



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 03 364 T2 2004.05.06**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 048 838 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 03 364.3**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 108 844.2**

(96) Europäischer Anmeldetag: **26.04.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.11.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **18.06.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **06.05.2004**

(51) Int Cl.7: **F02D 41/16**

**C12P 13/00, F02D 37/02**

(30) Unionspriorität:

**11923999      27.04.1999      JP**

(73) Patentinhaber:

**Toyota Jidosha K.K., Toyota, Aichi, JP**

(74) Vertreter:

**Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner GbR, 80336  
München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB**

(72) Erfinder:

**Kanamaru, Masanobu, Toyota-shi, Aichi-ken  
471-8571, JP; Watanabe, Satoru, Toyota-Shi,  
Aichi-ken 471-8571, JP**

(54) Bezeichnung: **Apparat und Methode für die Steuerung eines Verbrennungsmotors**

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**

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG.

## Bereich der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Apparat für die Steuerung eines Verbrennungsmotors und im Speziellen einen Steuerungsapparat und eine Steuerungsmethode für die Steuerung der Drehzahl eines Automobil-Verbrennungsmotors in einem Leerlauf-Dauerzustand (einen allgemeinen Leerlaufzustand mit Ausnahme des Anstiegs der Motordrehzahl unmittelbar im Anschluss an das Anlassen des Motors und des Schiebens des Motors) auf einen Zielwert.

[0002] Beschreibung der zugrundeliegenden Technik Um die atmosphärische Umweltverschmutzung zu reduzieren, wurden und werden verschiedenen Automobiltechniken zur Reduzierung von Emissionen entwickelt. Im Besonderen besteht eine bedeutende Aufgabenstellung darin, die Motordrehzahl während des Leerlaufbetriebs, das heißt die Leerlauf-Motordrehzahl, des Verbrennungsmotors angemessen so zu steuern, dass sie nicht schwankt, sondern einem Zielwert entspricht, da der Leerlaufbetrieb eines Verbrennungsmotors während der tatsächlichen Fahrt häufig auftritt und einen großen Einfluss auf die Qualität der Emissionen hat.

[0003] Die japanische veröffentlichte Patentanmeldung Nr. HEI 5-222997 veröffentlicht einen Apparat für die Steuerung der Leerlauf-Motordrehzahl. Dieser Apparat sieht eine Rückmeldungssteuerung in Bezug auf die Einlassluft (Einlassluftstrom) und den Zündzeitpunkt vor, wodurch die Motordrehzahl während des Leerlaufbetriebs auf einen Zielwert gesteuert wird. Wenn das Einlassluftstrom- Rückmeldungssteuerungssystem versagt, wird die Rückmeldungssteuerung auf der Basis des Zündzeitpunkts ausgeführt. Bei Betrieb des kalten Motors ist die Rückmeldungssteuerung auf der Basis des Zündzeitpunkts beschränkt.

[0004] Ungeachtet dessen wird, wenn sich der Einlassluftstrom in einem Fall ändert, in dem ein Zustand unzureichender Verbrennung im Anschluss an einen kalten Zustand eintritt, der auf einen Kaltstart folgt, der Verbrennungszustand aus folgenden Gründen in bestimmten Fällen weiter verschlechtert. Das bedeutet, dass ein Zustand unzureichender Verbrennung während des kalten Zustands auftritt, da die Kraftstoffvernebelung unzureichend ist, so dass sich Kraftstoff an den Wänden des Einlasssystems oder ähnlichem niederschlägt und aus diesem Grund keine ausreichende Menge Kraftstoff in die Brennkammer eingebracht wird. In einem derartigen Fall ändert sich das Kraftstoff-Luft-Verhältnis zur mageren Seite. Wenn die Drosselöffnung vergrößert wird, um den Einlassluftstrom zu vergrößern und damit das Drehmoment des Motors zu erhöhen, nimmt der Unterdruck im Einlassrohr ab, so dass sich die Qualität der

Kraftstoffvernebelung weiter verschlechtert. Damit wird das Kraftstoff-Luft-Verhältnis weiter zur mageren Seite verändert.

[0005] Um die Leerlauf-Motordrehzahl richtig auf einen Zielwert zu steuern, ist es entscheidend, diesen vorstehend beschriebenen Zustand präzise zu erkennen. Allerdings ist keine derartige Erkennung oder vergleichbares in der vorstehend bezeichneten veröffentlichten Patentanmeldung publiziert.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0006] Dementsprechend ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, einen Steuerungsapparat und eine Steuerungsmethode für die Steuerung eines Verbrennungsmotors vorzusehen, die in der Lage sind, das Auftreten eines Zustands unzureichender Verbrennung während einer Rückmeldungssteuerung der Leerlauf-Motordrehzahl zu erkennen.

[0007] Um dieses vorstehend beschriebene und weitere Ziele der vorliegenden Erfindung zu erreichen, enthält ein Steuerungsapparat eines Verbrennungsmotors entsprechend eines Aspekts der Erfindung eine Vielzahl von Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen zur Steuerung der Leerlauf-Motordrehzahl auf einen Zielwert, eine Auswahlvorrichtung zur Auswahl der optimalen Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtung aus der Vielzahl von Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen in Hinblick auf eine Bedingung und zur Steuerung der Leerlauf-Motordrehzahl durch Nutzung der ausgewählten optimalen Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtung und eine Bestimmungsvorrichtung zur Bestimmung des Eintretens eines unzureichenden Verbrennungszustands auf der Grundlage der von der Auswahlvorrichtung ausgewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtung, wenn während einer Rückmeldungssteuerung der Leerlauf-Motordrehzahl durch die von der Auswahlvorrichtung ausgewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen das Verhältnis von Motordrehzahländerung zu Steuerungsbetragsänderung, das heißt der Grad einer Änderung der Motordrehzahl im Verhältnis zu einer Änderung des Betrags der Steuerung der Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen, außerhalb eines vorbestimmten Bereichs liegt.

[0008] Der dementsprechend konstruierte erfindungsgemäße Steuerungsapparat verfügt über eine Vielzahl von Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen, die in der Lage sind, die Leerlauf-Motordrehzahl auf einen Zielwert zu steuern, und bestimmt, ob ein Zustand unzureichender Verbrennung während einer Rückmeldungssteuerung der Leerlauf-Motordrehzahl durch eine von der Auswahlvorrichtung auf der Grundlage einer Bedingung ausgewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtung eingetreten ist oder nicht. Dazu ist der Steuerungsapparat in der Lage, zu bestimmen, ob die ausgewählte Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtung unter den herrschenden Bedingungen tauglich oder untauglich ist.

[0009] Entsprechend eines zweiten Aspekts der Er-

findung enthält ein Steuerungsapparat eines Verbrennungsmotors eine Vielzahl von Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen zur Steuerung der Leerlauf-Motordrehzahl auf einen Zielwert, eine Auswahlvorrichtung zur Auswahl der optimalen Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtung aus der Vielzahl von Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen in Hinblick auf eine Bedingung und zur Steuerung der Leerlauf-Motordrehzahl durch Nutzung der ausgewählten optimalen Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtung und eine erste Bestimmungsvorrichtung um, während einer Rückmeldungssteuerung der Leerlauf-Motordrehzahl durch die von der Auswahlvorrichtung ausgewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen, eine Motordrehzahlabweichung, das heißt eine Abweichung der tatsächlichen Motordrehzahl von einer Soll-Motordrehzahl, zu bestimmen, und um, falls die Motordrehzahlabweichung ein vorbestimmtes Kriterium übersteigt, zu bestimmen, dass ein Zustand unzureichender Verbrennung auf der Basis der von der Auswahlvorrichtung ausgewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen eingetreten ist.

[0010] Wie beim ersten Aspekt der Erfindung verfügt der Steuerungsapparat entsprechend des zweiten Aspekts der Erfindung über eine Vielzahl von Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen, die in der Lage sind, die Leerlauf-Motordrehzahl auf einen Zielwert zu steuern, und bestimmt, ob ein Zustand unzureichender Verbrennung während einer Rückmeldungssteuerung der Leerlauf-Motordrehzahl durch eine von der Auswahlvorrichtung in Hinblick auf eine Bedingung ausgewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtung eingetreten ist oder nicht. Dazu ist der Steuerungsapparat in der Lage, zu bestimmen, ob die ausgewählte Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtung unter den herrschenden Bedingungen tauglich oder untauglich ist.

[0011] Entsprechend eines dritten Aspekts der Erfindung enthält ein Steuerungsapparat eines Verbrennungsmotors eine Vielzahl von Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen zur Steuerung der Leerlauf-Motordrehzahl auf einen Zielwert, eine Auswahlvorrichtung zur Auswahl der optimalen Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtung aus der Vielzahl von Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen in Hinblick auf eine Bedingung und zur Steuerung der Leerlauf-Motordrehzahl durch Nutzung der ausgewählten optimalen Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtung und eine erste Bestimmungsvorrichtung um, während einer Rückmeldungssteuerung der Leerlauf-Motordrehzahl durch die von der Auswahlvorrichtung ausgewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen, Bestimmungsvorrichtungen um zu bestimmen, dass ein Zustand unzureichender Verbrennung auf der Basis der von der Auswahlvorrichtung ausgewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen eingetreten ist, falls ein angepasster Wert der Steuerung durch die betriebene Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtung einen vorbestimmten Grenzwert übersteigt, wobei dieser angepasste Wert der Steue-

rung abhängig von der Motordrehzahlabweichung angepasst worden ist.

