(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 28 631 T2** 2005.04.21

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 849 457 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 28 631.2**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 122 282.3**
(96) Europäischer Anmeldetag: **17.12.1997**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **24.06.1998**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **14.04.2004**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **21.04.2005**

(51) Int Cl.[7]: **F02D 41/14**

(30) Unionspriorität:
33833196 18.12.1996 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:
Toyota Jidosha K.K., Toyota, Aichi, JP

(74) Vertreter:
Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner GbR, 80336 München

(72) Erfinder:
Mizuno, Hiroyuki, Toyota-shi, Aichi-ken, JP;
Kawasaki, Shingo, Toyota-shi, Aichi-ken, JP

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Steuerung der Verbrennung einer Brennkraftmaschine**

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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Brennkraftmaschine und ein Verfahren zum Verbrennen von Kraftstoff in einem Zylinder einer Brennkraftmaschine.

[0002] In einer typischen Kraftmaschine wird Kraftstoff in eine Einlassöffnung durch ein Kraftstoffeinspritzventil eingespritzt, um die zugehörige Verbrennungskammer mit einem gleichförmigen Gemisch aus Kraftstoff und Luft zu beladen. In der Kraftmaschine wird ein Lufteinlassdurchlass durch ein Drosselventil geöffnet und geschlossen, welches in Zusammenwirkung mit einem Beschleunigungspedal betätigt wird. Die Öffnung des Drosselventils stellt die Einlassluftmenge (und schließlich die Menge des gleichförmigen Luft-Kraftstoff-Gemischs) ein, welches in die Verbrennungskammer der Kraftmaschine eingeführt wird. Dies steuert die Kraftmaschinenleistung.

[0003] Wenn jedoch eine gleichförmige (homogene) Ladungsverbrennung durchgeführt wird, verringert der Drosselbetrieb des Drosselventils den Druck in dem Einlassdurchlass drastisch. Dies erhöht den Pumpenverlust und verringert die Effizienz. Die geschichtete Ladungsverbrennung löst diese Probleme. Bei der geschichteten Ladungsverbrennung ist das Drosselventil weit geöffnet und Kraftstoff wird direkt in jede Verbrennungskammer zugeführt. Dies bringt ein fettes, hoch brennbares Luft-Kraftstoff-Gemisch in die Umgebung der Zündkerze und verbessert die Zündbarkeit.

[0004] Die japanische ungeprüfte Patentoffenlegungsschrift Nr. 5-52145 beschreibt ein Gerät, das Kraftstoff direkt in die in jedem Kraftmaschinenzylinder definierte Verbrennungskammer einspritzt. Das Gerät berechnet eine Kraftstoffeinspritzgrundmenge, die ein theoretischer Wert ist, der die Kraftmaschinenlast wiedergibt, aus der Kraftmaschinendrehzahl und dem Niederdrückbetrag des Beschleunigungspedals. Das Gerät vergleicht die Kraftstoffeinspritzgrundmenge mit einem Stellwert und verstellt den Verbrennungsmodus zwischen der geschichteten Ladungsverbrennung und der halbgeschichteten Ladungsverbrennung.

[0005] Die geschichtete Ladungsverbrennung wird durchgeführt, wenn die Kraftstoffeinspritzgrundmenge niedriger als der Stellwert ist. Wenn die geschichtete Ladungsverbrennung durchgeführt wird, wird Kraftstoff während einer späten Stufe des Verdichtungstakts in die Verbrennungskammer eingespritzt. Der Kraftstoff konzentriert sich um die Zündkerze herum und wird gezündet. Die halbgeschichtete Ladungsverbrennung wird durchgeführt, wenn die Kraftstoffeinspritzgrundmenge größer als der Stellwert ist. Wenn die halbgeschichtete Ladungsverbrennung durchgeführt wird, wird Kraftstoff während dem Einlasstakt und dann während der späten Stufe des Verdichtungstakts in die Verbrennungskammer eingespritzt. Die getrennte Einspritzung verringert die Menge des sich um die Zündkerze herum konzentrierenden Kraftstoffs. In diesem Zustand wird der Kraftstoff gezündet.

[0006] In einem System, das die Kraftstoffeinspritzgrundmenge auf der Grundlage des Niederdrückgrads des Beschleunigungspedals erhält, ändert sich der Wert der Kraftstoffeinspritzgrundmenge drastisch, wenn das Beschleunigungspedal plötzlich niedergedrückt wird. Wenn sich jedoch der Niederdrückgrad des Beschleunigungspedals plötzlich ändert, nimmt die Menge der in die Verbrennungskammer hineingesogenen Luft nicht in Übereinstimmung mit dem plötzlichen Schwanken der Kraftstoffeinspritzgrundmenge zu. Somit kann die Einspritzung von Kraftstoff gemäß der Kraftstoffeinspritzgrundmenge, die aus dem Niederdrückgrad des Beschleunigungspedals berechnet wird, während der schnellen Beschleunigung oder Verlangsamung der Kraftmaschine verursachen, dass das Luft-Kraftstoff-Gemisch zu fett oder zu mager wird.

[0007] Daher wird gemäß dem Stand der Technik die Einspritzkraftstoffgrundmenge geglättet, sodass sie sich allmählich ändert, wenn sich der Niederdrückgrad des Beschleunigungspedals plötzlich ändert. Das heißt, eine geglättete Kraftstoffeinspritzmenge wird erhalten. Eine Kraftstoffmenge, die der geglätteten Kraftstoffeinspritzmenge entspricht, wird von dem Kraftstoffeinspritzventil eingespritzt. Daher entspricht die Menge des von dem Kraftstoffeinspritzventil eingespritzten Kraftstoffs optimalerweise dem verzögerten Anstieg der Einlassluftmenge. Dies behält das Luft-Kraftstoff-Verhältnis bei einem optimalen Wert bei.

[0008] Jedoch bezieht sich in dem Gerät, das den Verbrennungsmodus umstellt, die Kraftstoffeinspritzgrundmenge auf den Zeitpunkt, wenn der Verbrennungsmodus bestimmt wird. Somit kann, wenn sich der Niederdrückgrad des Beschleunigungspedals plötzlich ändert, falls sich die Kraftstoffeinspritzgrundmenge nahe an dem Stellwert befindet, die Kraftstoffeinspritzgrundmenge zu der anderen Seite des Stellwerts bewegen, selbst wenn dies die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge nicht tut. Dies stellt den Verbrennungsmodus auf einen Modus ein, der für die gegenwärtigen Bedingungen ungeeignet ist. Im Ergebnis kann die Menge des eingespritzten Kraftstoffs für die Menge der zur Verfügung stehenden Luft ungeeignet sein. Eine solche übermäßige oder unzureichende Kraftstoffeinspritzmenge führt zu Kraftmaschinenleistungsschwankungen oder Fehlzündungen in der Kraftmaschine.

[0009] Die Druckschrift JP 08-193535 A offenbart

eine Brennkraftmaschine, die in der Lage ist, geschichtete oder homogene Verbrennung durchzuführen. Die Verbrennung wird entsprechend der Kraftmaschinenlast ausgewählt. Verschiedene Sensoren sind vorgesehen, um die Kraftmaschinenelast betreffende Anzeigen zu geben, beispielsweise Sensoren, die die Kraftmaschinendrehzahl oder den Drosselventilöffnungsgrad angeben. Ein Computer ist zum Bestimmen einer Kraftstoffeinspritzgrunddauer vorgesehen. Ferner wird eine tatsächliche Kraftstoffeinspritzdauer durch eine Formel berechnet.

[0010] Es ist die Aufgabe der Erfindung, eine Brennkraftmaschine und ein Verfahren zum Verbrennen von Kraftstoff in einem Zylinder einer Brennkraftmaschine zu schaffen, die eine optimierte Steuerung der Kraftmaschinenverbrennung erreichen, wobei sichergestellt ist, dass jederzeit eine geeignete Kraftstoffmenge eingespritzt wird. Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 hinsichtlich der Brennkraftmaschine und durch die Merkmale des Anspruchs 9 hinsichtlich des Verfahrens zum Verbrennen von Kraftstoff in einem Zylinder einer Brennkraftmaschine gelöst.

[0011] Weitere Gesichtspunkte und Vorteile der Erfindung werden aus der nachstehenden Beschreibung in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen ersichtlich, die mit Hilfe von Beispielen die Grundlagen der Erfindung veranschaulichen.

[0012] **Fig.** 1 ist eine schematische Ansicht und ein Blockdiagramm, die ein Kraftmaschinenverbrennungssteuergerät gemäß der vorliegenden Erfindung zeigen;

[0013] **Fig.** 2 ist eine vergrößerte schematische Querschnittsansicht, die einen Zylinder der Kraftmaschine aus **Fig.** 1 zeigt;

[0014] **Fig.** 3 ist ein Verbrennungsmoduskennfeld, das verwendet wird, um den Verbrennungsmodus zu bestimmen;

[0015] **Fig.** 4 ist ein Ablaufdiagramm, das eine Routine zum Einstellen des gegenwärtigen Verbrennungsmodus zeigt;

[0016] **Fig.** 5 ist eine Fortsetzung des Ablaufdiagramms aus **Fig.** 4, das die Routine zum Einstellen des gegenwärtigen Verbrennungsmodus zeigt;

[0017] **Fig.** 6 ist ein Ablaufdiagramm, das die Routine zum Berechnen der geglätteten Kraftstoffeinspritzmenge zeigt; und

[0018] **Fig.** 7 ist ein Zeitablauf, der das Umstellen der Kraftstoffeinspritzgrundmenge und der geglätteten Kraftstoffeinspritzmenge während der Beschleunigung und der Verlangsamung zeigt.

