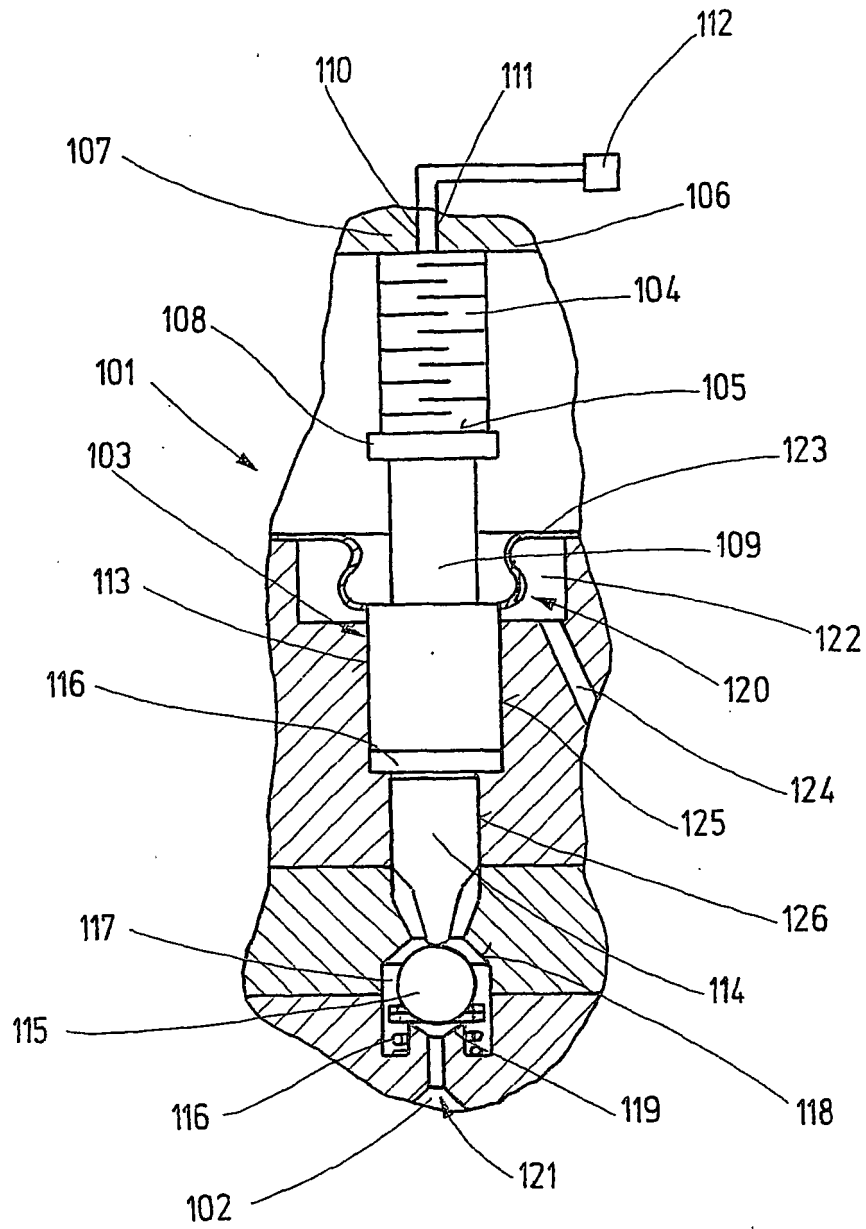
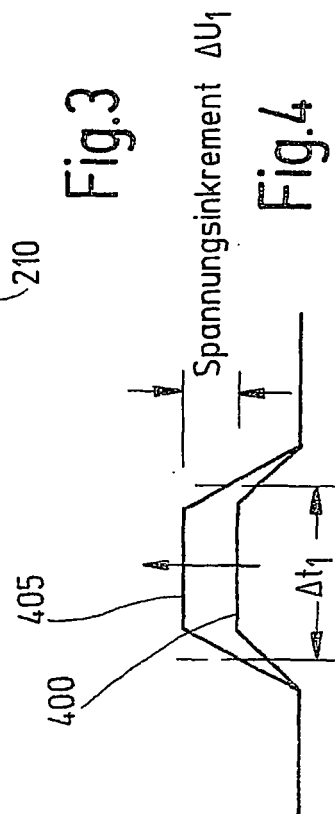
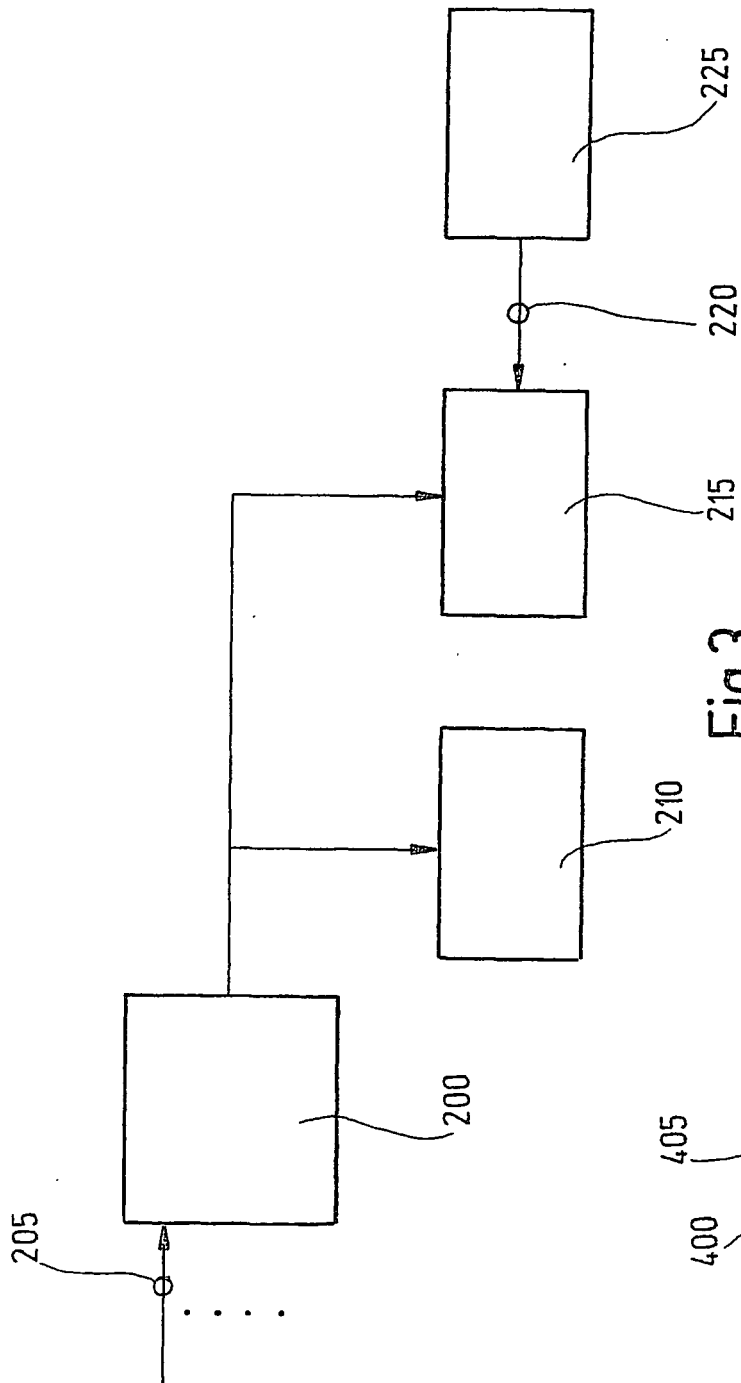