[0012] Der Steuerungsapparat entsprechend dem ersten, zweiten und/oder dritten Aspekt der Erfindung kann so konstruiert sein, dass, wenn bestimmt wird, dass, wenn ein Zustand unzureichender Verbrennung während einer Rückmeldungssteuerung der Leerlauf-Motordrehzahl durch die von der Auswahlvorrichtung ausgewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen eingetreten ist, eine vorbestimmte andere Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtung statt der bisher bereits ausgewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen ausgewählt wird. Diese Konstruktion ermöglicht es, von der aktuellen Rückmeldungssteuerung auf die Rückmeldungssteuerung durch eine vorbestimmte andere Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtung umzuschalten, wenn während der aktuellen Rückmeldungssteuerung ein Zustand unzureichender Verbrennung eintritt. Damit ist es möglich, ein Fortbestehen des Zustands unzureichender Verbrennung aufgrund der aktuell ausgewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen zu vermeiden.

[0013] Entsprechend eines weiteren Aspekts der Erfindung ist eine Steuerungsmethode eines Verbrennungsmotors vorgesehen, bei der eine Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtung aus einer Vielzahl von Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen ausgewählt wird und die ausgewählte Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtung wird zur Steuerung der Leerlauf-Motordrehzahl verwendet, und das Verhältnis von Motordrehzahländerung zu Steuerungsbetragsänderung, das heißt der Grad einer Änderung der Motordrehzahl im Verhältnis zu einer Änderung des Betrags der Steuerung der ausgewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen, wird während der Rückmeldungssteuerung der Leerlauf-Motordrehzahl durch die ausgewählte Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtung bestimmt, und es wird bestimmt, dass ein Zustand unzureichender Verbrennung auf der Basis des ausgewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtung eingetreten ist, wenn das Verhältnis von Motordrehzahländerung zu Steuerungsbetragsänderung außerhalb eines vorbestimmten Bereichs liegt.

[0014] Bei einer Steuerungsmethode eines Verbrennungsmotors entsprechend eines weiteren Aspekts der Erfindung wird eine Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtung aus einer Vielzahl von Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen ausgewählt und die ausgewählte Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtung wird zur Steuerung der Leerlauf-Motordrehzahl verwendet. Darüber hinaus wird eine Motordrehzahlabweichung, das heißt eine Abweichung der tatsächlichen Motordrehzahl von einer Soll-Motordrehzahl, während der Rückmeldungssteuerung der Leerlauf-Motordrehzahl durch die ausgewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen bestimmt. Falls diese Motordrehzahlabweichung ein vorbestimmtes Kriterium übersteigt, wird bestimmt, dass ein Zustand

unzureichender Verbrennung auf der Basis der ausgewählten Rückmeldungs-Steuerungsrichtungen eingetreten ist.

[0015] Diese Zusammenfassung der Erfindung beschreibt nicht notwendigerweise sämtliche erforderlichen Eigenschaften, so dass die Erfindung auch in einer Unterkombination dieser beschriebenen Eigenschaften bestehen kann.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ABBILDUNGEN

[0016] Die vorstehenden und weitere Objekte, Eigenschaften und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden in der nachfolgenden Beschreibung der bevorzugten Ausführungen unter Verweis auf die zugehörigen Abbildungen verdeutlicht, wobei gleiche Positionsnummern gleiche Elemente bezeichnen und wobei gilt:

[0017] **Fig. 1** ist eine Darstellung einer Hardware-Konstruktion, die den bevorzugten Ausführungen der Erfindung gemeinsam ist;

[0018] **Fig. 2** ist ein Ablaufdiagramm, das eine Steuerungsmethode entsprechend einer ersten Ausführung der Erfindung darstellt;

[0019] **Fig. 3** ist ein Ablaufdiagramm, das eine Steuerungsmethode entsprechend einer Modifikation der ersten Ausführung der Erfindung darstellt;

[0020] **Fig. 4** ist ein Ablaufdiagramm, das eine Steuerungsmethode entsprechend einer zweiten Ausführung der Erfindung darstellt;

[0021] **Fig. 5** ist ein Ablaufdiagramm, das eine Steuerungsmethode entsprechend einer Modifikation der zweiten Ausführung der Erfindung darstellt;

[0022] **Fig. 6** ist ein Ablaufdiagramm, das eine Steuerungsmethode entsprechend einer dritten Ausführung der Erfindung darstellt;

[0023] **Fig. 7** ist ein Ablaufdiagramm, das eine Steuerungsmethode entsprechend einer Modifikation der dritten Ausführung der Erfindung darstellt;

[0024] **Fig. 8** ist ein Ablaufdiagramm, das eine Steuerungsmethode entsprechend einer vierten Ausführung der Erfindung darstellt;

[0025] **Fig. 9** ist ein Kennfeld des Verhältnisses von Motordrehzahländerung zu Drosselöffnungsänderung, das bei der Steuerung der ersten Ausführung verwendet wird;

[0026] **Fig. 10** ist ein Kennfeld des Verhältnisses von Motordrehzahländerung zu Zündzeitpunktänderung, das bei der Steuerung der zweiten Ausführung verwendet wird;

[0027] **Fig. 11** ist ein Kennfeld des Verhältnisses von Motordrehzahländerung zu Kraftstoffeinspritzmengenänderung, das bei der Steuerung der dritten Ausführung verwendet wird;

[0028] **Fig. 12** ist ein Kennfeld des Betrags der Anpassung des Einlassluftstroms in Bezug auf die Motordrehzahlabweichung, das bei der Steuerung der Modifikation der ersten Ausführung verwendet wird;

[0029] **Fig. 13** ist ein Kennfeld des Betrags der Anpassung des Zündzeitpunkts in Bezug auf die Motor-

drehzahlabweichung, das bei der Steuerung der Modifikation der zweiten Ausführung verwendet wird; und

[0030] **Fig. 14** ist ein Kennfeld des Betrags der Anpassung der Kraftstoffeinspritzmenge in Bezug auf die Motordrehzahlabweichung, das bei der Steuerung der Modifikation der dritten Ausführung verwendet wird.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGEN

[0031] Nachstehend werden die bevorzugten Ausführungen der Erfindung im Detail unter Verweis auf die zugehörigen Abbildungen beschrieben.

[0032] **Fig. 1** ist eine Darstellung einer Hardware-Konstruktion, die den nachstehend beschriebenen bevorzugten Ausführungen der Erfindung gemeinsam ist. Entsprechend **Fig. 1** hat ein Verbrennungsmotor **1** eine elektronisch gesteuerte Drossel **3**, die in einem Bereich des Einlasswegs **2** vorgesehen ist, der sich in Strömungsrichtung gesehen unterhalb eines Luftfilters (nicht abgebildet) erstreckt. Eine Drosselklappe **3a** der elektronisch gesteuerten Drossel **3** wird in Öffnungs- und Schließrichtung durch einen Drosselmotor **3b** angetrieben. Wenn ein Öffnungsgradbefehlswert von einer Motorsteuerungseinheit (ECU) **10** an die elektronisch gesteuerte Drossel **3** gesendet wird, bewegt der Drosselmotor **3b** die Drosselklappe **3a** so, dass der befohlene Öffnungsgrad entsprechend dem gesendeten Befehlswert erreicht wird.

[0033] Der Öffnungsgrad der Drosselklappe **3a** wird in einem Bereich zwischen einem vollständig geschlossenen Zustand, dargestellt als durchgezogene Linie, und einem vollständig geöffneten Zustand, in **Fig. 1** dargestellt als unterbrochene Linie, gesteuert. Der Öffnungsgrad der Drosselklappe **3a** wird durch einen Drosselöffnungssensor **4** erkannt. Der befohlene Öffnungsgrad wird in Abhängigkeit von einem Fahrpedal-Niederdrückwertanzeige-Signal (einem Fahrpedal-Betätigungssignal) von einem Fahrpedal-Niederdrückwensensor **15** ermittelt, der an einem Fahrpedal **14** zur Ermittlung des Niederdrückwerts des Fahrpedals **14** angebracht ist.

[0034] Obwohl der Einlassluftstrom (die Menge der Einlassluft) während des Leerlaufbetriebs des Verbrennungsmotors mit der elektronisch gesteuerten Drossel **3** ausreichend gesteuert werden kann, kann die Steuerung des Einlassluftstroms während des Leerlaufbetriebs auch durch Verwendung eines Leerlaufdrehzahl-Steuerventils (nachstehend ISCV genannt) **5** erfolgen, das in einem Nebenstrompfad zur Drosselklappe **3a**, wie in **Fig. 1** gezeigt, vorgesehen ist.

[0035] Ein Atmosphärendrucksensor **18** ist in einem Bereich des Einlasswegs **2** vorgesehen, der sich in Strömungsrichtung gesehen oberhalb der elektronisch gesteuerten Drossel **3** erstreckt. Ein Ausgleichsbehälter **6** zur Verhinderung des Pulsierens

des Einlasses des Verbrennungsmotors ist in Strömungsrichtung gesehen unterhalb der elektronisch gesteuerten Drossel **3** vorgesehen. Ein Drucksensor **7** ist im Ausgleichsbehälter **6** vorgesehen, um den Druck der Einlassluft zu erkennen. In Strömungsrichtung gesehen unterhalb des Ausgleichsbehälters **6** sind Kraftstoffeinspritzventile **8** zur Einspritzung von druckbeaufschlagtem Kraftstoff aus einem Kraftstoffversorgungssystem in entsprechende Zylindereinlassöffnungen angebracht. Die Zündung eines Motorenkraftstoffs erfolgt durch eine Zündung **27**, die eine elektrische Entladung von Zündkerzen **29** durch den Einsatz einer Zündspule **28** auf der Basis der Signale von der ECU **10** veranlasst.