[0019] Unter Bezugnahme auf die Zeichnungen wird nun ein Verbrennungssteuergerät für eine Automobilkraftmaschine beschrieben.

[0020] **Fig.** 4 ist eine schematische Ansicht, die ein Verbrennungssteuergerät für eine Brennkraftmaschine zeigt, welche Kraftstoff direkt in deren Zylinder einspritzt. Die Kraftmaschine **1** hat beispielsweise die vier Zylinder #1, #2, #3, #4. Der Aufbau der Verbrennungskammer eines jeden Zylinders #1 bis #4 ist in **Fig.** 2 gezeigt. Wie in diesen Zeichnungen gezeigt ist, hat die Kraftmaschine **1** einen Zylinderblock **2**, der Kolben aufnimmt. Die Kolben werden in dem Zylinderblock **2** hin und herbewegt. Ein Zylinderkopf **4** ist an dem oberen Ende des Zylinderblocks **2** angeordnet. Eine Verbrennungskammer **5** ist zwischen jedem Kolben und dem Zylinderkopf **4** definiert. Vier Ventile (erstes Einlassventil **6a**, zweites Einlassventil **6b** und zwei Auslassventile **8**) sind für jeden Zylinder #1 bis #4 vorgesehen. Das erste Einlassventil **6a** ist mit einer ersten Einlassöffnung **7a** verbunden, während das zweite Einlassventil **6b** mit einer zweiten Einlassöffnung **7b** verbunden ist. Jedes Auslassventil **8** ist mit einer Auslassöffnung **9** verbunden.

[0021] Wie in **Fig.** 2 gezeigt ist, ist die erste Einlassöffnung **7a** eine Spiralöffnung, die sich spiralenförmig erstreckt. Die zweite Einlassöffnung **7b** erstreckt sich im Allgemeinen in einer geraden Art und Weise. Zündkerzen **10** sind an der Mitte jedes Zylinderkopfs **4** angeordnet. Auf jede Zündkerze **10** wird durch eine Zündvorrichtung **12** über einen Verteiler (nicht gezeigt) eine Hochspannung aufgebracht. Die Zündzeitgebung jeder Zündkerze **10** wird durch die Ausgabezeitgebung der von dem Zünder **12** geschickten Hochspannung bestimmt. Ein Kraftstoffeinspritzventil **11** ist in der Nähe der inneren Wand des Zylinderkopfs in der Umgebung jedes Satzes erster und zweiter Einlassventile **6a**, **6b** angeordnet. Jedes Kraftstoffeinspritzventil **11** wird verwendet, um Kraftstoff direkt in den zugehörigen Zylinder #1 bis #4 einzuspritzen.

[0022] Wie in **Fig.** 1 gezeigt ist, sind die ersten und zweiten Einlassöffnungen **7a**, **7b** jedes Zylinders #1 bis #4 mit einem Zwischenbehälter **16** durch einen ersten Einlassdurchlass **15a** und einen zweiten Einlassdurchlass **15b** verbunden, die in einem Einlasskrümmer **15** definiert sind. Ein Wirbelsteuerventil **17** ist in jedem zweiten Einlassdurchlass **15b** angeordnet. Die Wirbelsteuerventile **17** sind beispielsweise an einen Schrittmotor **19** über eine gemeinsame Welle **18** angeschlossen. Der Schrittmotor **19** wird durch von einer elektronischen Steuereinheit (ECU **30**) gesendete Signale gesteuert.

[0023] Der Zwischenbehälter **16** ist mit einem Luftreiniger **21** durch ein Einlassrohr **20** verbunden. Ein elektronisch gesteuertes Drosselventil **23**, das durch einen Schrittmotor **22** geöffnet und geschlossen wird, ist in dem Einlassrohr **20** angeordnet. Die ECU **30**

sendet Signale um den Schrittmotor **22** anzutreiben und das Drosselventil **23** zu öffnen und zu schließen. Das Drosselventil **23** stellt die Menge der durch das Einlassrohr **20** hindurch führenden und die Verbrennungskammern **5** betretenden Einlassluft ein.

[0024] Ein Drosselsensor **25** ist in der Nähe des Drosselventils **23** angeordnet, um den Öffnungswinkel (Drosselwinkel) des Ventils **22** zu erfassen. Die Auslassöffnungen **9** jedes Zylinders #1 bis #4 sind an einem Auslasskrümmer **14** angeschlossen. Nach der Verbrennung wird das Abgas zu einem Abgasrohr **14a** durch den Auslasskrümmer **14** geschickt.

[0025] Ein herkömmlicher Abgasrückführ-(AGR)-mechanismus **51** führt etwas von dem Abgas durch einen Abgasrückführdurchlass **52** zurück. Das Abgasrückführventil **53** ist in dem Abgasrückführdurchlass **52** angeordnet. Der Abgasrückführdurchlass **53** verbindet die stromabwärts liegende Seite des Drosselventils **23** in dem Einlassrohr **20** mit dem Auslassrohr **14a**. Das Abgasrückführventil **53** hat einen Ventilsitz, einen Ventilkörper und einen Schrittmotor (von denen kein Element gezeigt ist). Die Öffnungsfläche des Abgasrückführventils **53** wird dadurch verändert, indem der Schrittmotor dazu gebracht wird, den Ventilkörper intermittierend mit Bezug auf den Ventilsitz zu verschieben. Wenn das Abgasrückführventil **53** öffnet, betritt einiges des in das Auslassrohr **14a** geschickten Abgases den Abgasrückführdurchlass **52**. Dann wird das Abgas durch das Abgasrückführventil **53** in das Auslassrohr **20** gesogen. Mit anderen Worten wird einiges Abgas durch den Abgasrückführmechanismus **51** rückgeführt und zu dem Luft-Kraftstoff-Gemisch zurückgebracht. Die Rückführmenge des Abgases (Abgasrückführmenge) wird durch den Öffnungsbetrag des Abgasrückführventils **53** eingestellt.

[0026] Die ECU **30** ist ein digitaler Computer, der mit einem Direktzugriffsspeicher (RAM) **32**, einem Nurlesespeicher (ROM) **33**, einer Zentralverarbeitungseinheit (CPU) **34**, die ein Mikroprozessor ist, einem Eingabeanschluss **35** und einem Ausgabeanschluss **36** versehen ist. Die Eingabe- und Ausgabeanschlüsse **35**, **36** sind miteinander über einen bidirektionalen Bus **31** verbunden.

[0027] Ein Beschleunigungspedal **24**, welches das Drosselventil **23** betätigt, ist an einen Beschleunigungssensor **26A** angeschlossen. Der Beschleunigungssensor **26A** erzeugt eine zu dem Niederdrückgrad des Beschleunigungspedals **24** proportionale Spannung und erfasst somit den Niederdrückbetrag ACCP des Beschleunigungspedals. Die durch den Beschleunigungssensor **26A** ausgegebene Spannung wird mittels eines analog-zu-digital (A/D) Wandlers **37** in den Eingabeanschluss **35** eingegeben. Das Beschleunigungspedal **24** ist zu dem mit einem Vollverschlussschalter **26B** versehen, der erfasst, wenn das Pedal **24** überhaupt nicht niedergedrückt wird. Der Verschlussschalter **26B** gibt ein Vollverschlusssignal mit dem Wert Eins aus, wenn das Beschleunigungspedal **24** überhaupt nicht niedergedrückt ist und gibt ein Vollverschlusssignal mit dem Wert Null aus, wenn das Beschleunigungspedal **24** gedrückt wird. Die Ausgabespannung des Verschlussschalters **26B** wird in den Eingabeanschluss **35** eingegeben.

[0028] Ein oberer Totpunktsensor **27** erzeugt einen Ausgabeimpuls, beispielsweise wenn der Kolben in dem ersten Zylinder #1 den oberen Totpunkt während dem Einlasstakt erreicht. Der Ausgabeimpuls wird in den Eingabeanschluss **35** eingegeben. Ein Kurbelwinkelsensor **28** erzeugt jedes Mal dann einen Ausgabeimpuls, der in den Eingabeanschluss **35** eingegeben wird, wenn die Kurbelwelle der Kraftmaschine **1** um einen Kurbelwinkel CA von 30° gedreht wird. Die CPU **34** liest die von dem oberen Totpunktsensor **27** und dem Kurbelwinkelsensor **28** geschickten Ausgabeimpulse um die Kraftmaschinendrehzahl NE zu berechnen.

