(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 723 329 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
**18.07.2012 Patentblatt 2012/29**

(21) Anmeldenummer: **04817134.2**

(22) Anmeldetag: **08.12.2004**

(51) Int Cl.:
***F02D 41/24*** *(2006.01)* ***F02D 41/38*** *(2006.01)*
***F02M 59/36*** *(2006.01)* ***F02M 59/48*** *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
**PCT/EP2004/053347**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
**WO 2005/068810 (28.07.2005 Gazette 2005/30)**

(54) **VERFAHREN UND STEUERGER T ZUM BETREIBEN EINER BRENNKRAFTMASC HINE MIT EINEM EINSPRITZSYSTEM**

METHOD AND CONTROL DEVICE FOR OPERATING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE WITH AN INJECTION SYSTEM

PROCEDE ET APPAREIL DE COMMANDE PERMETTANT DE FAIRE FONCTIONNER UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE POURVU D'UN SYSTEME D'INJECTION

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

(30) Priorität: **14.01.2004 DE 102004001877**
**11.02.2004 DE 102004006694**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
**22.11.2006 Patentblatt 2006/47**

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

(72) Erfinder:
- **HOLL, Andreas**
  **70825 Korntal-Muenchingen (DE)**
- **SOVA, Rouslan**
  **70435 Stuttgart (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A- 0 677 655**
**EP-A- 1 298 306**
**DE-A- 10 044 514**
**DE-A1- 10 131 507**
**DE-A1- 19 757 594**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 723 329 B1

## Beschreibung

Stand der Technik

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren, ein Computerprogramm und ein Steuergerät zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit einem Einspritzsystem, insbesondere für ein Kraftfahrzeug. Darüber hinaus betrifft die Erfindung einen Datenträger mit diesem Computerprogramm und eine Brennkraftmaschine mit diesem Steuergerät.

**[0002]** Aus dem Stand der Technik, insbesondere der DE 101 31 507 A1, ist ein derartiges Verfahren und Steuergerät grundsätzlich bekannt. Es wird dort ein Einspritzsystem für eine Brennkraftmaschine offenbart, bei dem Kraftstoff von einer Zumesseinheit und einer Hochdruckpumpe in einen Kraftstoffspeicher gefördert wird. Das dort offenbarte Einspritzsystem umfasst weiterhin zwei Regelkreise zum Regeln des Druckes in dem Kraftstoffspeicher. Ein erster Regelkreis sieht vor, diesen Druck durch eine geeignete Ansteuerung eines Druckregelventils auf der Hochdruckseite des Einspritzsystems zu regeln. Ein zweiter Regelkreis sieht vor, den Druck in dem Kraftstoffspeicher durch geeignetes Ansteuern der Zumesseinheit auf der Niederdruckseite des Einspritzsystems zu regeln. Um Ungenauigkeiten bei der hochdruckseitigen Regelung des Druckes in dem Kraftstoffspeicher, welche auf Fertigungstoleranzen bei der Serienfertigung des Druckregelventils zurückzuführen sind, möglichst gering zu halten, wird in der genannten Offenlegungsschrift ein Verfahren zur Generierung einer individuellen Kennlinie offenbart, welche das reale Verhalten eines individuellen Druckregelventils repräsentiert. Das Druckregelventil wirkt dann im Rahmen des ersten Regelkreises vorzugsweise gemäß dieser individuellen Kennlinie anstatt gemäß einer angenäherten beziehungsweise normierten Kennlinie angesteuert.

**[0003]** Ungenauigkeiten können auch bei der Regelung des Druckes in dem Kraftstoffspeicher durch den zweiten Regelkreis entstehen. Dies gilt beispielsweise dann, wenn das Verhalten einer real verwendeten Zumesseinheit aufgrund von Fertigungstoleranzen von einem erwarteten Verhalten einer normierten Zumesseinheit abweicht.

**[0004]** Aus der DE 197 57 594 A1 ist ein Druckregler für ein Kraftstoffeinspritzsystem einer Brennkraftmaschine bekannt. Um die Funktionsfähigkeit dieses Druckreglers zu überwachen, wird der in einen Hochdruckspeicher geförderte Kraftstoffstrom nach einem vorgegebenen Muster moduliert und die daraus resultierenden Änderungen in der Stellgröße des Druckreglers erfasst. Durch einen Vergleich der Stellgröße mit einem vorgegebenen Muster können Funktionsfehler des Druckreglers erkannt werden.

**[0005]** Aus der DE 100 44 514 A1 ist ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit einem Einspritzsystem bekannt, bei der die Regelung der Fördermenge durch eine Zumesseinheit erfolgt. Dabei wird unterstellt, dass die Kennlinie dieser Zumesseinheit eine Gerade sei, deren Achsenabschnitt und Steigung kontinuierlich während des Betriebs der Brennkraftmaschine überprüft und erforderlichenfalls korrigiert werden.

**[0006]** Ausgehend von dem genannten Stand der Technik ist es deshalb die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren Computerprogramm und Steuergerät zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit einem Einspritzsystem bereitzustellen, welche eine Berücksichtigung des individuellen Verhaltens einzelner Zumesseinheiten bei deren Betrieb ermöglichen.

**[0007]** Diese Aufgabe wird durch das in Patentanspruch 1 beanspruchte Verfahren gelöst.

Vorteile der Erfindung

**[0008]** Die erfindungsgemäß generierte individuelle Kennlinie spiegelt das reale Verhalten einer tatsächlich verwendeten Zumesseinheit wesentlich präziser wieder als eine Norm-Kennlinie, welche typischerweise das statistisch gemittelte Verhalten einer großen Vielzahl von gefertigten Zumesseinheiten mit jeweils unterschiedlichen Fertigungstoleranzen repräsentiert. Wenn die aufgrund des erfindungsgemäßen Verfahrens ermittelte individuelle Kennlinie für die tatsächlich verwendete Zumesseinheit bei der Regelung des Druckes in dem Kraftstoffspeicher verwendet wird, so ist diese Regelung wesentlich präziser, als wenn sie anhand der Norm-Kennlinie erfolgen würde.

**[0009]** Die Kennlinie repräsentiert üblicherweise die von der Zumesseinheit für die Hochdruckpumpe bereitgestellte Kraftstoffmenge beziehungsweise den Mengenstrom in Abhängigkeit von der Größe ihres elektrischen Ansteuerstromes.

**[0010]** Das erfindungsgemäße Verfahren sieht vor, die individuelle Kennlinie durch Interpolation von mindestens zwei ermittelten Stützpunkten für diese Kennlinie zu generieren. Zur Ermittlung eines solchen Stützpunktes umfasst das Verfahren folgende Schritte: Betreiben der Brennkraftmaschine in einem geeignet vorbestimmten Referenzbetriebspunkt; und Ermitteln des vorläufigen Stützpunktes der individuellen Kennlinie für den Referenzbetriebspunkt als Wertepaar umfassend den von der Zumesseinheit in dem Referenzbetriebspunkt für die Hochdruckpumpe bereitgestellten Kraftstoff-Mengenstrom und den zugehörigen elektrischen Ansteuerstrom.

**[0011]** Es ist vorteilhaft, dass diese Ermittlung der einzelnen Stützpunkte erst dann durchgeführt wird, wenn die Brennkraftmaschine bei Betrieb in dem Referenzpunkt eine vorbestimmte Mindesttemperatur erreicht hat. Der Vorteil ist darin zu sehen, dass erst dann der Referenzbetriebspunkt stabil ist. Die bei stabilem Referenzbetriebspunkt ermittelten Stützwerte bilden das reale Verhalten einer tatsächlich verwendeten Zumesseinheit präziser ab, als Stützpunkte, welche bei einem instabilen beziehungsweise noch schwankenden Referenzbetriebspunkt ermittelt wurden.

**[0012]** Die Präzision, mit welcher die ermittelten Stütz-

punkte das reale Verhalten einer Zumesseinheit wiederspiegeln, kann dadurch weiter verbessert werden, dass sie mit Hilfe des beschriebenen Verfahrens zunächst nur vorläufig festgelegt werden. Es ist dann empfehlenswert, einer Mehrzahl von vorläufigen Stützpunkten für ein und denselben vorbestimmten Referenzbetriebspunkt durch mehrfaches Wiederholen der aufgezeigten Verfahrensschritte zu ermitteln, um dann durch geeignete Filterung dieser Mehrzahl von Stützpunkten einen endgültigen Stützpunkt zu ermitteln, welcher das reale Verhalten der Zumesseinheit noch präziser repräsentiert.