[0036] Ein Wassertemperatursensor **11** zur Erkennung der Temperatur des Kühlwassers des Verbrennungsmotors **1** ist in einem Kühlwasserdurchlass **9** in einem Zylinderblock des Verbrennungsmotors **1** vorgesehen. Der Wassertemperatursensor **11** erzeugt ein analoges Spannungssignal entsprechend der Temperatur des Kühlwassers. Eine Abgasführung **12** ist mit einem Drei-Wege-Katalysator versehen (nicht abgebildet), mit dem gleichzeitig drei schädliche-Komponenten, das heißt Kohlenwasserstoffe, Kohlenmonoxid und Stickoxide, aus dem Abgas entfernt werden. Ein Sauerstoffsensor **13**, der eine Art Kraftstoff-Luft-Verhältnissensor darstellt, ist in einem Bereich der Abgasführung **12** vorgesehen, der sich in Strömungsrichtung gesehen oberhalb des Katalysators befindet. Der Sauerstoffsensor **13** erzeugt ein elektrisches Signal, das der Konzentration von Sauerstoffkomponenten im Abgas entspricht: Die Signale dieser verschiedenen Sensoren werden in die ECU **10** eingespeist.

[0037] Die ECU **10** akzeptiert auch die Eingabe eines Schlüsselstellungssignals (das eine Hilfsposition, eine Einschaltposition, eine Anlassposition und so weiter -angibt) von einem Zündungsschalter **17**, der an eine Batterie **16** angeschlossen ist, die Eingabe eines Obertotpunktsignals TDC und eines bei jedem vorbestimmten Winkel erzeugten Kurbelwellenwinkelsignals CA, die von einem Kurbelwellenpositionssensor **21** stammen, der neben einem Steuerrotor **24** angebracht ist, der fest an einer Kurbelwellenriemenscheibe angebracht oder mit dieser zusammengeformt ist, die an einem Ende einer Kurbelwelle angebracht ist, die Eingabe eines Referenzpositionssignals von einem Nockenpositionssensor **30**, die Eingabe einer Schmiermitteltemperatur von einem Öltemperatursensor **22** und die Eingabe eines Fahrzeuggeschwindigkeitssignals von einem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **31**, der in einem Getriebe (nicht abgebildet) untergebracht ist. Ein Hohlrad **23**, angeschlossen an das andere Ende der Kurbelwelle, wird während des Startens des Verbrennungsmotors **1** durch einen Starter **19** gedreht.

[0038] Wenn der Verbrennungsmotor zum Betrieb gestartet wird, wird die ECU **10** mit Energie versorgt; um Programme zu aktivieren. Die ECU **10** empfängt dann die Signalausgänge der verschiedenen Senso-

ren und steuert den Drosselmotor **3b**, das ISCV **5**, die Kraftstoffeinspritzventile **8**, den Steuerrotor **24** und andere Stellglieder. Zu diesem Zweck verfügt die ECU **10** über Analog-Digital-Wandler zur Umwandlung analoger Signale der verschiedenen Sensoren in digitale Signale und eine Eingabe-Ausgabe-Schnittstelle **101** für die Eingabe der Signale der verschiedenen Sensoren und für die Ausgabe von Treibersignalen an die verschiedenen Stellglieder, einen Hauptprozessor (CPU) **102**, einen schreibgeschützten Speicher (ROM) **103**, einen Arbeitsspeicher (RAM) **104** und vergleichbares, eine Uhr **105** und vergleichbares. Diese Komponenten der ECU **10** sind über einen Bus **106** miteinander verbunden.

[0039] Die Erkennung der Motordrehzahl  $n_e$  und die Zylinderbestimmung wird beschrieben.

[0040] Der Steuerrotor **24** verfügt über Signalzähne **25**, die im Wesentlichen in einem Abstand von jeweils  $10^\circ$  mit einer zwei Zahn großen Aussparung **26** zur Erkennung des oberen Totpunkts angebracht wurden. Aus diesem Grund beträgt die Gesamtzahl der Signalzähne **25** am Steuerrotor **24** vierunddreißig Stück. Der Kurbelwellenpositionssensor **21** besteht aus einem elektromagnetischen Aufnehmer und gibt bei jeder Drehung der Kurbelwelle um  $10^\circ$  ein Kurbelwellendrehsignal aus. Die Motordrehzahl  $n_e$  wird durch Messung eines Intervalls (einer Zeitdauer) zwischen Kurbelwellenwinkelsignalen gemessen.

[0041] Der Nockenpositionssensor **30** befindet sich auf einer Nockenwelle, die sich jeweils um  $360^\circ$  dreht, wenn sich die Kurbelwelle um  $720^\circ$  dreht. Der Nockenpositionssensor **30** ist so konstruiert, dass er ein Referenzsignal beispielsweise bei Erreichen des oberen Totpunkts im ersten Zylinder ausgibt. Die Bestimmung eines Zylinders mit unzureichender Verbrennung in der ersten Ausführung (nachstehend beschrieben) erfolgt durch eine Messung der verstrichenen Zeit ab dem durch den Nockenpositionssensor **30** erzeugten Referenzsignal.

[0042] Steuerungen entsprechend der erfindungsgemäßen Ausführungen mit der vorstehend beschriebenen Hardware-Konstruktion werden weiter unten beschrieben.

[0043] Die Ausführungen werden in einem Zustand beschrieben, in dem die Rückmeldungssteuerung der Motordrehzahl auf der Basis eines Steuerungsindex erfolgt und der Verbrennungszustand während der Steuerung unzureichend wird und die Rückmeldungssteuerung auf die Rückmeldungssteuerung auf der Basis eines anderen Steuerungsindex umgeschaltet wird. Folgende drei Arten von Rückmeldungssteuerungs-Umschaltung können vorgesehen werden:

- (1) Eine unzureichende Verbrennung tritt während der Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung ein und die Steuerung schaltet auf eine Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung oder eine Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung um.
- (2) Eine unzureichende Verbrennung tritt während

der Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung ein und die Steuerung schaltet auf die Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung um.

(3) Eine unzureichende Verbrennung tritt während der Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung ein und die Steuerung schaltet auf die Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung um.

[0044] Das Umschalten von der Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung oder der Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung auf die Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung wurde aus folgenden Gründen vorstehend nicht erwähnt. Im Normalfall wird die Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung hinsichtlich der Effekte auf die Qualität der Emissionen oder aus vergleichbaren Gründen ausgeführt. Die Fälle, in denen die Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung oder die Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung ausgeführt werden, sind meistens Fälle, in denen eine unzureichende Verbrennung während der Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung auftritt und die Steuerung dann umgeschaltet wird. Wenn in einem solchen Fall erneut die Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung ausgeführt wird, tritt wahrscheinlich eine unzureichende Verbrennung ein.

[0045] Folgende zwei Methoden für die Bestimmung des Eintritts des Zustands unzureichender Verbrennung können vorgesehen werden:

(a) Die Bestimmung erfolgt auf der Basis des Verhältnisses des Betrags der Änderung der Motordrehzahl zum Betrag der Änderung des Steuerungsindexes.

(b) Die Bestimmung erfolgt auf der Basis der Abweichung der Motordrehzahl von einem Sollwert.

[0046] Aus diesem Grund werden folgende Ausführungen nachstehend beschrieben:

Eine erste Ausführung, die den Steuerungsindex (1) zusammen mit der Steuerungsmethode (a) nutzt;

eine Modifikation der ersten Ausführung, die den Steuerungsindex (1) zusammen mit der Bestimmungsmethode (b) nutzt;

eine zweite Ausführung, die den Steuerungsindex (2) zusammen mit der Steuerungsmethode (a) nutzt;

eine Modifikation der zweiten Ausführung, die den Steuerungsindex (2) zusammen mit der Bestimmungsmethode (b) nutzt;

eine dritte Ausführung, die den Steuerungsindex (3) zusammen mit der Steuerungsmethode (a) nutzt;

eine Modifikation der dritten Ausführung, die den Steuerungsindex (3) zusammen mit der Bestimmungsmethode (b) nutzt;

eine vierte Ausführung, die den Steuerungsindex (1) zusammen mit der Steuerungsmethode (a) und der Zylinderbestimmung nutzt.

#### ERSTE AUSFÜHRUNG

[0047] In der ersten Ausführung wird die Steuerung,

wenn der Zustand unzureichender Verbrennung während der Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung eintritt, auf die Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung oder die Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung umgeschaltet. Ob der Zustand unzureichender Verbrennung während der Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung eingetreten ist, wird auf der Basis des Verhältnisses des Betrags der Änderung der Motordrehzahl zum Betrag der Änderung des Steuerungsindexes bestimmt.