[0029] Der Rotationswinkel der Welle **18** wird durch einen Wirbelsteuerventilsensor **29** zum Messen des Öffnungswinkels des Wirbelsteuerventils **17** erfasst. Die Signalausgabe des Wirbelsteuerventilsensors **29** wird mit Hilfe eines A/D Wandlers **37** in den Eingabeanschluss **35** eingegeben.

[0030] Der Drosselsensor **25** erfasst den Drosselwinkel TA. Die Signalausgabe des Drosselsensors **25** wird in den Eingabeanschluss **35** mit Hilfe eines A/D Wandlers **37** eingegeben.

[0031] Ein Einlassdrucksensor **61** ist vorgesehen, um den Druck in dem Zwischenbehälter **16** (Einlassdruck PM) zu erfassen. Ein Kühlmitteltemperatursensor **62** ist in der Kraftmaschine **1** vorgesehen, um die Temperatur des Kraftmaschinenkühlmittels (Kühlmitteltemperatur) zu erfassen. Die von den Sensoren **61**, **62** ausgegebenen Signale werden mit Hilfe des A/D Wandlers **37** in den Eingabeanschluss **35** eingegeben.

[0032] Der Ausgabeanschluss **36** ist mit den Kraftstoffeinspritzventilen **11**, den Schrittmotoren **19**, **22**, dem Zylinder **12** und dem Schrittmotor des Abgasrückführventils **53** mit Hilfe von Treiberschaltungen **38** verbunden. Die ECU **30** steuert die Kraftstoffeinspritzventile **11**, die Schrittmotoren **19**, **22**, den Zylinder **12** und das Abgasrückführventil **53** mit in dem ROM **33** gespeicherten Programmen auf Grundlage von von den Sensoren **25** bis **29** und **61** bis **62** gesendeten Signalen.

[0033] Nun wird unter Bezugnahme auf die Ablaufdiagramme aus **Fig.** 4 bis 6, die durch das Verbrennungssteuergerät ausgeführte Verbrennungsmodussteuerung beschrieben.

[0034] **Fig.** 4 und 6 zeigen ein Ablaufdiagramm einer durch die ECU **30** ausgeführten Routine, die dazu verwendet wird, den gegenwärtigen Verbrennungsmodus oder ersten Modus MODEI zu bestimmen. Der erste Modus MODEI entspricht dem gegenwärtigen Betriebszustand der Kraftmaschine **1** und ist aus den drei Verbrennungsmodi, die die geschichtete Ladungsverbrennung, die halbgeschichtete Ladungsverbrennung und die homogene Ladungsverbrennung sind, ausgewählt. Wenn beispielsweise der Wert MODEI Null beträgt, wird die geschichtete Ladungsverbrennung angezeigt. Wenn MODEI den Wert Eins hat, wird die halbgeschichtete Ladung angezeigt. Wenn MODEI den Wert Zwei hat, wird die homogene Ladungsverbrennung angezeigt. Die Kraftstoffeinspritzventile **11**, die Wirbelsteuerventile **17**, das Zündungssystem und dergleichen werden in Übereinstimmung mit dem ersten Modus MODEI gesteuert.

[0035] Die geschichtete Ladungsverbrennung wird durchgeführt, indem während einer späten Stufe des Verdichtungstakts Kraftstoff in die Verbrennungskammer eingespritzt wird. Der Kraftstoff konzentriert sich um die Zündkerze und wird gezündet. Die halbgeschichtete Ladungsverbrennung wird durchgeführt, indem während dem Einlasstakt und dann nochmals während einer späten Stufe des Verdichtungstakts Kraftstoff in die Verbrennungskammer eingespritzt wird. Die verringerte Konzentration von Kraftstoff um die Zündkerze herum, verglichen mit der geschichteten Ladungsverbrennung, wird später gezündet. Die homogene Ladungsverbrennung wird durchgeführt, indem Kraftstoff während dem Einlasstakt in die Verbrennungskammer eingespritzt wird.

[0036] Beim Eintritt in die Routine liest die ECU **30** bei Schritt S101 die Signale von den Sensoren **25**, **29**, die die Kraftmaschinendrehzahl NE, den Beschleunigungspedalniederdrückgrad ACCP und weitere Informationen anzeigen, aus. Dann schreitet die ECU **30** zu Schritt S103 vor und erhält die Kraftstoffeinspritzgrundmenge Q_B aus einem Kraftstoffeinspritzgrundkennfeld (nicht gezeigt) in Übereinstimmung mit der Kraftmaschinendrehzahl NE, dem Beschleunigungspedalniederdrückgrad ACCP und weiteren Informationen, die ausgelesen wurden. Die Kraftstoffeinspritzgrundmenge Q_B gibt die theoretische Last der Kraftmaschine **1** in einem normalen Zustand wieder.

[0037] Nun wird unter Bezugnahme auf das Ablaufdiagramm aus **Fig.** 6 eine Routine zum Berechnen einer zu der Kraftstoffeinspritzgrundmenge Q_B korrespondierenden geglätteten Kraftstoffeinspritzmenge Q_I beschrieben. Die ECU **30** führte diese Routine zyklisch in einer unterbrechenden Art und Weise für jeden vorbestimmten Kurbelwinkel oder jedes vorbestimmte Zeitintervall aus.

[0038] Beim Betreten dieser Routine korrigiert die ECU **30** die Kraftstoffeinspritzgrundmenge Q_B und führt die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I nach. Genauer gesagt multipliziert die ECU **30** die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I des vorangehenden Durchlaufs mit (n-1) (n ist eine Konstante). Der erhaltene Wert wird auf die Kraftstoffeinspritzgrundmenge Q_B addiert. Die Summe wird dann durch n geteilt, um die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_T zu erhalten. Dann beendet die ECU **30** zeitweise die nachfolgende Verarbeitung. Die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I gibt die gegenwärtige Last der Kraftmaschine **1** wieder.

[0039] Wenn der Beschleunigungspedalniederdrückgrad ACCP konstant ist, ist die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I, die durch Korrigieren der Kraftstoffeinspritzgrundmenge Q_B berechnet wurde, gleich wie die Kraftstoffeinspritzgrundmenge Q_B. Wenn der Beschleunigungspedalniederdrückgrad ACCP während der Beschleunigung plötzlich zunimmt oder während der Verlangsamung plötzlich abnimmt, ändert sich die Kraftstoffeinspritzgrundmenge Q_B drastisch, wie dies durch die durchgezogene Linie L1a, L1b in **Fig.** 7 gezeigt ist. Die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I variiert, wie dies durch die gepunktete Linie L2a, L2b gezeigt ist. Die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I ändert sich allmählicher als die Kraftstoffeinspritzgrundmenge Q_B.

[0040] Daher entspricht der von den Kraftstoffeinspritzventilen **11** eingespritzte Kraftstoff der geglätteten Kraftstoffeinspritzmenge Q_I, wenn der Beschleunigungspedalniederdrückgrad ACCP plötzlich zunimmt oder abnimmt. Die Einspritzmenge entspricht der zur Verfügung stehenden Einlassluftmenge und rückgeführtem Abgas, deren Änderungen in Antwort auf eine plötzliche Änderung des Beschleunigungspedalniederdrückgrads ACCP verzögert sind. Folglich entspricht die Menge von von dem Kraftstoffeinspritzventil **11** eingespritztem Kraftstoff der Einlassluft. Dies macht es möglich, das Luft-Kraftstoff-Gemisch während einer schnellen Beschleunigung oder Verlangsamung bei einem optimalen Luft-Kraftstoff-Verhältnis beizubehalten.

[0041] Kehrt man nun zu der Routine zum Bestimmen des ersten Modus MODEI zurück, schreitet die ECU **30** zu Schritt S103 vor, nachdem in Schritt S102 die Kraftstoffeinspritzgrundmenge Q_B berechnet wurde. Bei Schritt S103 bestimmt die ECU **30** den Verbrennungsgrundmodus oder zweiten Modus MODEB in Übereinstimmung mit der Kraftmaschinendrehzahl NE und der Kraftstoffeinspritzgrundmenge Q_B unter Bezugname auf das in **Fig.** 3 gezeigte Moduskennfeld. Das Moduskennfeld beinhaltet die Bereiche A, B und C. Die Kraftstoffeinspritzmenge Q1 zwischen Bereich A und Bereich B (erste Grenzmenge) variiert, wie dies durch die durchgezogene Linie L3 gezeigt ist. Die Kraftstoffeinspritzmenge Q2 zwischen Be-

reich B und Bereich C (zweite Grenzmenge) variiert, wie dies durch die durchgezogene Linie L4 gezeigt ist.