**[0013]** Die für die Interpolation der zu ermittelnden individuellen Kennlinie verwendeten Stützpunkte werden vorteilhafterweise für unterschiedliche Betriebszustände der Brennkraftmaschine, wie beispielsweise Leerlauf oder Volllastbetrieb, ermittelt. Auch ist es empfehlenswert, die Generierung der Stützpunkte für solche Betriebszustände vorzusehen, in denen die Brennkraftmaschine am häufigsten betrieben wird.

**[0014]** Erfindungsgemäß wird ein Unterschied zwischen der Norm-Kennlinie und der ermittelten individuellen Kennlinie berechnet. Der Druck als Regelgröße wird mit Hilfe einer Korrekturkennlinie, welche diesen Unterschied repräsentiert, bereinigt. Vorteilhafterweise kann die bereinigte Stellgröße wesentlich präziser, das heißt durch enger vorgegebene Mengenstrom-Grenzwerte überwacht werden als die nicht bereinigte Regelgröße. Der Grund dafür ist darin zu sehen, dass die Druck-Schwellenwerte für die bereinigte Regelgröße eventuelle Schwankungen der Regelgröße aufgrund des eventuell abweichenden Verhaltens der real verwendeten Zumesseinheit gegenüber einem Normverhalten nicht berücksichtigen muss.

**[0015]** Erfindungsgemäß wird ein Unterschied zwischen der Norm-Kennlinie und der ermittelten individuellen Kennlinie berechnet. Der Mengenstrom als Stellgröße (von der Zumesseinheit bereitgestellte Kraftstoffmenge) wird mit Hilfe einer Korrekturkennlinie, welche diesen Unterschied repräsentiert, bereinigt. Vorteilhafterweise kann die bereinigte Stellgröße wesentlich präziser, das heißt durch enger vorgegebene Mengenstrom-Grenzwerte, überwacht werden, als die nicht bereinigte Stellgröße. Der Grund dafür ist darin zu sehen, dass die Mengenstrom-Grenzwerte für die bereinigte Stellgröße die Abweichung aufgrund des eventuell abweichenden Verhaltens der real verwendeten Zumesseinheit gegenüber einem Normverhalten nicht berücksichtigen muss.

**[0016]** Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche.

**[0017]** Die oben genannte Aufgabe der Erfindung wird weiterhin durch ein Computerprogramm und ein Steuergerät zum Durchführen dieses Verfahrens sowie durch einen Datenträger mit dem Computerprogramm und eine Brennkraftmaschine mit dem Steuergerät gelöst. Die Vorteile dieser Lösungen entsprechen den oben mit Bezug auf das beschriebene Verfahren genannten Vorteilen.

Zeichnungen

**[0018]** Der Beschreibung sind insgesamt sechs Figuren beigefügt, wobei

- Figur 1 den Aufbau eines Einspritzsystems für eine Brennkraftmaschine;
- Figur 2 eine fehlerhafte Ansteuerung einer Zumesseinheit;
- Figur 3 das erfindungsgemäßes Verfahren;
- Figur 4 den erfindungsgemäßen Aufbau eines Steuergerätes;
- Figur 5 eine erfindungsgemäß generierte, individuelle Kennlinie für eine Zumesseinheit mit korrigierter Ansteuerung; und
- Figur 6 das Druckregelverhalten des Einspritzsystems, insbesondere bei Verwendung der individuellen Kennlinie für die Zumesseinheit

veranschaulicht.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

**[0019]** Die Erfindung wird nachfolgend in Form von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die genannten Figuren detailliert beschrieben.

**[0020]** Figur 1 zeigt ein Einspritzsystem 100 für eine Brennkraftmaschine (hier nicht gezeigt), wie es der vorliegenden Erfindung zugrunde liegt. Es umfasst einen Kraftstofftank 110, aus dem mit Hilfe einer elektrischen Kraftstoffpumpe 120 Kraftstoff zu einer Zumesseinheit 130 gefördert wird. Die Zumesseinheit 130 stellt im Ansprechen auf ein Regelsignal z eine bestimmte Kraftstoffmenge für eine nachgeschaltete Hochdruckpumpe 140 bereit. Die Hochdruckpumpe pumpt den Kraftstoff in einen Kraftstoffspeicher 150. In dem Kraftstoffspeicher 150 wird der Kraftstoff unter hohem Druck gespeichert, um auf Abruf für Einspritzventile 160 der Brennkraftmaschine zur Verfügung zu stehen. Die Größe des Druckes in dem Kraftstoffspeicher wird mit Hilfe eines Drucksensors 170 gemessen. Der Drucksensor 170 übermittelt den gemessenen Druck in dem Kraftstoffspeicher 150 in Form eines Messsignals p an ein Steuergerät 180 des Einspritzsystems 100. Im Rahmen der Erfindung fungiert das Steuergerät 180 im Wesentlichen als Druckregler zum Regeln des Druckes in dem Kraftstoffspeicher 150 im Ansprechen auf das Messsignal p unter Berücksichtigung unter anderem der jeweils aktuellen Drehzahl N und der aktuellen Betriebstemperatur T der Brennkraftmaschine.

**[0021]** Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Verfahren zur Generierung der individuellen Kennlinie iKL beziehungsweise der korrigierten Kennlinie detailliert be-

schrieben.

**[0022]** Dazu wird in Figur 2 zunächst ein Fehler veranschaulicht, der bei Ansteuerung der real verwendeten Zumesseinheit 130 auf Basis einer falschen Kennlinie entsteht. Dazu ist in Figur 2 ein Kraftstrom-Mengenstrom Q der Zumesseinheit, gemessen zum Beispiel in Litern pro Stunde, aufgetragen über deren elektrischem Ansteuerstrom I. Anders ausgedrückt, ist in Figur 2 derjenige Ansteuerstrom I für eine Zumesseinheit zu erkennen, der die Zumesseinheit veranlasst, eine gewünschte Menge beziehungsweise einen gewünschten Mengenstrom an Kraftstoff für die Hochdruckpumpe 140 bereitzustellen. Diese Menge hängt jedoch ganz entscheidend von dem Verhalten der tatsächlich verwendeten Zumesseinheit 130 ab, wie dies in Figur 2 veranschaulicht ist und nachfolgend erläutert wird.

**[0023]** Es sind in Figur 2 zwei Kennlinien dargestellt, wobei die erste eine Norm-Kennlinie nKL und die zweite eine individuelle Kennlinie iKL repräsentiert. Die Norm-Kennlinie nKL repräsentiert üblicherweise das statistisch gemittelte Verhalten einer Vielzahl von Zumesseinheiten mit unterschiedlichen Fertigungstoleranzen. Demgegenüber repräsentiert die individuelle Kennlinie iKL das reale Verhalten der tatsächlich verwendeten Zumesseinheit 130. Der Tatsache, dass die individuelle Kennlinie in Figur 2 oberhalb der Norm-Kennlinie liegt, ist zu entnehmen, dass die tatsächlich verwendete Zumesseinheit 130 bei gleichem Ansteuerstrom I eine größere Kraftstoffmenge bereitstellt, als dies eine normierte Zumesseinheit tun würde. Dies ist in Figur 2 an folgendem Beispiel veranschaulicht:

> Wenn die Druckregeleinrichtung 184 (siehe Figur 4) aufgrund einer aktuellen Druckregelabweichung e einen durch die Zumesseinheit 130 bereitzustellenden Mengenstrombedarf von 120 Litern feststellt (1), dann wäre es unter Zugrundelegung der Norm-Kennlinie nKL, das heißt eines normierten Verhaltens der Zumesseinheit 130, erforderlich, diese mit einem Ansteuerstrom von 1 A anzusteuern (2).