[0048] Fig. 2 ist ein Ablaufdiagramm, das eine Steuerungsmethode entsprechend der ersten Ausführung darstellt. In Schritt 1001 von Fig. 2 bestimmt die ECU 10 auf der Basis des Signals vom Drosselöffnungs-sensor 4 oder dem FahrpedalNiederdrückwensensor 15 und dem Signal vom Fahrzeuggeschwindigkeits-sensor 31, ob sich der Verbrennungsmotor 1 im Leerlaufzustand befindet. In Schritt 1002 bestimmt die ECU 10, ob die Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung ausgeführt wird. Wenn das Ergebnis der Bestimmung in einem der Schritte 1001 oder 1002 negativ ist, springt der Prozess, ohne dass weitere Prozessschritte durchgeführt werden, zu Schritt 1009 zum Rücksprung. Wenn das Ergebnis der Bestimmung in beiden Schritten 1001 und 1002 positiv ist, bestimmt die ECU 10 in den Schritten 1003 bis 1005 ein Verhältnis von Motordrehzahländerung zur Drosselöffnungsänderung  $r_{dlnetha}$ , das heißt ein Verhältnis des Betrags der Änderung der Motordrehzahl  $d_{lne}$  zum Betrag der Änderung des Öffnungsgrads der Drosselklappe  $3a$  während der Rückmeldungssteuerung.

[0049] Anschließend bestimmt die ECU 10 in Schritt 1006, ob das Verhältnis von Motordrehzahländerung zur Drosselöffnungsänderung  $r_{dlnetha}$  in einem vorbestimmten Bereich liegt. Fig. 9 zeigt ein in Schritt 1006 verwendetes Kennfeld, mit dem bestimmt wird, ob das Verhältnis von Motordrehzahländerung zur-Drosselöffnungsänderung  $r_{dlnetha}$  in einem vorbestimmten Bereich liegt. Im Kennfeld aus Fig. 9 gibt die waagerechte Achse den Betrag der Änderung des Öffnungsgrads der Drossel  $d_{ltha}$  und die senkrechte Achse den Betrag der Änderung der Motordrehzahl  $d_{lne}$  an. Der Bereich, in dem die Verbrennung gut ist und die Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung gut ausgeführt wird, ist durch die Schraffierung gekennzeichnet.

[0050] Wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 1006 positiv ist, wird festgestellt, dass der Betrag der Änderung der Motordrehzahl  $d_{lne}$  im Verhältnis zum Betrag der Änderung des Öffnungsgrads der Drossel  $d_{ltha}$  normal ist, das heißt, es wird festgestellt, dass der Verbrennungszustand gut ist. Aus diesem Grund springt der Prozess, ohne dass weitere Prozessschritte durchgeführt werden, sofort zu Schritt 1009 zum Rücksprung. Dadurch wird die Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung fortgesetzt, ohne dass auf eine andere Rückmeldungssteuerung umgeschaltet wird.

[0051] Wenn das Ergebnis der Bestimmung in

Schritt 1006 negativ ist, wird festgestellt, dass der Betrag der Änderung der Motordrehzahl  $d\dot{n}_e$  im Verhältnis zum Betrag der Änderung des Öffnungsgrads der Drossel  $d\dot{\alpha}$  unnormal ist, das heißt, es wird festgestellt, dass der Verbrennungszustand nicht gut ist. Dann geht der Prozess weiter zu Schritt 1007, in dem ein Marker  $x_{nedwn}$  gesetzt wird, der den Zustand unzureichender Verbrennung anzeigt. Daran anschließend stoppt in Schritt 1008 die ECU **10** die Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung und veranlasst das Starten der Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung oder der Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung. Dann springt der Prozess zu Schritt 1009 zum Rücksprung,

[0052] Das bedeutet, dass in der ersten Ausführung, wenn das Verhältnis von Motordrehzahländerung zur Drosselöffnungsänderung  $d\dot{n}_e/d\dot{\alpha}$  während der Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung außerhalb eines vorbestimmten Bereichs liegt, bestimmt wird, dass der Verbrennungszustand nicht gut ist. Dann wird die Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung gestoppt und die Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung oder die Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung wird ausgeführt.

#### MODIFIKATION DER ERSTEN AUSFÜHRUNG

[0053] In der Modifikation der ersten Ausführung wird die Steuerung, wenn der Zustand unzureichender Verbrennung während der Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung eintritt, wie in der ersten Ausführung auf die Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung oder die Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung umgeschaltet. Allerdings erfolgt in der Modifikation die Bestimmung, ob ein Zustand unzureichender Verbrennung eingetreten ist, auf der Basis der Abweichung der Motordrehzahl von einem Sollwert.

[0054] **Fig. 3** ist ein Ablaufdiagramm, das eine Steuerungsmethode entsprechend der Modifikation der ersten Ausführung darstellt. Die Schritte 1101, 1102 in **Fig. 3** sind die gleichen wie die Schritte 1001, 1002 in der ersten Ausführung in **Fig. 2** und werden deshalb nicht erneut beschrieben. Wenn das Ergebnis der Bestimmung in einem der Schritte 1101 oder 1102 negativ ist, springt der Prozess, ohne dass weitere Prozessschritte durchgeführt werden, zu Schritt 1110 zum Rücksprung. Wenn das Ergebnis der Bestimmung in beiden Schritten 1101 und 1102 positiv ist, wird der Prozess bei Schritt 1103 fortgesetzt.

[0055] In Schritt 1103 bestimmt die ECU **10** eine Motordrehzahlabweichung  $d\dot{n}_e$ , das heißt eine Differenz zwischen der aktuellen Motordrehzahl  $n_e$  und einer Soll-Motordrehzahl  $n_{ne}$ . Daran anschließend bestimmt in Schritt 1104 die ECU **10** auf der Basis eines Kennfelds einen Einlassluftstromanpassungsbetrag  $d\dot{m}_q$ , welcher der Motordrehzahlabweichung  $d\dot{n}_e$  entspricht.

[0056] Ein Beispiel für das Kennfeld ist in **Fig. 12** gezeigt, in dem die Proportion des Betrags, um den

der Einlassluftstrom erhöht oder verringert werden muss, in Bezug auf die Motordrehzahlabweichung  $d\dot{n}_e$  vorgegeben ist. In dem in **Fig. 12** gezeigten Kennfeld ist der Einlassluftstromanpassungsbetrag  $d\dot{m}_q$  von  $+\Delta A$  (1/min) für den Fall vorgegeben, dass die aktuelle Motordrehzahl  $n_e$  mindestens um 50 U/min niedriger als die Soll-Motordrehzahl  $n_{ne}$  ist, und von  $-\Delta A$  (1/min) für den Fall, dass die aktuelle Motordrehzahl  $n_e$  mindestens um 50 U/min höher als die Soll-Motordrehzahl  $n_{ne}$  ist. Die Motordrehzahlabweichung, die den Betrag der Anpassung des Einlassluftstroms bestimmt, ist nicht auf die in **Fig. 12** aufgeführten Werte beschränkt. Ebenso kann auch eine höhere Anzahl von Anpassungsbeträgen (vier oder mehr Anpassungsbeträge) in Bezug auf die Abweichung der Motordrehzahl festgelegt werden. Der Einlassluftstromanpassungsbetrag kann ebenso auch durch Verwendung eines Verhältnisausdrucks zwischen der Motordrehzahlabweichung und dem Anpassungsbetrag bestimmt werden, statt das Kennfeld zu benutzen.

[0057] Daran anschließend bestimmt in Schritt 1105 die ECU **10** einen angepassten Einlassluftstrom  $q$  durch Addition des in Schritt 1104 bestimmten Einlassluftstromanpassungsbetrags  $d\dot{m}_q$  zum aktuellen Einlassluftstrom  $q$ . Dann wird der Prozess mit Schritt 1106 fortgesetzt.

[0058] In Schritt 1106 bestimmt die ECU **10**, ob die in Schritt 1104 bestimmte Motordrehzahlabweichung  $d\dot{n}_e$  kleiner als ein vorbestimmtes Kriterium  $-K_{DLT-NEI}$  ist. Wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 1106 positiv ist, bedeutet dies, dass die aktuelle Motordrehzahl  $n_e$  deutlich geringer als die Soll-Motordrehzahl  $n_{ne}$  ist, das heißt, dass der Verbrennungszustand auf der Basis der Einlassluftmengen-Rückmeldungssteuerung nicht gut ist. Dann geht der Prozess weiter zu Schritt 1108, in dem die ECU **10** den Marker  $x_{nedwn}$  setzt, der den Zustand unzureichender Verbrennung anzeigt. Daran anschließend stoppt in Schritt 1109 die ECU **10** die Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung und veranlasst das Starten der Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung oder der Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung. Dann springt der Prozess in Schritt 1110 zurück.

[0059] Andererseits, wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 1106 negativ ist, wird der Prozess mit Schritt 1107 fortgesetzt, in dem die ECU **10** bestimmt, ob der angepasste Einlassluftstrom  $q$  eine Obergrenze  $K_{Q1}$  übersteigt. Wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 1107 positiv ist, bedeutet dies, dass, obwohl die Motordrehzahlabweichung gering ist, dem Motor ein Einlassluftstrom über der Obergrenze  $K_{Q1}$  zugeführt worden ist und dass der Einlassluftstrom  $q$  nicht mehr weiter erhöht werden kann. In diesem Fall geht der Prozess ebenfalls weiter zu Schritt 1108, in dem die ECU **10** den Marker  $x_{nedwn}$  setzt, der den Zustand unzureichender Verbrennung anzeigt. Daran anschließend stoppt in Schritt 1109 die ECU **10** die Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung

erung und veranlasst das Starten der Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung oder der Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung. Dann springt der Prozess in Schritt 1110 zurück.