[0042] Wenn sich die Kraftmaschinendrehzahl NE und die Kraftstoffeinspritzgrundmenge Q_B im Bereich A befinden, wird die geschichtete Ladungsverbrennung bevorzugt. In diesem Fall setzt die ECU **30** den zweiten Modus MODEB auf den Wert Null (geschichtete Ladungsverbrennung). Wenn sich die Kraftmaschinendrehzahl NE und die Kraftstoffeinspritzgrundmenge Q_B im Bereich B befinden, wird auf dieselbe Weise die halbgeschichtete Ladungsverbrennung bevorzugt. Folglich setzt die ECU **30** den zweiten Modus MODEB auf den Wert Eins (halbgeschichtete Ladungsverbrennung). Wenn sich die Kraftmaschinendrehzahl NE und die Kraftstoffeinspritzgrundmenge Q_B im Bereich C befinden, wird die homogene Ladungsverbrennung bevorzugt. In diesem Fall setzt die ECU **30** den zweiten Modus MODEB auf den Wert Zwei (homogene Ladungsverbrennung). Wenn die Routine zum ersten Mal laufen gelassen wird, nachdem die Kraftmaschine **1** gestartet wurde, wird dem Parameter $MODEI_{i-1}$ ein Eingangswert gegeben, der der Eingangswert des Parameters MODEB sein kann.

[0043] Bei Schritt S104 beurteilt die ECU **30** ob der erste Modus $MODEI_{i-1}$ des vorangehenden Durchlaufs auf Null gesetzt ist (geschichtete Ladungsverbrennung). Wenn der erste Modus $MODEI_{i-1}$ auf Null gesetzt ist, schreitet die ECU **30** zu Schritt S105 vor und beurteilt, ob der zweite Modus MODEB größer als Null ist oder nicht. Wenn der zweite Modus MODEB nicht größer als Null ist, beendet die ECU **30** diese Routine zeitweise. Wenn der zweite Modus MODEB größer als Null ist, schreitet die ECU **30** zu Schritt S106 vor.

[0044] Bei Schritt S106 bestimmt die ECU **30** ob die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I gleich oder größer als die erste Grenzmenge Q1 ist oder nicht. Wenn die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I kleiner als die Kraftstoffeinspritzmenge Q1 ist, beendet die ECU **30** zeitweise die nachfolgende Verarbeitung. Wenn die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I gleich oder größer als die Kraftstoffeinspritzmenge Q1 ist, schreitet die ECU **30** zu Schritt S107 vor. Bei Schritt S107 setzt die ECU **30** den ersten Modus $MODEI_i$ auf 1 (halbgeschichtete Ladungsverbrennung). Dies schaltet den Verbrennungsmodus der Kraftmaschine **1** von der geschichteten Ladungsverbrennung auf die halbgeschichtete Ladungsverbrennung um.

[0045] Wenn der Beschleunigungspedalniederdrückgrad ACCP während der Beschleunigung plötzlich zunimmt, nimmt die Kraftstoffeinspritzgrundmenge Q_B zu, wie dies durch die durchgezogene Linie L1a in **Fig.** 7 gezeigt ist. Dies verursacht, dass die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I kleiner als die Kraftstoffeinspritzgrundmenge Q_B ist. Folglich muss, wenn der Beschleunigungspedalniederdrückgrad ACCP plötzlich zunimmt, wenn die Kraftstoffeinspritzgrundmenge Q_B nahe an der ersten Grenzmenge Q1 liegt, die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I nicht gleich oder größer als die erste Grenzmenge Q1 sein, selbst wenn die Kraftstoffeinspritzgrundmenge Q_B gleich oder größer als die erste Grenzmenge Q1 ist. In einem solchen Fall ist der bevorzugte Verbrennungsmodus die geschichtete Ladungsverbrennung.

[0046] Daher führt die ECU **30** in dem bevorzugten und veranschaulichten Ausführungsbeispiel Schritt S106 aus, um zu warten, bis die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I, die die gegenwärtige Kraftstoffeinspritzmenge ist, gleich oder größer als die erste Grenzmenge Q1 wird, bevor sie den Verbrennungsmodus umschaltet. Der Verbrennungsmodus wird nur von der geschichteten Ladungsverbrennung auf die halbgeschichtete Ladungsverbrennung umgeschaltet, nachdem die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I gleich oder größer als die erste Grenzmenge Q1 wird. Somit befindet sich der in der Kraftmaschine **1** durchgeführte Verbrennungsmodus in dem geeigneten Verbrennungsmodus. Dies verhindert Fehlzündungen, die verursacht würden, wenn die Kraftstoffeinspritzmenge mit Bezug auf die optimale Kraftstoffeinspritzmenge übermäßig oder unzureichend wäre.

[0047] Wenn in Schritt S104 der erste Modus $MODEI_{i-1}$ des vorangehenden Durchlaufs nicht auf Null gesetzt ist, schreitet die ECU **30** zu Schritt S108 vor und beurteilt, ob der erste Modus $MODEI_{i-1}$ des vorangehenden Durchlaufs auf Eins gesetzt ist oder nicht (halbgeschichtete Ladungsverbrennung). Wenn der erste Modus $MODEI_{i-1}$ auf den Wert Eins gesetzt ist, schreitet die ECU **30** zu Schritt S109 vor. Bei Schritt S109 beurteilt die ECU **30**, ob der zweite Modus MODEB auf den Wert **2** gesetzt ist. Wenn der zweite Modus MODEB in Schritt S101 auf den Wert **2** gesetzt ist, schreitet die ECU **30** zum Schritt S110 vor und beurteilt, ob die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I gleich oder größer als die zweite Grenzmenge Q2 ist oder nicht. Wenn die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I kleiner als die zweite Grenzmenge Q2 ist, beendet die ECU **30** zeitweise den nachfolgenden Ablauf. Wenn die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I gleich oder größer als die zweite Grenzmenge Q2 ist, schreitet die ECU **30** zu Schritt S111 vor und setzt den gegenwärtigen ersten Modus $MODEI_i$ auf den Wert Zwei (homogene Ladungsverbrennung). Dies schaltet den Verbrennungsmodus der Kraftmaschine **1** von der halbgeschichteten Ladungsverbrennung auf die homogene Ladungsverbrennung um.

[0048] Falls der Beschleunigungspedalniederdrückgrad ACCP plötzlich zunimmt, wenn die Kraftstoffeinspritzgrundmenge Q_B nahe an der zweiten Grenz-

menge Q2 liegt, muss die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I nicht gleich oder größer als die zweite Grenzmenge Q2 sein, selbst wenn die Kraftstoffeinspritzgrundmenge Q_B gleich oder größer als die zweite Grenzmenge Q2 ist. In diesem Fall ist der bevorzugte Verbrennungsmodus die halbgeschichtete Ladungsverbrennung.

[0049] Daher führt die ECU **30** in dem bevorzugten und veranschaulichten Ausführungsbeispiel den Schritt S110 aus, um zu warten, bis die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I, die die gegenwärtige Kraftstoffeinspritzmenge ist, gleich oder größer als die zweite Grenzmenge Q2 wird, bevor sie den Verbrennungsmodus umschaltet. Der Verbrennungsmodus wird erst, nachdem die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I gleich oder größer als die zweite Grenzmenge Q2 wird, von der halbgeschichteten Ladungsverbrennung auf die homogene Ladungsverbrennung umgeschaltet. Somit stimmt der in der Kraftmaschine **1** durchgeführte Verbrennungsmodus mit dem geeigneten Verbrennungsmodus überein. Dies verhindert Fehlzündungen, die verursacht würden, wenn die Kraftstoffeinspritzmenge mit Bezug auf die optimale Kraftstoffeinspritzmenge übermäßig oder unzureichend wäre.

[0050] Wenn in Schritt S109 der zweite Modus MODEB nicht auf den Wert **2** gesetzt ist, schreitet die ECU **30** zu Schritt S112 (**Fig.** 5) vor und beurteilt ob der zweite Modus MODEB auf den Wert Null gesetzt ist oder nicht. Wenn der zweite Modus MODEB nicht auf den Wert Null gesetzt ist, unterbricht die ECU **30** zeitweise die nachfolgende Verarbeitung. Wenn der zweite Modus MODEB auf den Wert Null gesetzt ist, schreitet die ECU **30** zu Schritt S113 vor. Bei Schritt S113 beurteilt die ECU **30**, ob die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I kleiner als die erste Grenzmenge Q1 ist oder nicht. Wenn die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I gleich oder größer als die Kraftstoffeinspritzmenge Q1 ist, unterbricht die ECU **30** zeitweise die nachfolgende Verarbeitung. Wenn in Schritt S113 bestimmt wird, dass die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I kleiner als die Kraftstoffeinspritzmenge Q1 ist, schreitet die ECU **30** zu Schritt S114 vor und setzt den gegenwärtigen ersten Modus $MODEI_I$ auf den Wert Null (geschichtete Ladungsverbrennung). Dies schaltet den Verbrennungsmodus der Kraftmaschine **1** von der halbgeschichteten Ladungsverbrennung auf die geschichtete Ladungsverbrennung um.