Fig.2



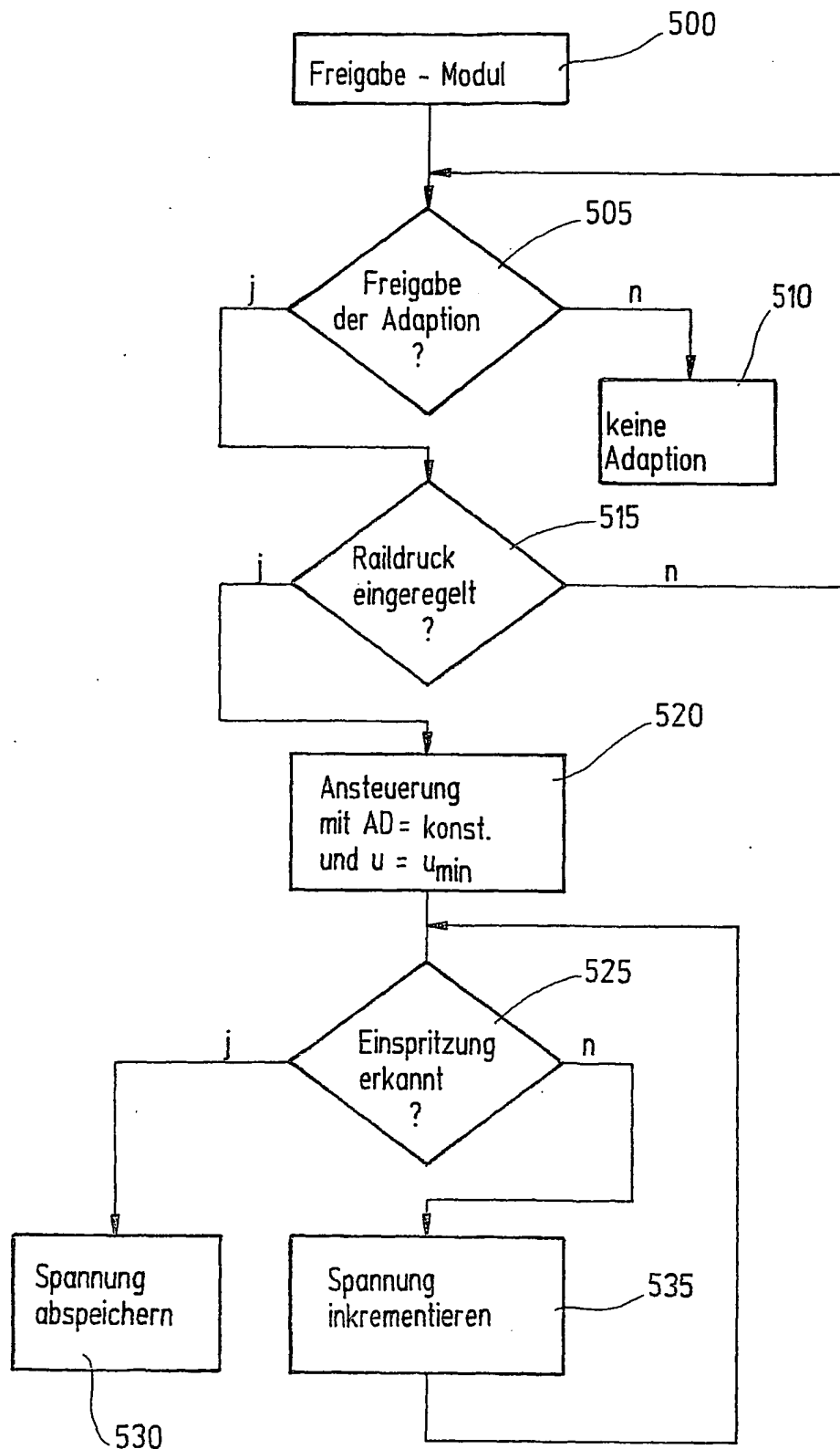


Fig.5

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 10032022 A1 [0002]
- DE 10002270 C1 [0002] [0004] [0023]
- DE 19905340 [0005]
- DE 3929747 A1 [0009] [0021]