**[0024]** Weil jedoch die bei dem Beispiel in Figur 2 tatsächlich verwendete Zumesseinheit in ihrem Verhalten von der Norm abweicht, würde die tatsächlich verwendete Zumesseinheit 130 bei Ansteuerung mit einem Strom von 1 A tatsächlich nicht die geforderten 120 Liter pro Stunde, sondern stattdessen einen Mengenstrom von cirka 138 Litern pro Stunde an Kraftstoff für die Hochdruckpumpe 140 bereitstellen (3). Diese aus Sicht der Druckregelung fehlerhafte Ansteuerung der Zumesseinheit würde zu einem unerwünschten Druckanstieg in dem Kraftstoffspeicher führen, welcher von dem Drucksensor 170 erfasst und dem Steuergerät 180 als neuer Ist-Druck über das Messsignal p zugeführt würde. Die Druckregelung in dem Steuergerät 180 würde dann versuchen, diese unerwünschte Drucküberhöhung in Form eines Fehlerausgleichs über einen Integrationsanteil in der Druckregeleinrichtung 184 zu kompensieren (4), was letzten Endes bei alleiniger Zugrundelegung der falschen Norm-Kennlinie nKL zu einer erneut falschen, von der Zumesseinheit bereitgestellten, Kraftstoffmenge führen würde (5). Der auf diese Weise durch die Druckregeleinrichtung 184 bei der Zumesseinheit 130 eingestellte Mengenstrom läge in diesem Fall sogar unterhalb der ursprünglich gewünschten 120 Liter pro Stunde, weil die Regeleinrichtung davon ausgehen musste, dass der ursprünglich eingestellte Wert (3) zu hoch war.

**[0025]** Um derartige Instabilitäten bei der Regelung des Druckes in einem Kraftstoffspeicher 150 über eine Volumenstromregelung mit Hilfe der Zumesseinheit 130 auf der Niederdruckseite zu vermeiden, wird erfindungsgemäß ein Verfahren zur Generierung der individuellen Kennlinie vorgeschlagen. Die Ermittlung der individuellen Kennlinie gemäß Figur 3 bezieht sich auf ein Steuergerät, bei dem zunächst noch keine Korrekturkennlinie oder Filtereinrichtung vorhanden ist, sondern der Ausgang der Druckregeleinrichtung direkt zur Ansteuerung der Zumesseinheit 130 verwendet wird, welche im Unterschied zu der Normkennlinie das reale Verhalten der Zumesseinheit 130 wesentlich präziser repräsentiert; siehe Figur 2.

**[0026]** Dazu ist es zunächst erforderlich, die Brennkraftmaschine mit dem Einspritzsystem in Betrieb zu nehmen und zunächst abzuwarten, bis die Betriebstemperatur der Brennkraftmaschine über eine vorgegebene Mindesttemperatur T angestiegen ist. Erst dann wird gemäß Verfahrensschritt S0 eine sogenannte Lernfunktion gestartet. Die Lernfunktion bezeichnet eine Art Betriebsmodus des Steuergerätes 180, welcher die Generierung der individuellen Kennlinie iKL vorzugsweise parallel zu einem normalen Betrieb der Brennkraftmaschine ermöglicht. Im Rahmen dieser Lernfunktion wird dann gemäß einem Verfahrensschritt S1 vorzugsweise kontinuierlich der aktuelle Betriebszustand der Brennkraftmaschine daraufhin überprüft, ob, beziehungsweise wann, einer von in der Regel mehreren vorbestimmten Referenzbetriebspunkten von der Brennkraftmaschine eingenommen wird. Jeder dieser Referenzbetriebspunkte ist typischerweise durch einen vorbestimmten Druck in dem Kraftstoffspeicher, eine vorbestimmte Einspritzmenge in die Brennkammern der Brennkraftmaschine und/oder durch eine vorbestimmte Drehzahl N der Brennkraftmaschine definiert. Die Referenzbetriebspunkte sind vorteilhafterweise auf verschiedene Betriebszustände der Brennkraftmaschine verteilt. Bei diesen Betriebszuständen handelt es sich vorteilhafterweise um solche, welche die Brennkraftmaschine aufgrund ihrer jeweiligen Verwendung, beziehungsweise ihres jeweiligen Einsatzspektrums, besonders häufig einnimmt.

**[0027]** Wenn dann in Verfahrensschritt S2' festgestellt wird, dass die Brennkraftmaschine aktuell in einem ersten vorbestimmten Referenzpunkt betrieben wird, dann wird der aktuelle Wert des Regelsignals x am Ausgang der Druckregeleinrichtung 184 erfasst (siehe Figur 4) und zwischengespeichert. Außerdem wird ein zugehöriger Kraftstoff-Mengenstrom ermittelt. Dies geschieht in Ver-

fahrensschritt S3. Analog wird vorgegangen, wenn in Verfahrensschritt S2' festgestellt wird, dass die Brennkraftmaschine aktuell zwar nicht in dem ersten Referenzbetriebspunkt, aber in einem zweiten oder dritten Referenzbetriebspunkt betrieben wird, was in den Verfahrensschritten S2" und S2"' geprüft wird.

**[0028]** Das Regelsignal x wird in einem erkannten Referenzbetriebspunkt nicht nur einmal, sondern vorzugsweise mehrfach abgetastet, so dass in Verfahrensschritt S3 nicht nur ein einzelner Wert, sondern eine Mehrzahl von Werten für das Regelsignal x für jeweils einem Referenzbetriebspunkt zur Verfügung steht.

**[0029]** In Verfahrensschritt S4 werden die abgetasteten Werte für das Regelsignal x dann gefiltert, das heißt zum Beispiel dahingehend beobachtet beziehungsweise ausgewertet, inwieweit sie einen stabilisierten Wert für das Regelsignal x in dem aktuell eingenommenen Referenzbetriebspunkt repräsentieren. Diese Auswertung kann zum Beispiel in der Weise erfolgen, dass geprüft wird, ob die abgetasteten Werte innerhalb einer vordefinierten $\varepsilon$-Umgebung um einen Grenzwert liegen. Wenn sich bei einer derartigen Auswertung zeigt, dass die Abtastwerte des Regelsignals noch zu sehr schwanken und kein stabilisierter Wert erkennbar ist, dann wird von Verfahrensschritt S4 auf Verfahrensschritt S1 zurückverzweigt, wobei sich dann die Verfahrensschritte S2, S3 und S4 wiederholen. Alternativ zu einer Grenzwertbetrachtung können bei der Filterung die abgetasteten Werte in Schritt S4 auch einer Stabilisierung durch Mittelwertbildung unterzogen werden.

**[0030]** Wenn am Ende von Verfahrensschritt S2"' festgestellt wurde, dass die Brennkraftmaschine aktuell in keinem der Referenzbetriebspunkte betrieben wird, verzweigt das Verfahren ebenfalls wieder nach Verfahrensschritt S1.

**[0031]** Wenn jedoch in Verfahrensschritt S4 erkannt wird, dass die abgetasteten Werte für das Regelsignal x tatsächlich einen stabilen Wert repräsentieren, dann wird dieser Wert als endgültiger Stützpunkt für den jeweiligen Referenzpunkt auf der individuellen Kennlinie für die jeweils tatsächlich verwendete Zumesseinheit definiert. Diese Definition erfolgt in Verfahrensschritt S5. Der jeweilige Referenzpunkt, für den ein stabilisiertes Regelsignal definiert wurde, gilt dann im Rahmen der Lernfunktion als gelernt.

**[0032]** Im Verfahrensschritt S6 wird dann nachfolgend geprüft, ob bereits alle Referenzpunkte als gelernt gelten oder nicht. Wenn dem nicht so ist, verzweigt das Verfahren gemäß Figur 3 wieder zurück auf Verfahrensschritt S1, wo dann erneut im Zusammenwirken mit den Verfahrensschritten S2', S2" und S2"' geprüft wird, ob sich die Brennkraftmaschine in einem der Referenzpunkte befindet, für die noch kein stabilisiertes Regelsignal z definiert wurde. Für diese Referenzbetriebspunkte werden dann die Verfahrensschritte S3, S4, S5 und S6 erneut durchlaufen. Wenn jedoch in Verfahrensschritt S6 festgestellt wird, dass alle oder eine zumindest ausreichende Anzahl von Referenzbetriebspunkten gelernt wurde, dann wird gemäß Verfahrensschritt S7 die individuelle Kennlinie iKL für die jeweils real verwendete Zumesseinheit 130 durch Interpolation der endgültigen Stützstellen ermittelt. Die bei der Interpolation auftretenden Knicke in der individuellen Kennlinie können dann durch Extrapolation geglättet werden.