[0051] Wenn der Beschleunigungspedalniederdrückgrad ACCP während der Verlangsamung plötzlich abnimmt, nimmt die Kraftstoffeinspritzgrundmenge Q_B zu, wie dies durch die durchgezogene Linie L1b in **Fig.** 7 gezeigt ist. Dies verursacht, dass die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I größer als die Kraftstoffeinspritzgrundmenge Q_B ist. Folglich kann, falls der Beschleunigungspedalniederdrückgrad ACCP plötzlich verringert ist, wenn die Kraftstoffeinspritzgrundmenge Q_B nahe der ersten Grenzmenge Q1 liegt, die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I nicht kleiner als die erste Grenzmenge Q1 sein, selbst wenn die Kraftstoffeinspritzgrundmenge Q_B kleiner als die erste Grenzmenge Q1 ist. In diesem Fall ist der bevorzugte Verbrennungsmodus die halbgeschichtete Ladungsverbrennung.

[0052] Daher führt die ECU **30** in dem bevorzugten und veranschaulichten Ausführungsbeispiel Schritt S113 aus, um zu warten, bis die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I, die die gegenwärtige Kraftstoffeinspritzmenge ist, kleiner als die erste Grenzmenge Q1 wird, bevor sie den Verbrennungsmodus umschaltet. Der Verbrennungsmodus wird nur von der halbgeschichteten Ladungsverbrennung auf die geschichtete Ladungsverbrennung umgeschaltet, nachdem die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I kleiner als die erste Grenzmenge Q1 wird. Somit ist der in der Kraftmaschine **1** durchgeführte Verbrennungsmodus der geeignete Verbrennungsmodus. Dies verhindert Fehlzündungen, die verursacht würden, wenn die Kraftstoffeinspritzmenge mit Bezug auf die optimale Kraftstoffeinspritzmenge übermäßig oder unzureichend wäre.

[0053] Wenn in Schritt S108 bestimmt wird, dass der erste Modus $MODEI_{i-1}$ nicht auf den Wert Eins gesetzt ist, schreitet die ECU **30** zu Schritt S115 vor (**Fig.** 5) und beurteilt, ob der zweite Modus MODEB kleiner als Zwei ist oder nicht. Wenn der zweite Modus MODEB gleich Zwei ist, unterbricht die ECU **30** zeitweise die nachfolgende Verarbeitung. Wenn der zweite Modus MODEB kleiner als Zwei ist, schreitet die ECU **30** zu Schritt S116 vor. Bei Schritt S116 beurteilt die ECU **30** ob die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I kleiner als die zweite Grenzmenge Q2 ist oder nicht. Wenn die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I gleich oder größer als die zweite Grenzmenge Q2 ist, unterbricht die ECU **30** zeitweise die nachfolgende Verarbeitung. Wenn bestimmt wird, dass die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I kleiner als die Kraftstoffeinspritzmenge Q2 ist, schreitet die ECU **30** zu Schritt S117 vor und setzt den gegenwärtigen ersten Modus $MODEI_i$ auf den Wert Eins (halbgeschichtete Ladungsverbrennung). Dies schaltete den Verbrennungsmodus der Kraftmaschine **1** von der homogenen Ladungsverbrennung auf die halbgeschichtete Ladungsverbrennung um.

[0054] Falls der Beschleunigungspedalniederdrückgrad ACCP plötzlich verringert wird, wenn die Kraftstoffeinspritzgrundmenge Q_B nahe an der zweiten Grenzmenge Q2 liegt, muss die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I nicht kleiner als die zweite Grenzmenge Q2 sein, selbst wenn die Kraftstoffeinspritzgrundmenge Q_B kleiner als die zweite Grenzmenge Q2 ist. In einem solchen Fall ist der bevorzugte Verbrennungsmodus die homogene Ladungsverbren-

nung.

[0055] Daher führt die ECU **30** in dem bevorzugten und veranschaulichten Ausführungsbeispiel den Schritt S116 aus, um zu warten, bis die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I, die die gegenwärtige Kraftstoffeinspritzmenge ist, kleiner als die zweite Grenzmenge Q2 wird, bevor sie den Verbrennungsmodus umschaltet. Der Verbrennungsmodus wird erst von der homogenen Ladungsverbrennung auf die geschichtete Ladungsverbrennung umgeschaltet, nachdem die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I kleiner als die zweite Grenzmenge Q2 wird. Somit ist der in der Kraftmaschine **1** durchgeführte Verbrennungsmodus der geeignete Verbrennungsmodus. Dies verhindert Fehlzündungen, die verursacht würden, wenn die Kraftstoffeinspritzmenge mit Bezug auf die optimale Kraftstoffeinspritzmenge übermäßig oder unzureichend wäre.

[0056] Nun werden die Vorteile des bevorzugten und veranschaulichten Ausführungsbeispiels beschrieben.

[0057] Das Umschalten des Verbrennungsmodus basiert auf der geglätteten Kraftstoffeinspritzmenge Q_I, selbst wenn sich die Kraftstoffeinspritzgrundmenge Q_B von der geglätteten Kraftstoffeinspritzmenge Q_I als ein Ergebnis des Glättens während der Beschleunigung oder der Verlangsamung unterscheidet. Somit wird der Verbrennungsmodus so umgeschaltet, dass die Kraftmaschine **1** vorteilhafterweise den geeigneten Verbrennungsmodus durchführt. Somit ergibt das Umschalten des Verbrennungsmodus während der Beschleunigung oder der Verlangsamung das Einspritzen der geeigneten Kraftstoffmenge. Dies verhindert Fehlzündungen, die verursacht würden, wenn die Kraftstoffeinspritzmenge mit Bezug auf die optimale Kraftstoffeinspritzmenge übermäßig oder unzureichend wäre.

[0058] Der Verbrennungsmodus wird nicht umgeschaltet, bis sich die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I über die erste oder zweite Grenzmenge Q1, Q2 bewegt, selbst wenn sich die Kraftstoffeinspritzgrundmenge Q_B über die erste oder zweite Grenzmenge Q1, Q2 bewegt. Der Verbrennungsmodus wird nur dann umgeschaltet, wenn die Bedingungen zum Umschalten erfüllt sind. Das heißt, der Verbrennungsmodus wird nur dann umgeschaltet, wenn sich die geglättete Kraftstoffeinspritzgrundmenge Q_I über die erste oder zweite Grenzmenge Q1, Q2 bewegt. Somit ist der in der Kraftmaschine **1** durchgeführte Verbrennungsmodus immer geeignet.

[0059] Dies verhindert Fehlzündungen, die verursacht würden, wenn die Kraftstoffeinspritzmenge mit Bezug auf die optimale Kraftstoffeinspritzmenge übermäßig oder unzureichend wäre.

[0060] Es sollte für den Fachmann offensichtlich sein, dass die vorliegende Erfindung in vielen anderen spezifischen Ausgestaltungen ausgeführt werden kann, ohne von dem Umfang der Erfindung abzuweichen. Insbesondere sollte verstanden werden, dass die Erfindung in den nachstehenden Ausgestaltungen ausgeführt werden kann.

[0061] In dem bevorzugten und veranschaulichten Ausführungsbeispiel wird die Kraftstoffeinspritzmenge Q_B geglättet, um die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge Q_I zu erhalten. Eine Menge von Kraftstoff, die der geglätteten Kraftstoffeinspritzmenge Q_I entspricht, wird dann von dem Kraftstoffeinspritzventil **11** eingespritzt. Jedoch kann anstelle eines solchen Aufbaus eine gegenwärtige Kraftstoffeinspritzmenge auf Grundlage der Einlassluftmenge berechnet werden. In diesem Fall wird von dem Kraftstoffeinspritzventil **11** eine Menge von Kraftstoff, die der gegenwärtigen Kraftstoffeinspritzmenge entspricht, eingespritzt. Somit wird, falls der Beschleunigungspedalniederdrückgrad ACCP während einer Beschleunigung oder einer Verlangsamung plötzlich zunimmt oder abnimmt, eine geeignete Kraftstoffmenge, die der Einlassluftmenge entspricht (welche dem Niederdrückgrad ACCP in einer verzögerten Weise folgt) eingespritzt. Durch Umschalten des Verbrennungsmodus auf Grundlage der berechneten gegenwärtigen Kraftstoffeinspritzmenge führt die Kraftmaschine **1** vorteilhafterweise den geeigneten Verbrennungsmodus durch. Dementsprechend verhindert dieser Aufbau Fehlzündungen und Kraftmaschinenleistungsschwankungen, die verursacht würden, wenn die Kraftstoffeinspritzmenge mit Bezug auf die optimale Kraftstoffeinspritzmenge während einer Beschleunigung oder einer Verlangsamung übermäßig oder unzureichend würde.

[0062] In dem bevorzugten und veranschaulichten Ausführungsbeispiel wird die vorliegende Erfindung auf eine Kraftmaschine angewendet, die Kraftstoff direkt in ihre Zylinder einspritzt. Jedoch kann die vorliegende Erfindung auch auf eine Kraftmaschine angewendet werden, die den Kraftstoff nicht direkt in ihre Zylinder einspritzt, aber den Verbrennungsmodus zwischen der geschichteten Ladungsverbrennung, halbgeschichteten Ladungsverbrennung und homogenen Ladungsverbrennung umschaltet. Beispielsweise kann die vorliegende Erfindung auf eine Kraftmaschine angewandt werden, die Kraftstoff in Richtung der Stiele der Ventilköpfe der Einlassventile **6a**, **6b** einspritzt.