[0060] Wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 1107 negativ ist, bedeutet dies, dass die Motordrehzahlabweichung  $dltne$  kleiner oder gleich dem Kriterium ist und dass der Einlassluftstrom  $q$  noch weiter erhöht werden kann. Aus diesem Grund springt der Prozess, ohne dass weitere Prozessschritte durchgeführt werden, zu Schritt 1110 zum Rücksprung. Dadurch wird die Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung fortgesetzt, ohne dass auf eine andere Rückmeldungssteuerung umgeschaltet wird.

[0061] Damit wird in der Modifikation der ersten Ausführung, wenn die Motordrehzahlabweichung  $dltne$  während der Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung außerhalb des vorbestimmten Bereichs liegt oder wenn der auf der Basis der Motordrehzahlabweichung  $dltne$  angepasste Einlassluftstrom den oberen Grenzwert übersteigt, bestimmt, dass der Verbrennungszustand auf der Basis der Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung nicht gut ist. Dann wird die Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung gestoppt und die Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung oder die Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung wird ausgeführt.

[0062] Es wird angemerkt, dass bei dieser Modifikation der ersten Ausführung die Bestimmung während des Prozesses unter Verwendung des Einlassluftstroms erfolgt. Dadurch wird, wenn die Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung fortgesetzt wird, der Einlassluftstrom in den Grad der Drosselöffnung umgewandelt und es wird eine Anweisung bezüglich des umgewandelten Werts ausgegeben. Demzufolge können die Berechnungen in den Schritten 1104, 1105 und 1107 stattdessen auch auf der Basis des Drosselöffnungsgrads durchgeführt werden.

## ZWEITE AUSFÜHRUNG

[0063] In der zweiten Ausführung wird die Steuerung, wenn der Zustand unzureichender Verbrennung während der Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung eintritt, auf die Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung umgeschaltet. Ob der Zustand unzureichender Verbrennung während der Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung eingetreten ist, wird auf der Basis des Verhältnisses des Betrags der Änderung der Motordrehzahl zum Betrag der Änderung des Zündzeitpunkts bestimmt.

[0064] Da im Normalfall aus Gründen der Emissionsqualität die Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung ausgeführt wird, wird die Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung gemäß der zweiten Ausführung nur ausgeführt, wenn die Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung untauglich ist und die Steuerung in der ersten Ausführung auf die Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung umgeschaltet hat.

[0065] **Fig. 4** ist ein Ablaufdiagramm, das die Steuerungsmethode entsprechend der zweiten Ausführung darstellt. Das Ablaufdiagramm der **Fig. 4** ist im Wesentlichen das gleiche wie das Ablaufdiagramm für die erste Ausführung.

[0066] In Schritt 2001 von **Fig. 4** bestimmt die ECU **10**, ob sich der Verbrennungsmotor 1 im Leerlaufzustand wie in der ersten Ausführung befindet. In Schritt 2002 bestimmt die ECU **10**, ob die Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung ausgeführt wird. Wenn das Ergebnis der Bestimmung in einem der Schritte 2001 oder 2002 negativ ist, springt der Prozess, ohne dass weitere Prozessschritte durchgeführt werden, zu Schritt 2009 zum Rücksprung. Wenn das Ergebnis der Bestimmung in beiden Schritten 2001 und 2002 positiv ist, bestimmt die ECU **10** in den Schritten 2003 bis 2005 ein Verhältnis von Motordrehzahländerung zur Zündzeitpunktänderung  $rdlneia$ , das heißt ein Verhältnis des Betrags der Änderung der Motordrehzahl  $dltne$  zum Betrag der Änderung des Zündzeitpunkts  $dltia$  während der Rückmeldungssteuerung.

[0067] Anschließend bestimmt die ECU **10** in Schritt 2006, ob das Verhältnis von Motordrehzahländerung zur Zündzeitpunktänderung  $rdlneia$  in einem vorbestimmten Bereich liegt. **Fig. 10** zeigt ein in Schritt 2006 verwendetes Kennfeld, mit dem bestimmt wird, ob das Verhältnis von Motordrehzahländerung zur Zündzeitpunktänderung  $rdlneia$  in einem vorbestimmten Bereich liegt. Im Kennfeld aus **Fig. 10** gibt die waagerechte Achse den Betrag der Änderung des Zündzeitpunkts  $dltia$  und die senkrechte Achse den Betrag der Änderung der Motordrehzahl  $dltne$  an. Der Bereich, in dem die Verbrennung gut ist und die Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung gut ausgeführt wird, ist in **Fig. 10** durch die Schraffierung gekennzeichnet.

[0068] Wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 2006 positiv ist, wird festgestellt, dass der Betrag der Änderung der Motordrehzahl  $dltne$  im Verhältnis zum Betrag der Änderung des Zündzeitpunkts  $dltia$  normal ist, das heißt, es wird festgestellt, dass der Verbrennungszustand gut ist. Aus diesem Grund springt der Prozess, ohne dass weitere Prozessschritte durchgeführt werden, zu Schritt 2009 zum Rücksprung. Dadurch wird die Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung fortgesetzt.

[0069] Wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 2006 negativ ist, wird festgestellt, dass der Betrag der Änderung der Motordrehzahl  $dltne$  im Verhältnis zum Betrag der Änderung des Zündzeitpunkts  $dltia$  unnormal ist, das heißt, es wird festgestellt, dass der Verbrennungszustand nicht gut ist. Dann geht der Prozess weiter zu Schritt 2007, in dem der Marker  $xnedwn$  gesetzt wird, der den Zustand unzureichender Verbrennung anzeigt. Daran anschließend stoppt in Schritt 2008 die ECU **10** die Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung und veranlasst das Starten der Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung. Dann springt der Prozess zu Schritt 2009 zum Rück-

sprung.

[0070] Das bedeutet, dass in der zweiten Ausführung, wenn das Verhältnis des Betrags der Änderung der Motordrehzahl  $d_{lne}$  zum Betrag der Änderung des Zündzeitpunkts  $d_{lma}$  während der Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung außerhalb des vorbestimmten Bereichs liegt, bestimmt wird, dass der Verbrennungszustand nicht gut ist. Dann wird die Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung gestoppt und die Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung wird ausgeführt.

#### MODIFIKATION DER ZWEITEN AUSFÜHRUNG

[0071] In der Modifikation der zweiten Ausführung wird die Steuerung, wenn der Zustand unzureichender Verbrennung während der Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung eintritt, wie in der zweiten Ausführung auf die Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung umgeschaltet. Allerdings erfolgt in der Modifikation die Bestimmung, ob der Zustand unzureichender Verbrennung eingetreten ist, auf der Basis der Abweichung der Motordrehzahl von einem Sollwert. Genau wie bei der zweiten Ausführung wird die Modifikation der zweiten Ausführung ausgeführt, wenn die Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung untauglich ist und die Steuerung in der ersten Ausführung auf die Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung umgeschaltet hat.

[0072] **Fig. 5** ist ein Ablaufdiagramm, das eine Steuerungsmethode entsprechend der Modifikation der zweiten Ausführung darstellt. Das Ablaufdiagramm der **Fig. 5** entspricht im Wesentlichen dem Ablaufdiagramm der Modifikation der ersten Ausführung.

[0073] Die Schritte 2101, 2102 in **Fig. 5** sind die gleichen wie die Schritte 2001, 2002 in der zweiten Ausführung und werden deshalb nicht erneut beschrieben. Wenn das Ergebnis der Bestimmung in einem der Schritte 2101 oder 2102 negativ ist, springt der Prozess, ohne dass weitere Prozessschritte durchgeführt werden, zu Schritt 2110 zum Rücksprung. Wenn das Ergebnis der Bestimmung in beiden Schritten 2101 und 2102 positiv ist, wird der Prozess bei Schritt 2103 fortgesetzt.

[0074] In Schritt 2103 bestimmt die ECU **10** eine Motordrehzahlabweichung  $d_{lne}$ , das heißt eine Differenz zwischen der aktuellen Motordrehzahl  $n_e$  und einer Soll-Motordrehzahl  $n_{ne}$ . Daran anschließend bestimmt in Schritt 2104 die ECU **10** auf der Basis eines Kennfelds einen Zündzeitpunktanpassungsbetrag (Vorstellungsbetrag)  $d_{lma}$ , welcher der Motordrehzahlabweichung  $d_{lne}$  entspricht.

[0075] Ein Beispiel für das Kennfeld ist in **Fig. 13** gezeigt, in dem die Proportion des Betrags, um den der Zündzeitpunkt vor- oder zurückverlegt werden muss, in Bezug auf die Motordrehzahlabweichung  $d_{lne}$  vorgegeben ist. In dem in **Fig. 13** gezeigten Kennfeld ist der Zündzeitpunktanpassungsbetrag  $d_{lma}$  von  $+\Delta B$  ( $^{\circ}CA$ ) für den Fall vorgegeben, dass die aktuelle Motordrehzahl  $n_e$  mindestens um 50 U/min

niedriger als die Soll-Motordrehzahl  $n_{ne}$  ist, und von  $-\Delta B$  ( $^{\circ}CA$ ) für den Fall, dass die aktuelle Motordrehzahl  $n_e$  mindestens um 50 U/min höher als die Soll-Motordrehzahl  $n_{ne}$  ist. Die Motordrehzahlabweichung, die den Betrag der Anpassung des Zündzeitpunkts bestimmt, ist nicht auf die in **Fig. 13** aufgeführten Werte beschränkt. Ebenso kann auch eine höhere Anzahl von Anpassungsbeträgen (vier oder mehr Anpassungsbeträge) in Bezug auf die Abweichung der Motordrehzahl festgelegt werden. Der Zündzeitpunktanpassungsbetrag kann ebenso auch durch Verwendung eines Verhältnisausdrucks zwischen der Motordrehzahlabweichung und dem Anpassungsbetrag bestimmt werden, statt das Kennfeld zu benutzen.