**[0033]** Die gemäß Verfahrensschritt S7 ermittelte individuelle Kennlinie für die Zumesseinheit 130 wird dann vorzugsweise in das Steuergerät 180 implementiert und zur präzisen Ansteuerung der Zumesseinheit 130 verwendet.

**[0034]** Alternativ zu dieser Vorgehensweise besteht auch die Möglichkeit, aus der so ermittelten individuellen Kennlinie eine Korrekturkennlinie herzuleiten, welche die Unterschiede in dem Verhalten der tatsächlich verwendeten Zumesseinheit gegenüber einer normierten Zumesseinheit repräsentiert. Diese Korrekturkennlinie lässt sich einfach durch Differenzbildung zwischen der individuellen und der Normkennlinie, insbesondere an den die einzelnen Referenzbetriebspunkte repräsentierenden Stützstellen, ermitteln.

**[0035]** Mit der Kenntnis dieser Korrekturkennlinie kann dann ein wie bisher auf Basis der Normkennlinie generiertes Regelsignals x zur Ansteuerung der Zumesseinheit korrigiert werden. Dazu wird das Steuergerät 180 vorzugsweise als Druckregler gemäß Figur 4 ausgebildet.

**[0036]** Als solcher umfasst es eine erste Subtraktionseinrichtung 182 zum Erzeugen einer Druckregelabweichung e als Differenz zwischen dem durch das Messsignal p repräsentierten Ist-Druck und einem vorgegebenen Soll-Druck $p_{soll}$ in dem Kraftstoffspeicher 150. Das Steuergerät umfasst weiterhin die Druckregeleinrichtung 184 zum Empfangen der Regelabweichung e und zum Generieren eines Regelsignals x nach Maßgabe durch die Regelabweichung e und unter Zugrundelegung einer Norm-Kennlinie Kraftstoff-Mengenstrom/elektrischer Ansteuerstrom für die Zumesseinheit 130. Das Regelsignal x repräsentiert die in Anbetracht der aktuellen Druck-Regelabweichung e von der Zumesseinheit 130 für die Hochdruckpumpe 140 bereitzustellende Kraftstoffördermenge, welche erforderlich ist, um die Regelabweichung zu Null zu machen.

**[0037]** Neben der Norm-Kennlinie ist in dem Steuergerät 180 auch eine gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren zu generierende Korrekturkennlinie hinterlegt. Sie dient zum Ermitteln eines Korrekturanteils für das Regelsignal x, welcher ein eventuell unterschiedliches Ansteuer- und Förderverhalten der real verwendeten Zumesseinheit 130 gegenüber einer normierten Zumesseinheit repräsentiert. Mit Hilfe einer zweiten Additionsbeziehungsweise Subtraktionseinrichtung 187 generiert das Steuergerät 180 dann ein korrigiertes Regelsignal y für die Zumesseinheit 130. Mit Hilfe der zweiten Additions- oder Subtraktionseinrichtung wird das Regelsignal x mit dem Korrekturanteil zu dem korrigierten Regelsignal y verknüpft, welches einen korrigierten Mengenwunsch für die durch die Zumesseinheit 130 bereitzu-

stellende Kraftstoffördermenge repräsentiert. Vorteilhafterweise umfasst das Steuergerät 180 weiterhin eine Filtereinrichtung 188 zum Generieren eines stabilisierten korrigierten Regelsignals z aus dem korrigierten Regelsignal y zum Ansteuern der Zumesseinheit 130.

**[0038]** Bei dem soeben beschriebenen Aufbau des Steuergerätes 180 als Druckregler wurde vorausgesetzt, dass in dem Steuergerät und insbesondere in der Druckregeleinrichtung 184 eine Norm-Kennlinie für Zumesseinheiten hinterlegt ist. Zusätzlich ist erfindungsgemäß die Korrekturkennlinie 186 hinterlegt, zum Anpassen der Norm-Kennlinie an das reale Verhalten der tatsächlich verwendeten Zumesseinheit 130. Durch die mathematische Verknüpfung dieser beiden Kennlinien wird praktisch die neue, individuelle Kennlinie generiert, welche das reale Verhalten der tatsächlich verwendeten Zumesseinheit repräsentiert. Diese individuelle Kennlinie liegt letzten Endes dem berechneten, korrigierten Regelsignal y zugrunde.

**[0039]** In Figur 5 sind die Auswirkungen der Verwendung der individuellen Kennlinie iKL beziehungsweise der Norm-Kennlinie nKL unter Berücksichtigung der Korrekturkennlinie (nicht gezeigt) auf das Druckregelverhalten des Einspritzsystems veranschaulicht. Es ist zur erkennen, dass, wenn die Druckregeleinrichtung 184 einen bestimmten Mengenstrombedarf Q zum Ausregeln einer aktuell festgestellten Druckregelabweichung e ermittelt hat, zum Beispiel 118 Liter pro Stunde (1), dann wird dieser Mengenbedarf zunächst gemäß der gelernten Korrekturkennlinie abgeändert (2). Mit diesem korrigierten Mengenbedarf wird dann aus der in dem Steuergerät 180 hinterlegten Norm-Kennlinie nKL derjenige elektrische Sollstrom ermittelt, der zum Ausgleich der festgestellten Regelabweichung e für die Ansteuerung der tatsächlich verwendeten Zumesseinheit 130 erforderlich ist. Dass es sich bei diesem Strom, der in Figur 5 beispielhaft einen Wert von 1,07 A hat, tatsächlich um den richtigen Strom handelt, ist in Figur 5 dadurch zu erkennen, dass sich für genau diesen Strom bei Zugrundelegung der individuellen Kennlinie iKL genau der benötigte Mengenstrombedarf von 118 Litern pro Stunde ergibt (3).

**[0040]** In Figur 6 sind die Auswirkungen der Verwendung der individuellen Kennlinie beziehungsweise der Norm-Kennlinie bei zusätzlicher Berücksichtigung der Korrekturkennlinie auf den Druck in dem Kraftstoffspeicher 150 zu erkennen. Der Ausgang der Druckregeleinrichtung 184 ohne Korrektur D, das heißt das Regelsignal x, ist wesentlich instabiler als der Reglerausgang mit nachgeschalteter Korrektur C, welcher das Regelsignal y repräsentiert; die Instabilität zeigt sich in größeren Amplitudenschwankungen. Dementsprechend sind auch die Schwankungen des Druckes in dem Kraftstoffspeicher 150 ohne Korrektur A, das heißt bei Ansteuerung der Zumesseinheit 130 direkt durch das Regelsignal x wesentlich größer als die Druckschwankungen B bei Ansteuerung der Zumesseinheit mit dem korrigierten Regelsignal y oder sogar dem stabilisierten Regelsignal z.

**[0041]** Das erfindungsgemäße Verfahren wird vorzugsweise in Form eines Computerprogramms realisiert. Dieses Computerprogramm kann dann gegebenenfalls zusammen mit weiteren Computerprogrammen zur Steuerung und/oder Regelung des Einspritzsystems der Brennkraftmaschine auf einem Computer lesbaren Datenträger abgespeichert sein. Bei dem Datenträger kann es sich um eine Diskette, eine Compact-Disc, einen sogenannten Flash-Memory oder dergleichen handeln. Das auf dem Datenträger abgespeicherte Computerprogramm kann dann als Produkt an einen Kunden verkauft werden.