[0063] In dem bevorzugten und veranschaulichten Ausführungsbeispiel wird der Verbrennungsmodus zwischen den drei Modi der geschichteten Ladungsverbrennung, halbgeschichteten Ladungsverbrennung und homogenen Ladungsverbrennung umgeschaltet. Jedoch kann der Verbrennungsmodus auch zwischen zwei Modi umgeschalten werden. Bei-

spielsweise kann der Verbrennungsmodus zwischen der geschichteten Ladungsverbrennung und der halbgeschichteten Ladungsverbrennung, zwischen der halbgeschichteten Ladungsverbrennung und der homogenen Ladungsverbrennung oder zwischen der geschichteten Ladungsverbrennung und der homogenen Ladungsverbrennung gewechselt werden.

[0064] In dem bevorzugten und veranschaulichten Ausführungsbeispiel werden spiralförmige Einlassöffnungen verwendet, um Wirbel zu erzeugen. Jedoch müssen die Wirbel nicht notwendigerweise erzeugt werden. In einem solchen Fall können Bauteile, wie z.B. das Wirbelsteuerventil **17** und der Schrittmotor **19** ausgelassen werden.

[0065] Die vorliegende Erfindung wird in dem bevorzugten und veranschaulichten Ausführungsbeispiel auf einen Ottomotor angewendet. Jedoch kann die vorliegende Erfindung zudem auf andere Bauarten von Kraftmaschinen, wie z.B. auf eine Dieselkraftmaschine angewendet werden.

Patentansprüche

1. Brennkraftmaschine mit einem Zylinder (**5**), wobei die Kraftmaschine in einem aus einer Vielzahl von unterschiedlichen Verbrennungsmodi ausgewählten Verbrennungsmodus arbeitet, um Kraftstoff in dem Zylinder (**5**) zu verbrennen, wobei die Kraftmaschine **dadurch gekennzeichnet** ist, dass:
eine Kraftstoffzuführvorrichtung (**11**) den Kraftstoff in den Zylinder (**5**) zuführt, wobei eine Zustandserfassungsvorrichtung (**25**–**29**) Betriebszustände der Kraftmaschine erfasst,
ein Computer (**30**) einen gegenwärtigen Wert einer Kraftmaschinenlast in Antwort auf erfasste Betriebszustände berechnet, wobei der Computer (**30**) eine geglättete Kraftstoffeinspritzmenge (Q_I) berechnet, indem eine Basiskraftstoffeinspritzmenge (Q_B), die für eine theoretische Kraftmaschinenlast indikativ ist, in einer vorbestimmten Weise korrigiert wird, wobei die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge (Q_I) stärker als die Basiskraftstoffeinspritzmenge (Q_B) geändert wird, wenn der Beschleunigungspedalniederdrückgrad (ACCP) während der Beschleunigung zunimmt oder während der Verzögerung abnimmt, um den gegenwärtigen Wert der Kraftmaschinenlast wiederzugeben, wobei die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge (Q_I) auf der Grundlage der geglättete Kraftstoffeinspritzmenge des vorangehenden Durchlaufs und der Basiskraftstoffeinspritzmenge (Q_B) berechnet wird, und
eine Verbrennungssteuereinheit (**30**) die Kraftstoffzuführvorrichtung (**11**) steuert, indem ein gewünschter Verbrennungsmodus in Antwort auf den berechneten gegenwärtigen Lastwert ausgewählt wird.

2. Kraftmaschine gemäß Anspruch 1, wobei die Kraftstoffzuführvorrichtung (**11**) ein Kraftstoffinjektor zum Einspritzen des Kraftstoffs in den Zylinder ist.

3. Kraftmaschine gemäß Anspruch 1, wobei die Kraftmaschine eine Ausgabewelle hat und wobei die Verbrennungsmodi entsprechend bestimmter Drehzahlbereichen der Ausgabewelle und der Menge des einzuspritzenden Kraftstoffs vorbestimmt sind.

4. Kraftmaschine gemäß Anspruch 1, wobei die Verbrennungsmodi eine geschichtete Ladungsverbrennung, eine halbgeschichtete Ladungsverbrennung und eine homogene Ladungsverbrennung beinhalten.

5. Kraftmaschine gemäß Anspruch 4, wobei die Verbrennungssteuereinheit (**30**) die Kraftstoffzuführvorrichtung (**11**) in einer späten Stufe des Verdichtungstakts betätigt, um die geschichtete Ladungsverbrennung auszuführen, die Kraftstoffzuführvorrichtung (**11**) während des Einlasstakts und in einer späten Stufe des Verdichtungstakts betätigt, um eine halbgeschichtete Ladungsverbrennung auszuführen und die Kraftstoffzuführvorrichtung (**11**) während des Einlasstakts betätigt, um eine homogene Ladungsverbrennung auszuführen.

6. Kraftmaschine gemäß Anspruch 5, wobei die Verbrennungsmodi in Reihenfolge der geschichten Ladungsverbrennung, der halbgeschichteten Ladungsverbrennung und der homogenen Ladungsverbrennung angewendet werden, wenn die Kraftstoffeinspritzmenge zunimmt.

7. Kraftmaschine gemäß Anspruch 6, wobei der geschichtete Ladungsverbrennungsbereich und der halbgeschichtete Ladungsverbrennungsbereich durch eine erste Grenzmenge (Q1) der Kraftstoffeinspritzung abgegrenzt sind und wobei die Verbrennungssteuereinrichtung (**30**) den Verbrennungsmodus von der geschichteten Ladungsverbrennung zu der halbgeschichteten Ladungsverbrennung umschaltet, wenn die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge die erste Grenzmenge (Q1) der Kraftstoffeinspritzung überschreitet.

8. Kraftmaschine gemäß Anspruch 7, wobei der halbgeschichtete Ladungsverbrennungsbereich und der homogene Ladungsverbrennungsbereich durch eine zweite Grenzmenge (Q2) der Kraftstoffeinspritzung abgegrenzt sind und wobei die Verbrennungssteuereinheit (**30**) den Verbrennungsmodus von der halbgeschichteten Ladungsverbrennung zur homogenen Ladungsverbrennung umschaltet, wenn die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge die zweite Grenzmenge (Q2) der Kraftstoffeinspritzung überschreitet.

9. Verfahren zum Verbrennen von Kraftstoff in einem Zylinder (**5**) einer Brennkraftmaschine, wobei die Kraftmaschine in einem aus einer Vielzahl von unterschiedlichen Verbrennungsmodi ausgewählten

Verbrennungsmodus arbeitet, um Kraftstoff in dem Zylinder (**5**) zu verbrennen, wobei das Verfahren durch folgende Schritte gekennzeichnet ist:
Zuführen des Kraftstoffs in den Zylinder (**5**);
Erfassen von Betriebszuständen der Kraftmaschine;
Berechnen eines gegenwärtigen Werts einer Kraftmaschinenlast in Antwort auf die erfassten Betriebszustände, wobei der Berechnungsschritt das Berechnen einer geglättete Kraftstoffeinspritzmenge (Q_I) beinhaltet, indem eine Basiskraftstoffeinspritzmenge (Q_B), die für eine theoretische Kraftmaschinenlast indikativ ist, auf eine vorbestimmte Weise korrigiert wird, wobei die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge (Q_I) stärker als die Basiskraftstoffeinspritzmenge (Q_B) geändert wird, wenn der Beschleunigungspedalniederdrückgrad (ACCP) während der Beschleunigung zunimmt oder während der Verzögerung abnimmt, um den gegenwärtigen Wert der Kraftmaschinenlast wiederzugeben, wobei die geglättete Kraftstoffeinspritzmenge (Q_I) auf der Grundlage der geglättete Kraftstoffeinspritzmenge des vorangehenden Durchlaufs und der Basiskraftstoffeinspritzmenge (Q_B) berechnet wird, und
Steuern der Kraftstoffzufuhr durch Auswählen eines erforderlichen Verbrennungsmodus in Antwort auf den berechneten gegenwärtigen Lastwert.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