[0076] Daran anschließend bestimmt in Schritt 2105 die ECU **10** einen angepassten Zündzeitpunkt  $i_a$  durch Addition des in Schritt 2104 bestimmten Zündzeitpunktanpassungsbetrags  $d_{lma}$  zum aktuellen Zündzeitpunkt  $i_a$ . Dann wird der Prozess mit Schritt 2106 fortgesetzt.

[0077] In Schritt 2106 bestimmt die ECU **10**, ob die in Schritt 2104 bestimmte Motordrehzahlabweichung  $d_{lne}$  kleiner als das vorbestimmte Kriterium  $-KDLTNE1$  ist. Wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 2106 positiv ist, bedeutet dies, dass die aktuelle Motordrehzahl  $n_e$  deutlich geringer als die Soll-Motordrehzahl  $n_{ne}$  ist, das heißt, dass der Verbrennungszustand auf der Basis der Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung nicht gut ist. Dann geht der Prozess weiter zu Schritt 2108, in dem die ECU **10** den Marker  $x_{nedwn}$  setzt, der den Zustand unzureichender Verbrennung anzeigt. Daran anschließend stoppt in Schritt 2109 die ECU **10** die Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung und veranlasst das Starten der Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung. Dann springt der Prozess in Schritt 2110 zurück.

[0078] Andererseits, wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 2106 negativ ist, wird der Prozess mit Schritt 2107 fortgesetzt, in dem die ECU **10** bestimmt, ob der angepasste Zündzeitpunkt  $i_a$  eine Obergrenze  $KIA1$  übersteigt. Wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 2107 positiv ist, bedeutet dies, dass der Zündzeitpunkt  $i_a$  nicht mehr weiter vorverlegt werden kann. In diesem Fall geht der Prozess ebenfalls weiter zu Schritt 2108, in dem die ECU **10** den Marker  $x_{nedwn}$  setzt, der den Zustand unzureichender Verbrennung anzeigt. Daran anschließend stoppt in Schritt 2109 die ECU **10** die Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung und veranlasst das Starten der Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung. Dann springt der Prozess in Schritt 2110 zurück.

[0079] Wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 2107 negativ ist, bedeutet dies, dass die Motordrehzahlabweichung  $d_{lne}$  kleiner oder gleich dem Kriterium ist und dass der Zündzeitpunkt  $i_a$  noch weiter vorverlegt werden kann. Aus diesem Grund springt der Prozess, ohne dass weitere Prozess-

schritte durchgeführt werden, zu Schritt 2110 zum Rücksprung. Dadurch wird die Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung fortgesetzt, ohne dass auf eine andere Rückmeldungssteuerung umgeschaltet wird. [0080] Damit wird in der Modifikation der zweiten Ausführung, wenn die Motordrehzahlabweichung  $d_{lne}$  während der Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung außerhalb eines vorbestimmten Bereichs liegt oder wenn der auf der Basis der Motordrehzahlabweichung  $d_{lne}$  angepasste Zündzeitpunkt den oberen Grenzwert übersteigt, bestimmt, dass der Verbrennungszustand auf der Basis der Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung nicht gut ist. Dann wird die Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung gestoppt und die Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung wird ausgeführt.

### DRITTE AUSFÜHRUNG

[0081] In der dritten Ausführung wird die Steuerung, wenn der Zustand unzureichender Verbrennung während der Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung eintritt, auf die Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung um. Ob der Zustand unzureichender Verbrennung während der Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung eingetreten ist, wird auf der Basis des Verhältnisses des Betrags der Änderung der Motordrehzahl zum Betrag der Änderung der Kraftstoffeinspritzmenge bestimmt.

[0082] Da im Normalfall aus Gründen der Emissionsqualität die Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung ausgeführt wird, wird die Steuerung gemäß der dritten Ausführung nur ausgeführt, wenn die Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung untauglich ist und die Steuerung in der ersten Ausführung auf die Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung umgeschaltet hat.

[0083] **Fig. 6** ist ein Ablaufdiagramm, das die Steuerungsmethode entsprechend der dritten Ausführung darstellt. Das Ablaufdiagramm der **Fig. 6** ist im Wesentlichen das gleiche wie das Ablaufdiagramm für die erste Ausführung.

[0084] In Schritt 3001 von **Fig. 6** bestimmt die ECU **10** wie in der ersten Ausführung, ob sich der Verbrennungsmotor 1 im Leerlaufzustand befindet. In Schritt **3002** bestimmt die ECU **10**, ob die Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung ausgeführt wird. Wenn das Ergebnis der Bestimmung in einem der Schritte 3001 oder 3002 negativ ist, springt der Prozess, ohne dass weitere Prozessschritte durchgeführt werden, zu Schritt 3009 zum Rücksprung. Wenn das Ergebnis der Bestimmung in beiden Schritten 3001 und 3002 positiv ist, bestimmt die ECU **10** in den Schritten 3003 bis 3005 ein Verhältnis von Motordrehzahländerung zur Kraftstoffeinspritzmengenänderung  $d_{lne}/d_{ltau}$ , das heißt ein Verhältnis des Betrags der Änderung der Motordrehzahl  $d_{lne}$  zum Betrag der Änderung der Kraftstoffeinspritzmenge  $d_{ltau}$  während der Rückmeldungssteuerung.

[0085] Anschließend bestimmt die ECU **10** in Schritt

3006, ob das Verhältnis von Motordrehzahländerung zur Kraftstoffeinspritzmengenänderung  $d_{lne}/d_{ltau}$  in einem vorbestimmten Bereich liegt: **Fig. 11** zeigt ein in Schritt 3006 verwendetes Kennfeld, mit dem bestimmt wird, ob das Verhältnis von Motordrehzahländerung zur Kraftstoffeinspritzmengenänderung  $d_{lne}/d_{ltau}$  in einem vorbestimmten Bereich liegt. Im Kennfeld aus **Fig. 11** gibt die waagerechte Achse den Betrag der Änderung der Kraftstoffeinspritzmenge  $d_{ltau}$  und die senkrechte Achse den Betrag der Änderung der Motordrehzahl  $d_{lne}$  an. Der Bereich, in dem die Verbrennung gut ist und die Rückmeldungssteuerung gut ausgeführt wird, ist in **Fig. 11** durch die Schraffierung gekennzeichnet.

[0086] Wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 3006 positiv ist, wird festgestellt, dass der Betrag der Änderung der Motordrehzahl  $d_{lne}$  im Verhältnis zum Betrag der Änderung der Kraftstoffeinspritzmenge  $d_{ltau}$  normal ist, das heißt, es wird festgestellt, dass der Verbrennungszustand gut ist. Aus diesem Grund springt der Prozess, ohne dass weitere Prozessschritte durchgeführt werden, zu Schritt 3009 zum Rücksprung. Dadurch wird die Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung fortgesetzt und es wird nicht auf eine andere Rückmeldungssteuerung umgeschaltet.

[0087] Wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 3006 negativ ist, wird festgestellt, dass der Betrag der Änderung der Motordrehzahl  $d_{lne}$  im Verhältnis zum Betrag der Änderung der Kraftstoffeinspritzmenge  $d_{ltau}$  unnormal ist, das heißt, es wird festgestellt, dass der Verbrennungszustand nicht gut ist. Dann geht der Prozess weiter zu Schritt 3007, in dem der Marker  $x_{nedwn}$  gesetzt wird, der den Zustand unzureichender Verbrennung anzeigt. Daran anschließend stoppt in Schritt 3008 die ECU **10** die Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung und veranlasst das Starten der Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung. Dann springt der Prozess zu Schritt 3009 zum Rücksprung.

[0088] Das bedeutet, dass in der dritten Ausführung, wenn das Verhältnis des Betrags der Änderung der Motordrehzahl  $d_{lne}$  zum Betrag der Änderung der Kraftstoffeinspritzmenge  $d_{ltau}$  während der Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung außerhalb des vorbestimmten Bereichs liegt, bestimmt wird, dass der Verbrennungszustand auf der Basis der Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung nicht gut ist. Dann wird die Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung gestoppt und die Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung wird ausgeführt.

### MODIFIKATION DER DRITTEN AUSFÜHRUNG

[0089] In der Modifikation der dritten Ausführung wird die Steuerung, wenn der Zustand unzureichender Verbrennung während der Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung eintritt, wie in der dritten Ausführung auf die Zündzeitpunkt-Rückmel-

dungssteuerung umgeschaltet. Allerdings erfolgt in der Modifikation die Bestimmung, ob der Zustand unzureichender Verbrennung eingetreten ist, auf der Basis der Abweichung der Motordrehzahl von einem Sollwert.

[0090] Genau wie bei der dritten Ausführung wird die Modifikation der dritten Ausführung ausgeführt, wenn die Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung untauglich ist und die Steuerung in der ersten Ausführung auf die Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung umgeschaltet hat.

[0091] **Fig. 7** ist ein Ablaufdiagramm, das eine Steuerungsmethode entsprechend der Modifikation der dritten Ausführung darstellt. Das Ablaufdiagramm der **Fig. 7** entspricht im Wesentlichen dem Ablaufdiagramm der Modifikation der ersten Ausführung.