**[0042]** Alternativ zu einer Übertragung per Datenträger kann die Übertragung auch über ein elektronisches Kommunikationsnetzwerk, insbesondere das Internet, erfolgen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit einem Einspritzsystem (100), insbesondere für ein Kraftfahrzeug, bei dem Kraftstoff von einer Hochdruckpumpe (140) in einen Kraftstoffspeicher (150) gefördert wird, bei dem zwischen einem Kraftstofftank (110) und der Hochdruckpumpe (140) eine Zumesseinheit (130) angeordnet ist und bei dem der Druck in dem Kraftstoffspeicher (150) erfasst und durch Ansteuerung der Zumesseinheit (130) geregelt wird, wobei während des Betriebs der Brennkraftmaschine eine individuelle Kennlinie (iKL), welche das reale Verhalten der Zumesseinheit repräsentiert, für die Ansteuerung der Zumesseinheit (130) ermittelt wird; **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ermittlung eines vorzugsweise zunächst nur vorläufigen Stützpunktes für die individuellen Kennlinie, welche den von der Zumesseinheit (130) für die Hochdruckpumpe bereitgestellten Kraftstoff-Mengenstrom (Q) in Abhängigkeit ihres Ansteuerstromes (I) repräsentiert, folgende Schritte umfasst:

   Betreiben der Brennkraftmaschine in einem geeignet vorbestimmten Referenzbetriebspunkt; und

   Ermitteln des vorläufigen Stützpunktes der individuellen Kennlinie für den Referenzbetriebspunkt als Wertepaar umfassend den von der Zumesseinheit (130) in dem Referenzbetriebspunkt für die Hochdruckpumpe (140) bereitgestellten Kraftstoff-Mengenstrom und den zugehörigen elektrischen Ansteuerstrom, wobei die Ermittlung des vorläufigen Stützpunktes erst dann durchgeführt wird, wenn die Brennkraftmaschine bei Betrieb in dem Referenzbetriebspunkt einen vorbestimmten Mindesttemperatur-Schwellenwert überschritten hat, wobei eine Mehrzahl von vorläufigen Stützpunkten für ein und denselben vorbestimmten Referenzbetriebspunkt durch Mehrfaches Wiederholen er-

mittelt wird; und wobei ein endgültiger Stützpunkt für den vorbestimmten Referenzbetriebspunkt durch Filtern der Mehrzahl der vorläufigen Stützpunkte ermittelt wird und wobei die Ermittlung der individuellen Kennlinie folgende Schritte umfasst:

Ermitteln von mindestens zwei endgültigen Stützpunkten für unterschiedliche geeignet ausgewählte Referenzbetriebspunkte; und Ermitteln der individuellen Kennlinie für die real verwendete Zumesseinheit (130) durch Interpolieren der mindestens zwei Stützpunkte und vorzugsweise Extrapolieren von aus der Interpolation mehrerer Stützpunkte resultierender Knickpunkte der individuellen Kennlinie.

**2.** Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Filterung in einer Mittelwertbildung oder in einer Auswertung der ermittelten vorläufigen Stützpunkte hinsichtlich der Frage besteht, ob die vorläufigen Stützpunkte innerhalb einer vordefinierten $\varepsilon$-Umgebung um einen Grenzwert liegen, wobei dann der Grenzwert als endgültiger Stützpunkt definiert wird.

**3.** Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Referenzbetriebspunkt durch einen vorbestimmten Druck im Kraftstoffspeicher, eine vorbestimmte Einspritzmenge und/oder eine vorbestimmte Drehzahl der Brennkraftmaschine definiert wird.

**4.** Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die einzelnen Referenzbetriebspunkte zur Ermittlung einer einzelnen individuellen Kennlinie fahrzeugabhängig in unterschiedliche Betriebszustände der Brennkraftmaschine, wie beispielsweise Leerlauf oder Volllast oder maximales Drehmoment, gelegt werden.

**5.** Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die einzelnen Referenzbetriebspunkte zur Ermittlung einer einzelnen individuellen Kennlinie fahrzeugabhängig in solche Betriebszustände der Brennkraftmaschine gelegt werden, in denen die Brennkraftmaschine bei Einbau in ein Fahrzeug am häufigsten betrieben wird.

**6.** Computerprogramm mit Programmcode, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Programmcode ausgebildet ist zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5.

**7.** Datenträger **gekennzeichnet durch** das auf ihm gespeicherte Computerprogramm nach Anspruch 6.

**8.** Steuergerät (180) für eine Brennkraftmaschine mit einem Einspritzsystem (100), insbesondere für ein Kraftfahrzeug, bei dem Kraftstoff von einer Zumesseinheit (130) und einer Hochdruckpumpe (140) in einen Kraftstoffspeicher (150) gefördert wird, und bei dem der Druck in dem Kraftstoffspeicher erfasst und durch Ansteuerung der Zumesseinheit geregelt wird; **dadurch gekennzeichnet, dass**
das Steuergerät (180) so ausgebildet ist, dass es während des Betriebs der Brennkraftmaschine eine individuelle Kennlinie nach einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 ermittelt.

**9.** Steuergerät (180) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuergerät ausgebildet ist, die Zumesseinheit (130) unter Berücksichtigung der zuvor ermittelten individuellen Kennlinie (iKL) anzusteuern.

**10.** Steuergerät (180) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuergerät umfasst:

eine Druckregeleinrichtung (184) zum Empfangen einer Regelabweichung (e) als Differenz zwischen einem Ist-Druck und einem Soll-Druck in dem Kraftstoffspeicher (150) und zum Generieren eines Regelsignals (x) nach Maßgabe durch die Regelabweichung (e) unter Zugrundelegung einer Norm-Kennlinie (nKL) für die Zumesseinheit (130), wobei das Regelsignal (x) die in Anbetracht der Regelabweichung (e) von der Zumesseinheit (130) für die Hochdruckpumpe (140) bereitzustellende Kraftstoffördermenge repräsentiert;
die hinterlegte Korrekturkennlinie (186) zum Ermitteln eines Korrekturanteils für das Regelsignal (x), welcher ein eventuell unterschiedliches Ansteuer- und Förderverhalten der real verwendeten gegenüber der normierten Zumesseinheit repräsentiert;
eine Additions- oder Subtraktionseinrichtung (187) zum Generieren eines korrigierten Regelsignals (y) für die Zumesseinheit (130) durch mathematisches Verknüpfen des Regelsignals (x) mit dem Korrekturanteil, wobei das korrigierte Regelsignal (y) einen korrigierten Mengenwunsch für die durch die Zumesseinheit (130) bereitzustellende Kraftstoffördermenge repräsentiert.

**11.** Steuergerät nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuergerät weiterhin eine Filtereinrichtung (188) aufweist zum Generieren eines stabilisierten Regelsignals (z) für die Zumesseinheit (130) durch Filtern des korrigierten Regelsignals (y).

**12.** Brennkraftmaschine, insbesondere für ein Kraftfahr-

zeug, mit einem Einspritzsystem (100) bei dem Kraftstoff von einer Zumesseinheit (130) und einer Hochdruckpumpe (140) in einen Kraftstoffspeicher (150) gefördert wird, und bei dem der Druck in dem Kraftstoffspeicher (150) erfasst und durch Ansteuerung der Zumesseinheit durch ein Steuergerät (180) nach Anspuch 8 geregelt wird.

## Claims

1. Method for operating an internal combustion engine having an injection system (100), in particular for a motor vehicle, in which fuel is delivered by a high-pressure pump (140) into a fuel accumulator (150), in which a metering unit (130) is arranged between a fuel tank (110) and the high-pressure pump (140), and in which the pressure in the fuel accumulator (150) is detected and is regulated through the actuation of the metering unit (130), wherein during the operation of the internal combustion engine, an individual characteristic curve (iKL) which represents the real behaviour of the metering unit is determined for the actuation of the metering unit (130); **characterized in that** the determination of a preferably initially only preliminary interpolation point for the individual characteristic curve which represents the fuel flow rate (Q) provided by the metering unit (130) for the high-pressure pump as a function of the actuation current (I) of said metering unit comprises the following steps:

   operating the internal combustion engine at a suitably predetermined reference operating point; and
   determining the preliminary interpolation point of the individual characteristic curve for the reference operating point as a value pair comprising the fuel flow rate provided at the reference operating point by the metering unit (130) for the high-pressure pump (140) and comprising the associated electrical control current, wherein the determination of the preliminary interpolation point is first carried out when the internal combustion engine, during operation at the reference operating point, has exceeded a predetermined minimum temperature threshold, wherein a multiplicity of preliminary interpolation points is determined for one and the same predetermined reference operating point by multiple repetition; and wherein a definitive interpolation point for the predetermined reference operating point is determined by filtering the multiplicity of preliminary interpolation points, and wherein the determination of the individual characteristic curve comprises the following steps:

      determining at least two definitive interpolation points for different suitably selected reference operating points; and
      determining the individual characteristic curve for the actually used metering unit (130) by interpolating the at least two interpolation points and preferably extrapolating from points of inflection, resulting from the interpolation of a plurality of interpolation points, of the individual characteristic curve.

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the filtering consists in an averaging or evaluation of the determined preliminary interpolation points with regard to the question of whether the preliminary interpolation points lie within a predefined ε region around a limit value, wherein then the limit value is defined as a definitive interpolation point.

3. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** each reference operating point is defined by a predetermined pressure in the fuel accumulator, a predetermined injection quantity and/or a predetermined rotational speed of the internal combustion engine.

4. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the single reference operating points for determining a single individual characteristic curve are situated, in a vehicle-dependent manner, in different operating states of the internal combustion engine such as for example idle or full load or maximum torque.

5. Method according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the single reference operating points for determining a single individual characteristic curve are situated, in a vehicle-dependent manner, in operating states of the internal combustion engine in which the internal combustion engine, when installed in a vehicle, is operated most frequently.

6. Computer program having program code, **characterized in that** the program code is configured for carrying out the method according to one of Claims 1 to 5.

7. Data memory, **characterized by** the computer program according to Claim 6 stored thereon.

8. Control unit (180) for an internal combustion engine having an injection system (100), in particular for a motor vehicle, in which fuel is delivered by a metering unit (130) and a high-pressure pump (140) into a fuel accumulator (150), and in which the pressure in the fuel accumulator is detected and is regulated through the actuation of the metering unit,
   **characterized in that**
   the control unit (180) is configured such that, during

the operation of the internal combustion engine, it determines an individual characteristic curve by a method according to one of Claims 1 to 5.

**9.** Control unit (180) according to Claim 8, **characterized in that** the control unit is configured to actuate the metering unit (130) taking into consideration the previously determined individual characteristic curve (iKL).

**10.** Control unit (180) according to Claim 9, **characterized in that** the control unit comprises:

a pressure regulating device (184) for receiving a regulating error (e) as a difference between an actual pressure and a setpoint pressure in the fuel accumulator (150) and for generating a regulating signal (x) in accordance with the regulating error (e) on the basis of a normalized characteristic curve (nKL) for the metering unit (130), wherein the regulating signal (x) represents the fuel delivery rate to be provided by the metering unit (130) for the high-pressure pump (140) based on the regulating error (e);
the stored corrective characteristic curve (186) for determining a corrective component for the regulating signal (x), which corrective component represents a possibly different actuation and delivery behaviour of the actually used metering unit in relation to the normalized metering unit; an addition or subtraction device (187) for generating a corrected regulating signal (y) for the metering unit (130) by mathematical combination of the regulating signal (x) with the corrective component, wherein the corrected regulating signal (y) represents a corrected rate demand for the fuel delivery rate to be provided by the metering unit (130).

**11.** Control unit according to Claim 9 or 10, **characterized in that** the control unit furthermore has a filter device (188) for generating a stabilized regulating signal (z) for the metering unit (130) by filtering the corrected regulating signal (y).

**12.** Internal combustion engine, in particular for a motor vehicle, having an injection system (100) in which fuel is delivered by a metering unit (130) and a high-pressure pump (140) into a fuel accumulator (150), and in which the pressure in the fuel accumulator (150) is detected and is regulated through the actuation of the metering unit by a control unit (180) according to Claim 8.

**Revendications**

**1.** Procédé pour faire fonctionner un moteur à combustion interne avec un système d'injection (100), notamment pour un véhicule automobile, dans lequel du carburant est refoulé depuis une pompe haute pression (140) dans un accumulateur de carburant (150), dans lequel, entre un réservoir de carburant (110) et la pompe haute pression (140), est disposée une unité de dosage (130) et dans lequel la pression dans l'accumulateur de carburant (150) est détectée et est régulée par la commande de l'unité de dosage (130), une caractéristique individuelle (iKL), qui représente le comportement réel de l'unité de dosage, étant déterminée pour la commande de l'unité de dosage (130) pendant le fonctionnement du moteur à combustion interne, **caractérisé en ce que** la détermination d'un point d'appui, de préférence d'abord seulement provisoire, pour la caractéristique individuelle qui représente le flux quantitatif (Q) de carburant fourni par l'unité de dosage (130) pour la pompe haute pression en fonction de son courant d'attaque (I), comprend les étapes suivantes :

fonctionnement du moteur à combustion interne dans un point de fonctionnement de référence prédéterminé de manière appropriée ; et
détermination du point d'appui provisoire de la caractéristique individuelle pour le point de fonctionnement de référence en tant que paire de valeurs comprenant le flux quantitatif de carburant fourni par l'unité de dosage (130) dans le point de fonctionnement de référence pour la pompe haute pression (140) et le courant d'attaque électrique associé, la détermination du point d'appui provisoire n'étant effectuée que si le moteur à combustion interne lors du fonctionnement dans le point de fonctionnement de référence a dépassé une valeur seuil de température minimale prédéterminée, une pluralité de points d'appui provisoires pour un même et unique point de fonctionnement de référence prédéterminé étant déterminée par récurrence ; et un point d'appui définitif pour le point de fonctionnement de référence prédéterminé étant déterminé par filtrage de la pluralité des points d'appui provisoires et la détermination de la caractéristique individuelle comprenant les étapes suivantes :

détermination d'au moins deux points d'appui définitifs pour différents points de fonctionnement de référence sélectionnés de manière appropriée ; et
détermination de la caractéristique individuelle pour l'unité de dosage réellement utilisée (130) par interpolation des au moins deux points d'appui et de préférence extrapolation des points d'inflexion de la caractéristique individuelle résultant de l'interpolation de plusieurs points d'appui.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le filtrage consiste en une formation de moyenne ou en une analyse des points d'appui provisoires déterminés, selon que les points d'appui provisoires se situent à l'intérieur d'un environnement ε prédéfini autour d'une valeur limite, la valeur limite étant dans ce cas définie en tant que point d'appui définitif.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** chaque point de fonctionnement de référence est défini par une pression prédéterminée dans l'accumulateur de carburant, une quantité d'injection prédéterminée et/ou un régime prédéterminé du moteur à combustion interne.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les points de fonctionnement de référence individuels pour déterminer une caractéristique individuelle unique sont placés en fonction du véhicule dans différents états de fonctionnement du moteur à combustion interne, par exemple en marche à vide ou à pleine charge ou avec un couple maximal.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** les points de fonctionnement de référence individuels pour déterminer une caractéristique individuelle unique sont placés en fonction du véhicule dans des états de fonctionnement du moteur à combustion interne dans lesquels le moteur à combustion interne fonctionne le plus souvent lorsqu'il est monté dans un véhicule.

6. Programme informatique avec un code programme, **caractérisé en ce que** le code programme est réalisé pour mettre en oeuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5.

7. Support de données **caractérisé par** le programme informatique selon la revendication 6 mémorisé sur celui-ci.

8. Appareil de commande (180) pour un moteur à combustion interne comprenant un système d'injection (100), en particulier pour un véhicule automobile, dans lequel du carburant est refoulé par une unité de dosage (130) et une pompe haute pression (140) dans un accumulateur de carburant (150), et dans lequel la pression dans l'accumulateur de carburant est détectée et est régulée par commande de l'unité de dosage,
**caractérisé en ce que**
l'appareil de commande (180) est réalisé de telle sorte qu'il détermine, pendant le fonctionnement du moteur à combustion interne, une caractéristique individuelle selon un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5.

9. Appareil de commande (180) selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** l'appareil de commande est réalisé de manière à commander l'unité de dosage (130) en tenant compte de la caractéristique individuelle (iKL) déterminée auparavant.

10. Appareil de commande (180) selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** l'appareil de commande comprend :

un dispositif de régulation de la pression (184) pour recevoir un écart de régulation (e) sous la forme d'une différence entre la pression réelle et une pression de consigne dans l'accumulateur de carburant (150) et pour générer un signal de régulation (x) en fonction de l'écart de régulation (e) en prenant pour base une caractéristique normée (nKL) pour l'unité de dosage (130), le signal de régulation (x) représentant la quantité de carburant refoulé devant être fournie en tenant compte de l'écart de régulation (e) par l'unité de dosage (130) pour la pompe haute pression (140) ;
la caractéristique de correction consignée (186) pour déterminer une proportion de correction pour le signal de régulation (x), qui représente un comportement de commande et de refoulement éventuellement différent de l'unité de dosage véritablement utilisée par rapport à l'unité de dosage normée ;
un dispositif d'addition ou de soustraction (187) pour générer un signal de régulation corrigé (y) pour l'unité de dosage (130) par liaison mathématique du signal de régulation (x) avec la proportion de correction, le signal de régulation corrigé (y) représentant un souhait de quantité corrigé pour la quantité de carburant refoulé à fournir par l'unité de dosage (130).