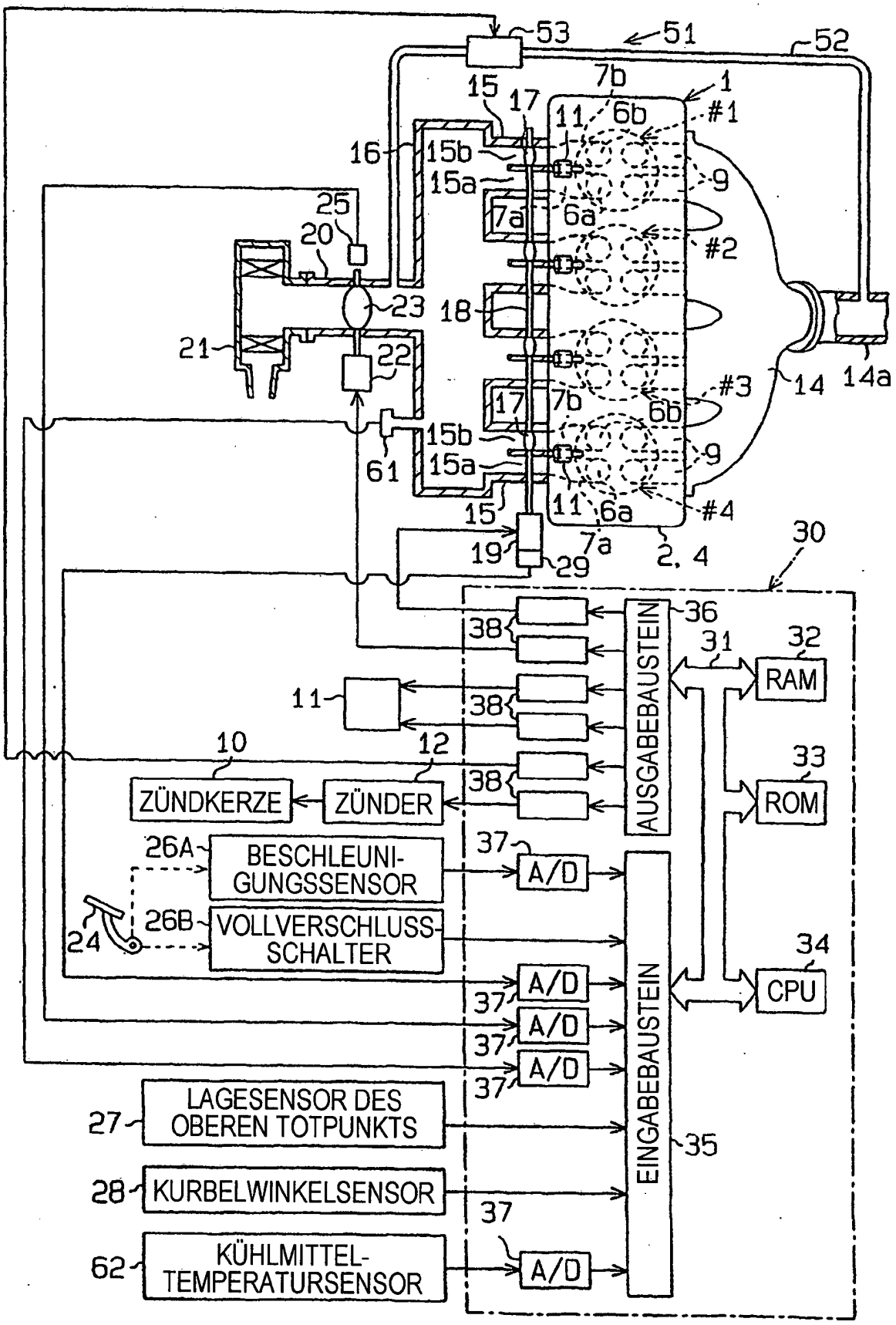


Fig. 2

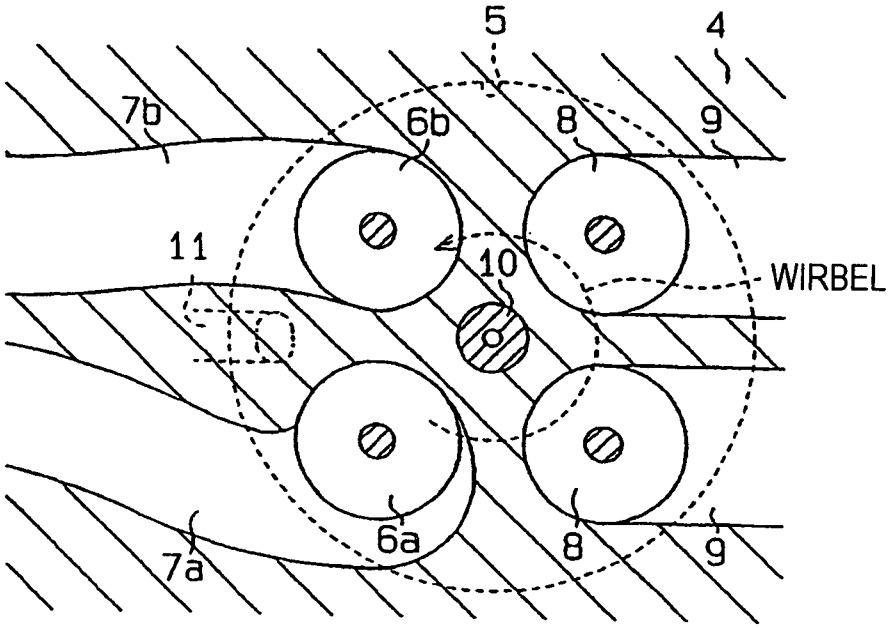

5
4
7b
6b
8
9
11
10
WIRBEL
6a
7a
8
9

Fig. 3

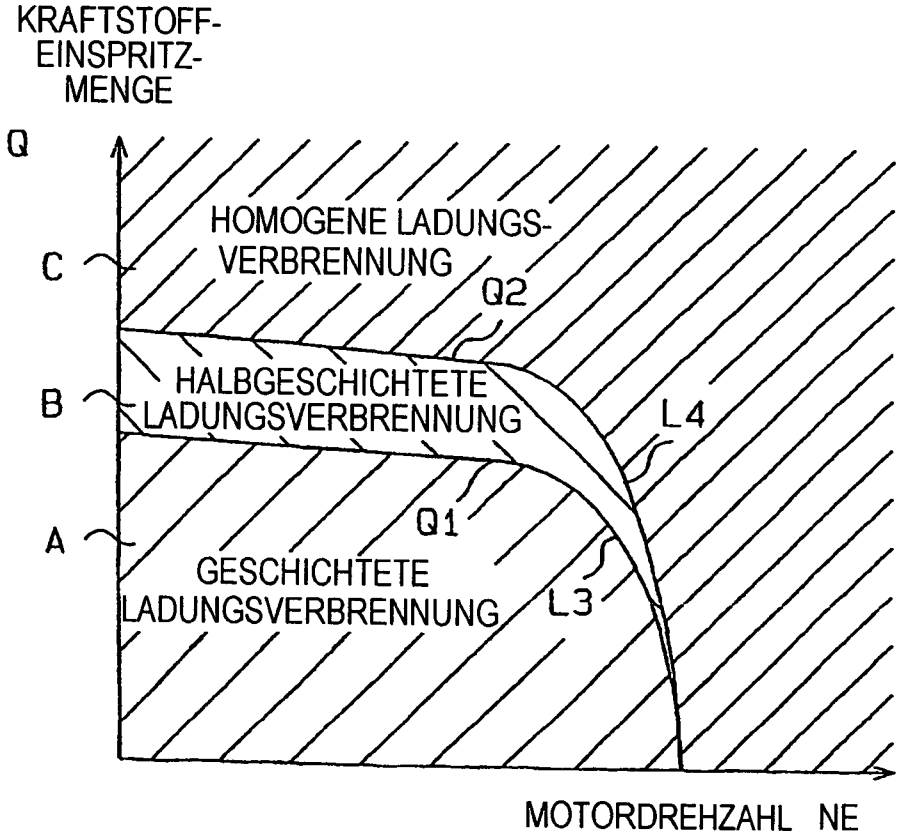

KRAFTSTOFF-
EINSPRITZ-
MENGE
Q
C
B
A
HOMOGENE LADUNGS-
VERBRENNUNG
Q2
HALBGESCHICHTETE
LADUNGSVERBRENNUNG
L4
Q1
GESCHICHTETE
LADUNGSVERBRENNUNG
L3
MOTORDREHZAHL NE