[0092] Die Schritte 3101, 3102 in **Fig. 7** sind die gleichen wie die Schritte 3001, 3002 in der dritten Ausführung und werden deshalb nicht erneut beschrieben. Wenn das Ergebnis der Bestimmung in einem der Schritte 3101 oder 3102 negativ ist, springt der Prozess, ohne dass weitere Prozessschritte durchgeführt werden, zu Schritt 3110 zum Rücksprung. Wenn das Ergebnis der Bestimmung in beiden Schritten 3101 und 3102 positiv ist, wird der Prozess bei Schritt 3103 fortgesetzt.

[0093] In Schritt 3103 bestimmt die ECU **10** eine Motordrehzahlabweichung  $dl_{tne}$ , das heißt eine Differenz zwischen der aktuellen Motordrehzahl  $ne$  und einer Soll-Motordrehzahl  $tne$ . Daran anschließend bestimmt in Schritt 3104 die ECU **10** auf der Basis eines Kennfelds einen Kraftstoffeinspritzmengenanpassungsbetrag (Einspritzdauer)  $dl_{mtau}$ , welcher der Motordrehzahlabweichung  $dl_{tne}$  entspricht.

[0094] Ein Beispiel für das Kennfeld ist in **Fig. 14** gezeigt, in dem die Proportion des Betrags, um den die Kraftstoffeinspritzmenge erhöht oder verringert werden muss, in Bezug auf die Motordrehzahlabweichung  $dl_{tne}$  vorgegeben ist. In dem in **Fig. 14** gezeigten Kennfeld ist der Kraftstoffeinspritzmengenanpassungsbetrag  $dl_{mtau}$  von  $+\Delta C$  (s) für den Fall vorgegeben, dass die aktuelle Motordrehzahl  $ne$  mindestens um 50 U/min niedriger als die Soll-Motordrehzahl  $tne$  ist, und von  $-\Delta C$  (s) für den Fall, dass die aktuelle Motordrehzahl  $ne$  mindestens um 50 U/min höher als die Soll-Motordrehzahl  $tne$  ist. Die Motordrehzahlabweichung, die den Betrag der Anpassung der Kraftstoffeinspritzmenge bestimmt, ist nicht auf die in **Fig. 14** aufgeführten Werte beschränkt. Ebenso kann auch eine höhere Anzahl von Anpassungsbeträgen (vier oder mehr Anpassungsbeträge) in Bezug auf die Abweichung der Motordrehzahl festgelegt werden. Der Kraftstoffeinspritzmengenanpassungsbetrag kann ebenso auch durch Verwendung eines Verhältnisausdrucks zwischen der Motordrehzahlabweichung und dem Anpassungsbetrag bestimmt werden, statt das Kennfeld zu benutzen.

[0095] Daran anschließend bestimmt in Schritt 3105 die ECU **10** eine angepasste Kraftstoffeinspritzmenge  $tau$  durch Addition des in Schritt 3104 bestimmten

Kraftstoffeinspritzmengenanpassungsbetrags  $dl_{mtau}$  zum aktuellen Zündzeitpunkt  $tau$ . Dann wird der Prozess mit Schritt 3106 fortgesetzt.

[0096] In Schritt 3106 bestimmt die ECU **10**, ob die in Schritt 3104 bestimmte Motordrehzahlabweichung  $dl_{tne}$  kleiner als das vorbestimmte Kriterium  $-KDLTNE1$  ist. Wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 3106 positiv ist, bedeutet dies, dass die aktuelle Motordrehzahl  $ne$  deutlich geringer als die Soll-Motordrehzahl  $tne$  ist, das heißt, dass der Verbrennungszustand auf der Basis der Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung nicht gut ist. Dann geht der Prozess weiter zu Schritt 3108, in dem die ECU **10** den Marker  $x_{nedwn}$  setzt, der den Zustand unzureichender Verbrennung anzeigt. Daran anschließend stoppt in Schritt 3109 die ECU **10** die Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung und veranlasst das Starten der Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung. Dann springt der Prozess in Schritt 3110 zurück.

[0097] Andererseits, wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 3106 negativ ist, wird der Prozess mit Schritt 3107 fortgesetzt, in dem die ECU **10** bestimmt, ob die angepasste Kraftstoffeinspritzmenge  $tau$  eine Obergrenze  $KTAU1$  übersteigt. Wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 3107 positiv ist, bedeutet dies, dass die Kraftstoffeinspritzmenge  $tau$  nicht mehr weiter erhöht werden kann. In diesem Fall geht der Prozess ebenfalls weiter zu Schritt 3108, in dem die ECU **10** den Marker  $x_{nedwn}$  setzt, der den Zustand unzureichender Verbrennung anzeigt. Daran anschließend stoppt in Schritt 3109 die ECU **10** die Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung und veranlasst das Starten der Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung. Dann springt der Prozess in Schritt 3110 zurück.

[0098] Wenn das Ergebnis der Bestimmung in Schritt 3107 negativ ist, bedeutet dies, dass die Motordrehzahlabweichung  $dl_{tne}$  kleiner oder gleich dem Kriterium ist und dass die Kraftstoffeinspritzmengen  $tau$  noch weiter erhöht werden kann. Aus diesem Grund springt der Prozess, ohne dass weitere Prozessschritte durchgeführt werden, zu Schritt 3110 zum Rücksprung. Dadurch wird die Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung fortgesetzt, ohne dass auf eine andere Rückmeldungssteuerung umgeschaltet wird.

[0099] Damit wird in der Modifikation der dritten Ausführung, wenn die Motordrehzahlabweichung  $dl_{tne}$  während der Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung außerhalb des vorbestimmten Bereichs liegt oder wenn die auf der Basis der Motordrehzahlabweichung  $dl_{tne}$  angepasste Kraftstoffeinspritzmenge den oberen Sicherheitswert übersteigt, bestimmt, dass der Verbrennungszustand auf der Basis der Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung nicht gut ist. Dann wird die Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung gestoppt und die Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung wird ausgeführt.

## VIERTE AUSFÜHRUNG

[0100] In der vierten Ausführung, wenn der Zustand unzureichender Verbrennung während der Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung eintritt, schaltet die Steuerung wie in der ersten Ausführung auf die Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung oder die Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung um. In der vierten Ausführung wird allerdings der Zylinder identifiziert, in dem die unzureichende Verbrennung eingetreten ist.

[0101] **Fig. 8** ist ein Ablaufdiagramm, das eine Steuerungsmethode entsprechend der vierten Ausführung darstellt, und ist im Wesentlichen gleich dem Ablaufdiagramm für die erste Ausführung in **Fig. 2** mit der Ausnahme, dass Schritt 4008 zur Identifizierung eines unzureichend verbrennenden Zylinders hinzugefügt wurde.

[0102] Die Identifikation oder Bestimmung eines unzureichend verbrennenden Zylinders kann durch Messung des Zeitpunkts (Winkels) des Auftretens einer Abnahme der Motordrehzahl  $n$  vom Referenzsignal des Nockenpositionssensors **30** auf der Basis des Signals des Kurbelwellenpositionssensors **21** erfolgen.

[0103] In der vierten Ausführung ist es möglich, da ein Zylinder, der eine unzureichende Verbrennung durchführt, wie vorstehend beschrieben identifiziert wird, die Steuerung nur in Hinblick auf den unzureichend verbrennenden Zylinder von der Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung auf die Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung oder die Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung umzuschalten. Dadurch kann die vierte Ausführung eine Verschlechterung der Qualität der Emissionen und eine Verschlechterung der Bedienbarkeit durch unnötiges Umschalten der Steuerwerte vermeiden.

[0104] Obwohl in der vierten Ausführung die Zylinderidentifikation zur ersten Ausführung hinzugefügt wird, kann die Zylinderbestimmung auch zur zweiten und dritten Ausführung und den dazugehörigen Modifikationen hinzugefügt werden.

[0105] Während die vorliegende Erfindung in Verbindung mit gegenwärtig als bevorzugt eingeschätzten Ausführungen erklärt worden ist, ist zu beachten, dass die vorliegende Erfindung nicht auf die veröffentlichten Ausführungen oder Konstruktionen beschränkt ist. Die Erfindung ist im Gegenteil dazu darauf ausgelegt, verschiedene Modifikationen und gleichwertige Anordnungen zu umfassen. Darüber hinaus sind, während die verschiedenen Elemente der veröffentlichten Erfindung in verschiedenen Kombinationen und Konfigurationen dargestellt sind, die beispielhaft zu verstehen sind, auch andere Kombinationen und Konfigurationen einschließlich mehrerer, weniger oder einer einzigen Ausführung durch den Geist und den Umfang der vorliegenden Erfindung abgedeckt.