11. Appareil de commande selon la revendication 9 ou 10, **caractérisé en ce que** l'appareil de commande présente en outre un dispositif de filtre (188) pour générer un signal de régulation stabilisé (z) pour l'unité de dosage (130) par filtrage du signal de régulation corrigé (y).

12. Moteur à combustion interne, en particulier pour un véhicule automobile, comprenant un système d'injection (100) dans lequel du carburant est refoulé par une unité de dosage (130) et une pompe haute pression (140) dans un accumulateur de carburant (150), et dans lequel la pression dans l'accumulateur de carburant (150) est détectée et est régulée par commande de l'unité de dosage par un appareil de commande (180) selon la revendication 8.

Fig. 1

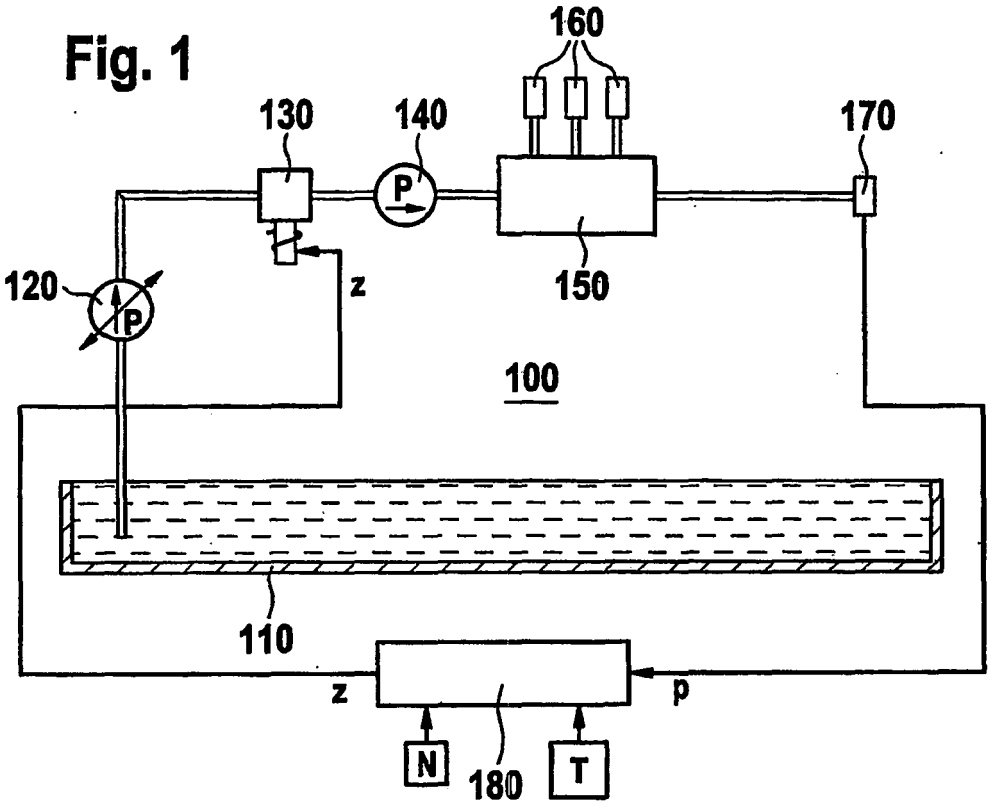
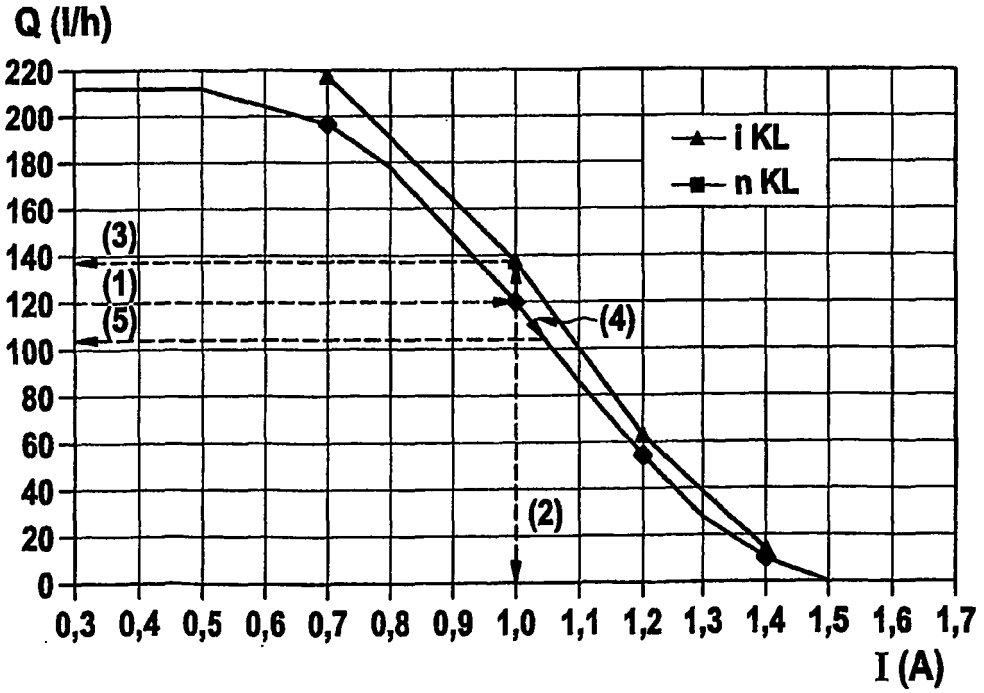

160
130
140
170
P
120
z
150
P
100
110
z
p
N
180
T

Fig. 2


Q (l/h)
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1,0
1,1
1,2
1,3
1,4
1,5
1,6
1,7
I (A)
I KL
n KL
(1)
(2)
(3)
(4)
(5)