Fig. 4

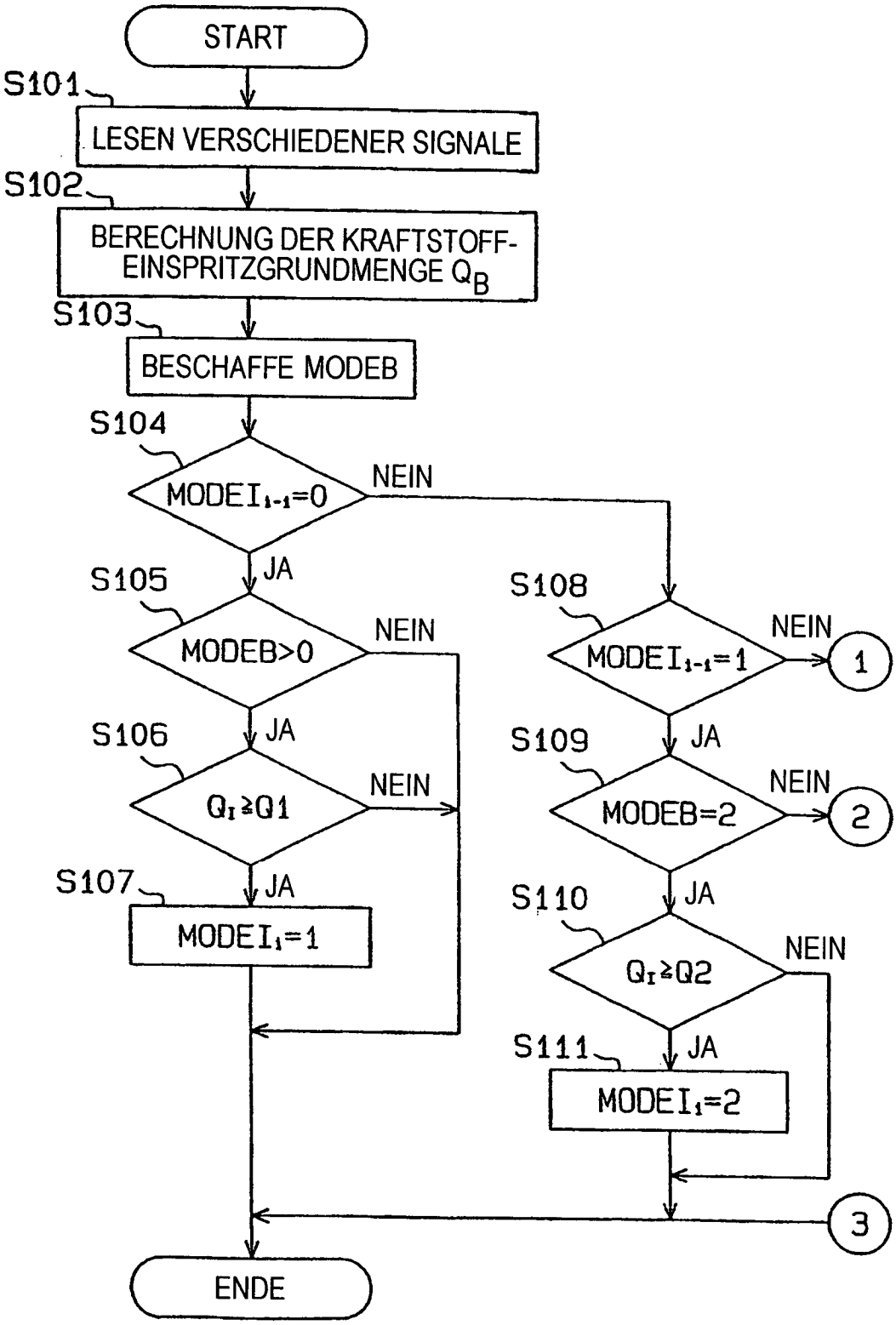

START
S101
LESEN VERSCHIEDENER SIGNALE
S102
BERECHNUNG DER KRAFTSTOFF-EINSPRITZGRUNDMENGE Q_B
S103
BESCHAFFE MODEB
S104
$MODEI_{i-1}=0$
NEIN
JA
S105
MODEB>0
NEIN
JA
S106
$Q_I \geq Q1$
NEIN
JA
S107
$MODEI_i=1$
S108
$MODEI_{i-1}=1$
NEIN
1
JA
S109
MODEB=2
NEIN
2
JA
S110
$Q_I \geq Q2$
NEIN
JA
S111
$MODEI_i=2$
3
ENDE

Fig. 5

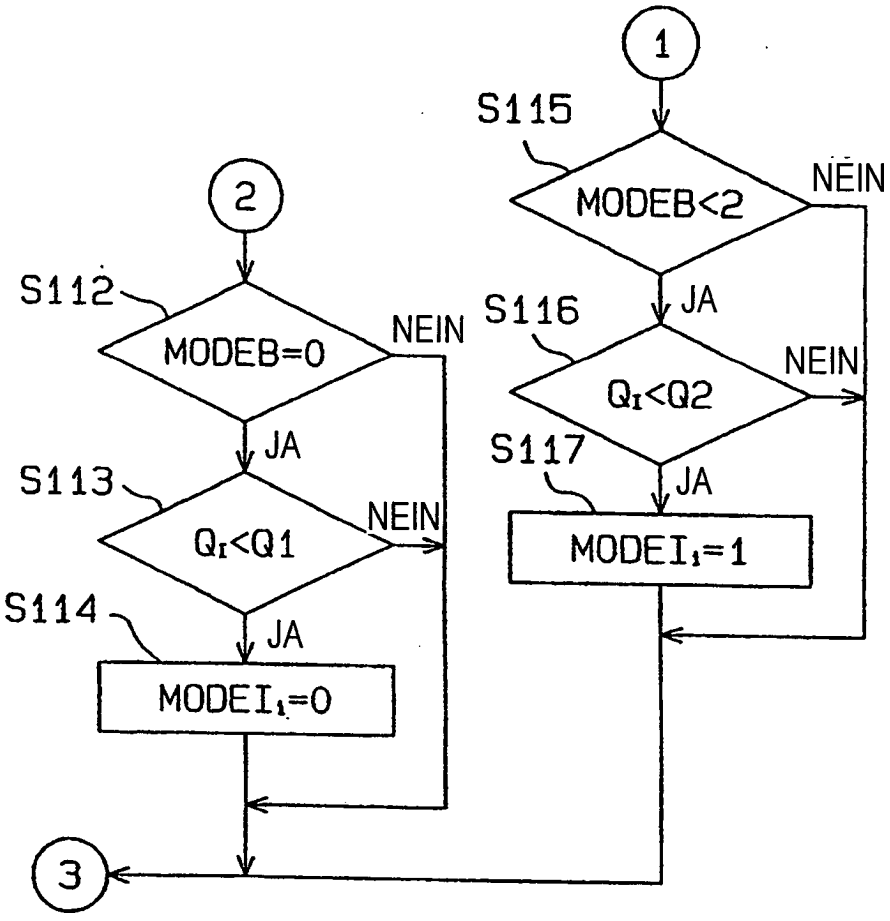

1
S115
MODEB<2
NEIN
JA
S116
QI<Q2
NEIN
JA
S117
MODEI1=1
2
S112
MODEB=0
NEIN
JA
S113
QI<Q1
NEIN
JA
S114
MODEI1=0
3

Fig. 6

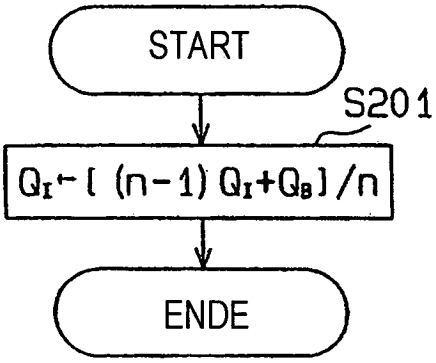
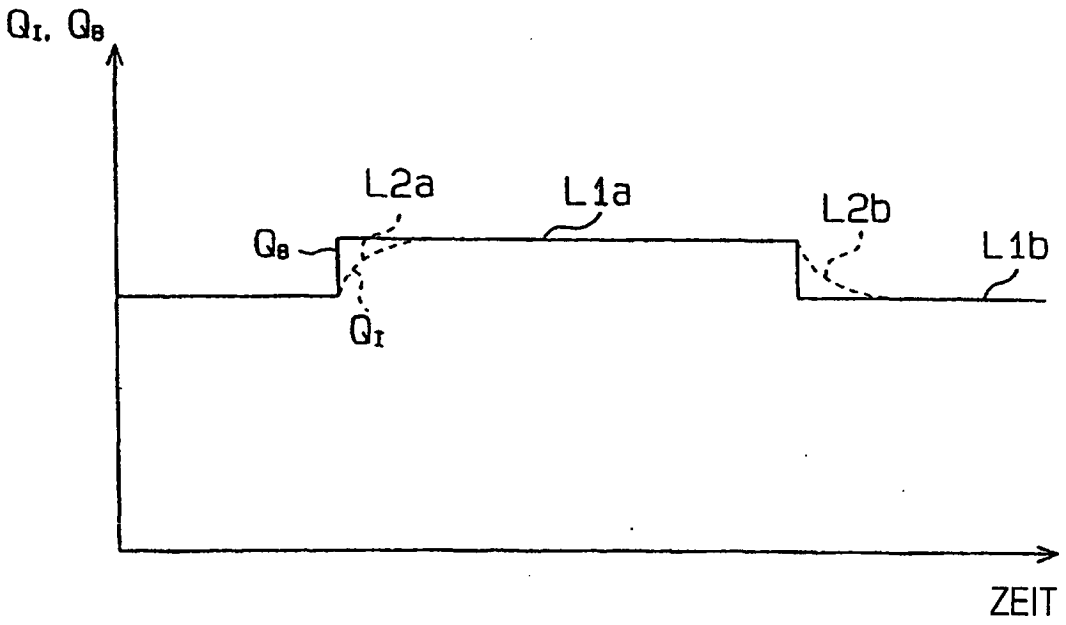

START
S201
$Q_I \leftarrow [(n-1)Q_I + Q_B]/n$
ENDE

Fig. 7


Q_I, Q_B
L2a
L1a
L2b
L1b
Q_B
Q_I
ZEIT