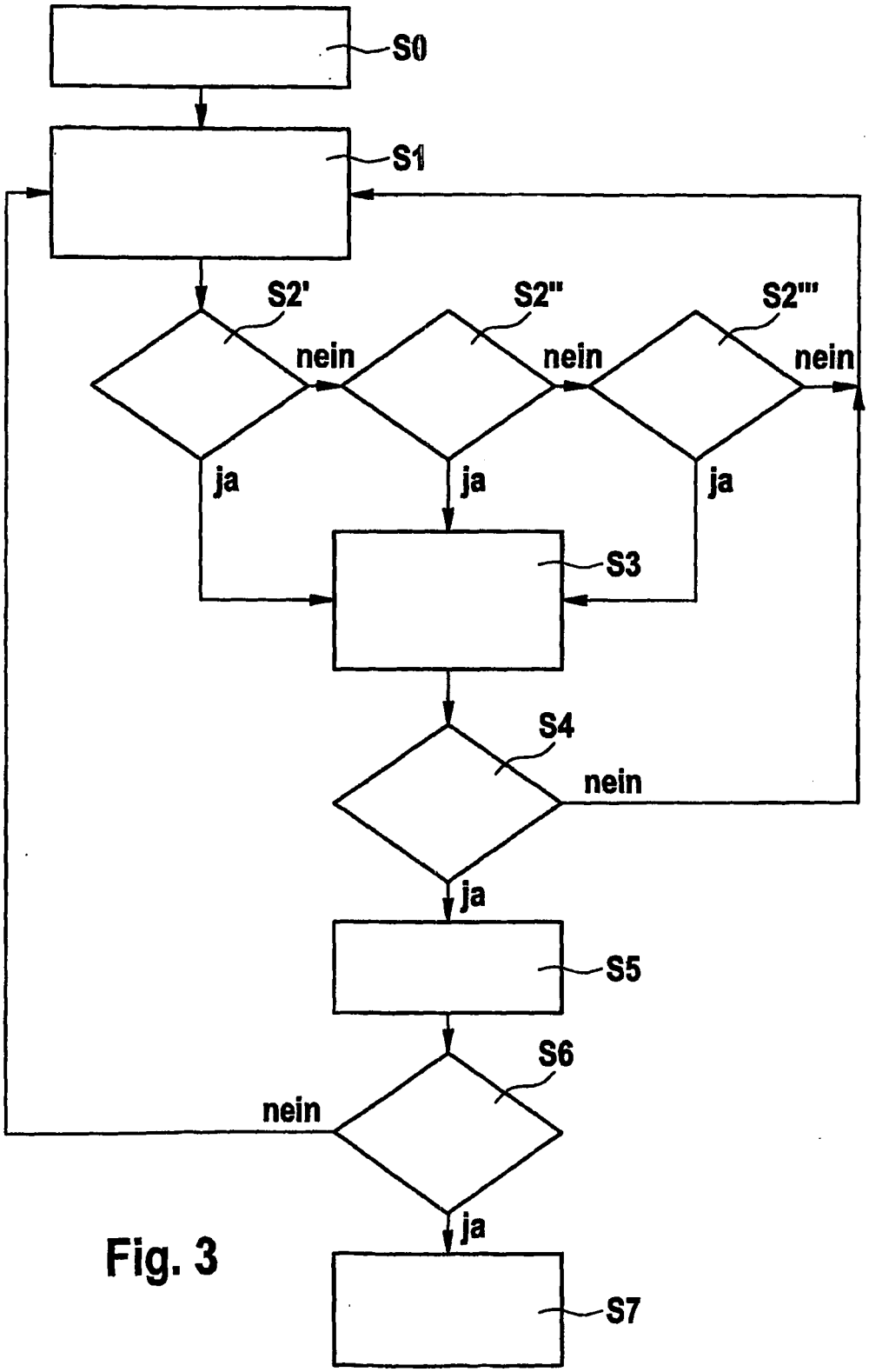

S0
S1
S2'
S2''
S2'''
nein
nein
nein
ja
ja
ja
S3
S4
nein
ja
S5
S6
nein
ja
S7

Fig. 3

Fig. 4

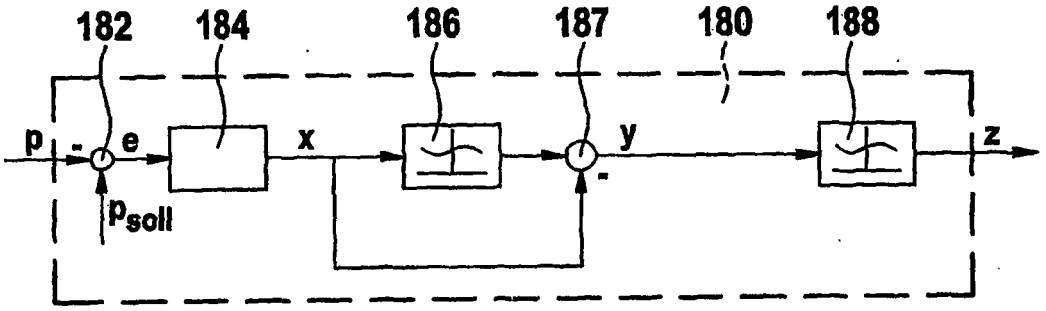

182
184
186
187
180
188
p
-
e
x
y
z
-
$p_{soll}$

Fig. 5

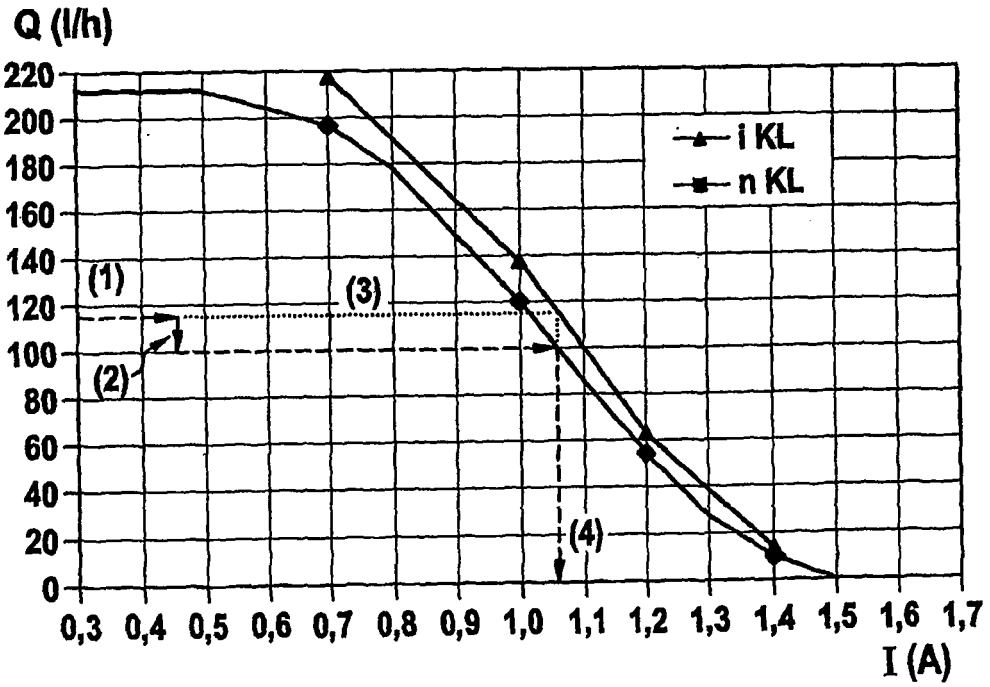
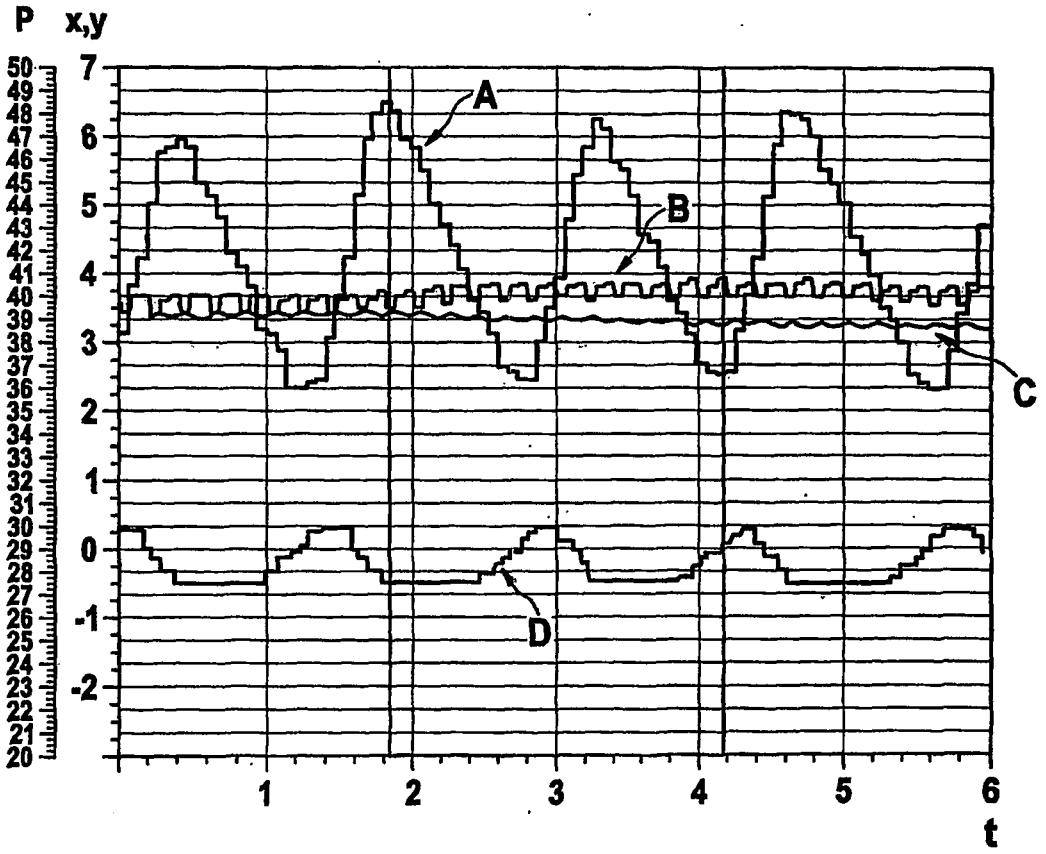

Q (l/h)
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1,0
1,1
1,2
1,3
1,4
1,5
1,6
1,7
I (A)
i KL
n KL
(1)
(2)
(3)
(4)

Fig. 6



## 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 10131507 A1 **[0002]**
- DE 19757594 A1 **[0004]**
- DE 10044514 A1 **[0005]**