[0106] Beim Steuerungsapparat und -methode für die Steuerung eines Verbrennungsmotors wird ein

Verhältnis von Motordrehzahländerung zur Drosselöffnungsänderung  $r_{dlnetha}$ , das heißt ein Verhältnis des Betrags der Änderung der Motordrehzahl  $dlne$  zum Betrag der Änderung des Öffnungsgrads der Drosselklappe **3a** während der Rückmeldungssteuerung ermittelt (S1003 bis S1005). Es wird bestimmt, ob das Verhältnis von Motordrehzahländerung zur Drosselöffnungsänderung  $r_{dlnetha}$  in einem vorbestimmten Bereich liegt (S1006). Wenn das Ergebnis der Bestimmung negativ ist, wird ein Marker  $x_{nedown}$  gesetzt, der einen Zustand unzureichender Verbrennung anzeigt (S1007). Dann wird die Einlassluftstrom-Rückmeldungssteuerung gestoppt und die Steuerung wird auf eine Zündzeitpunkt-Rückmeldungssteuerung oder eine Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungssteuerung umgeschaltet (S1008). Dadurch kann das Eintreten des Zustands unzureichender Verbrennung während der Rückmeldungssteuerung der Leerlauf-Motordrehzahl genau erkannt werden.

## Patentansprüche

1. Ein Apparat für die Steuerung eines Verbrennungsmotors mit:

einer Vielzahl von Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen (S 1002, S 2001, S 3001) zur Steuerung einer Leerlauf-Motordrehzahl auf einen Zielwert, wobei der Steuerungsapparat, abhängig von einer Voraussetzung, Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen aus der Vielzahl der Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen (S 1002, S 2001, S 3001) auswählt und die Leerlauf-Motordrehzahl unter Verwendung der gewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen steuert;

**dadurch gekennzeichnet**, dass

der Apparat eine oder mehrere Bestimmungsvorrichtungen (S 1006) zur Feststellung eines unzureichenden Verbrennungszustands auf der Grundlage der gewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen enthält, falls während einer Rückmeldungssteuerung der Leerlauf-Motordrehzahl durch die gewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen das Verhältnis einer Motordrehzahländerung zu einer Änderung einer Steuergröße der Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen außerhalb eines vorbestimmten Bereichs liegt.

2. Ein Apparat für die Steuerung eines Verbrennungsmotors mit:

einer Vielzahl von Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen (S 1002, S 2001, S 3001) zur Steuerung einer Leerlauf-Motordrehzahl auf einen Zielwert, wobei der Steuerungsapparat, abhängig von einer Voraussetzung, Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen aus der Vielzahl der Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen (S 1002, S 2001, S 3001) auswählt und die Leerlauf-Motordrehzahl unter Verwendung der gewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen steuert;

dadurch gekennzeichnet, dass der Apparat eine oder mehrere Bestimmungsvorrichtungen (S 1106) enthält, um während einer Rückmeldungssteuerung der Leerlauf-Motordrehzahl durch die gewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen eine Abweichung der tatsächlichen Motordrehzahl von einer Soll-Motordrehzahl festzustellen, und um, falls die Abweichung der Motordrehzahl ein vorbestimmtes Kriterium übersteigt, das Vorhandensein eines unzureichenden Verbrennungszustands auf der Grundlage der gewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen festzustellen.

3. Ein Apparat für die Steuerung eines Verbrennungsmotors mit:

einer Vielzahl von Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen (S 1002, S 2001, S 3001) zur Steuerung einer Leerlauf-Motordrehzahl auf einen Zielwert, wobei der Steuerungsapparat, abhängig von einer Voraussetzung, Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen aus der Vielzahl der Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen (S 1002, S 2001, S 3001) auswählt und die Leerlauf-Motordrehzahl unter Verwendung der gewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen steuert;

dadurch gekennzeichnet, dass der Apparat eine oder mehrere Bestimmungsvorrichtungen (S 1107) enthält, um während einer Rückmeldungssteuerung der Leerlauf-Motordrehzahl durch die gewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen eine Abweichung der tatsächlichen Motordrehzahl von einer Soll-Motordrehzahl festzustellen, und um, wenn ein von den Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen umgesetzter veränderter Steuerungswert ein vorbestimmtes Kriterium übersteigt, wobei dieser veränderte Wert in Bezug auf die Abweichung der Motordrehzahl verändert worden ist, das Vorhandensein eines unzureichenden Verbrennungszustands auf der Grundlage der gewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen festzustellen.

4. Ein Apparat für die Steuerung eines Verbrennungsmotors nach einem der Ansprüche 1 bis 3; dadurch gekennzeichnet, dass, wenn das Vorhandensein eines unzureichenden Verbrennungszustands auf der Grundlage einer Rückmeldungssteuerung der Leerlauf-Motordrehzahl durch die gewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen festgestellt worden ist, vorbestimmte andere Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen aus der Vielzahl der Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen (S 1008, S 1109) ausgewählt werden.

5. Ein Apparat für die Steuerung eines Verbrennungsmotors nach einem der Ansprüche 1 bis 4; dadurch gekennzeichnet, dass die Vielzahl der Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen auch Einlassluftmengen-Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen (S 1002) zur Durchführung einer Rückmeldungssteuerung auf der Basis

der Menge der Einlassluft, Zündzeitpunkt-Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen (S 2002) zur Durchführung einer Rückmeldungssteuerung auf der Basis eines Zündzeitpunkts sowie Kraftstoffeinspritzmengen-Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen (S 3002) zur Durchführung einer Rückmeldungssteuerung auf der Basis einer Kraftstoffeinspritzmenge umfasst.

6. Ein Apparat für die Steuerung eines Verbrennungsmotors nach einem der Ansprüche 1 bis 5; dadurch gekennzeichnet, dass

der Apparat Bestimmungsvorrichtungen für unzureichend verbrennende Zylinder (S 4008) zur Bestimmung eines Zylinders des Verbrennungsmotors umfasst, der eine unzureichende Verbrennung durchführt. 7. Ein Apparat für die Steuerung eines Verbrennungsmotors nach Anspruch 6;

dadurch gekennzeichnet, dass die Bestimmungsvorrichtung für unzureichend verbrennende Zylinder (S 4008) den Zylinder mit unzureichender Verbrennung auf der Basis der Zeitdauer zwischen einem vorbestimmten Referenzzeitpunkt und einem Zeitpunkt des Auftretens einer Abnahme der Motordrehzahl des Verbrennungsmotors bestimmt.

7. Eine Methode für die Steuerung eines Verbrennungsmotors mit:

einer Vielzahl von Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen (S 1002, S 2001, S 3001) geeignet zur Steuerung einer Leerlauf-Motordrehzahl auf einen Zielwert;

dadurch gekennzeichnet, dass die Methode folgende Schritte umfasst:

Auswahl (S 1002) von Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen aus der Vielzahl von Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen (S 1002, S 2001, S 3001) und Steuerung der Leerlauf-Motordrehzahl durch Einsatz der gewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen; und

Bestimmung (S 1005) eines Verhältnisses einer Motordrehzahländerung zu einer Änderung einer Steuergröße der Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen während einer Rückmeldungssteuerung der Leerlauf-Motordrehzahl durch die gewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen; und Bestimmung (S 1006) des Vorhandenseins eines unzureichenden Verbrennungszustands während Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen, falls das Motordrehzahländerungsverhältnis außerhalb eines vorbestimmten Bereichs liegt.

8. Eine Methode für die Steuerung eines Verbrennungsmotors mit:

einer Vielzahl von Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen (S 1002, S 2001, S 3001) geeignet zur Steuerung einer Leerlauf-Motordrehzahl auf einen Zielwert;

dadurch gekennzeichnet, dass die Methode folgende

Schritte umfasst:

Auswahl (S 1002) von Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen aus der Vielzahl von Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen (S 1002, S 2001, S 3001) und Steuerung der Leerlauf-Motordrehzahl durch Einsatz der gewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen; und  
Bestimmung (S 1103) einer Abweichung einer tatsächlichen Motordrehzahl zu einer Soll-Motordrehzahl während einer Rückmeldungssteuerung der Leerlauf-Motordrehzahl durch die gewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen; und  
Bestimmung (S 1106) des Vorhandenseins eines unzureichenden Verbrennungszustands während des Schrittes der Rückmeldungssteuerung, falls die Abweichung der Motordrehzahl ein vorbestimmtes Kriterium übersteigt.

den ist.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

9. Eine Methode für die Steuerung eines Verbrennungsmotors mit:

einer Vielzahl von Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen (S 1002, S 2001, S 3001) geeignet zur Steuerung einer Leerlauf-Motordrehzahl auf einen Zielwert;

dadurch gekennzeichnet, dass die Methode folgende Schritte umfasst:

Auswahl (S 1102) von Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen aus der Vielzahl von Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen (S 1002, S 2001, S 3001) und Steuerung der Leerlauf-Motordrehzahl durch Einsatz der gewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen;

Bestimmung (S 1103) einer Abweichung einer tatsächlichen Motordrehzahl zu einer Soll-Motordrehzahl während einer Rückmeldungssteuerung der Leerlauf-Motordrehzahl durch die gewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen; und

Veränderung (S 1104, S 1105) eines Steuerwerts von den Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen, der in Bezug auf die Abweichung der Motordrehzahl eingesetzt wird; und

Bestimmung (S 1107) des Vorhandenseins einer unzureichenden Verbrennung auf der Basis der gewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen, falls der veränderte Wert der Steuerung eine vorbestimmte Grenze übersteigt.

10. Eine Methode für die Steuerung eines Verbrennungsmotors nach einem der Ansprüche 8 bis 10;

dadurch gekennzeichnet, dass die Methode darüber hinaus den Schritt (S 1008, S 1009) der Umschaltung der gewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen auf vorbestimmte andere Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen aus der Vielzahl von Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen umfasst, falls das Vorhandensein eines unzureichenden Verbrennungszustands auf der Grundlage der gewählten Rückmeldungssteuerung durch die gewählten Rückmeldungs-Steuerungsvorrichtungen festgestellt wor-

FIG. 1

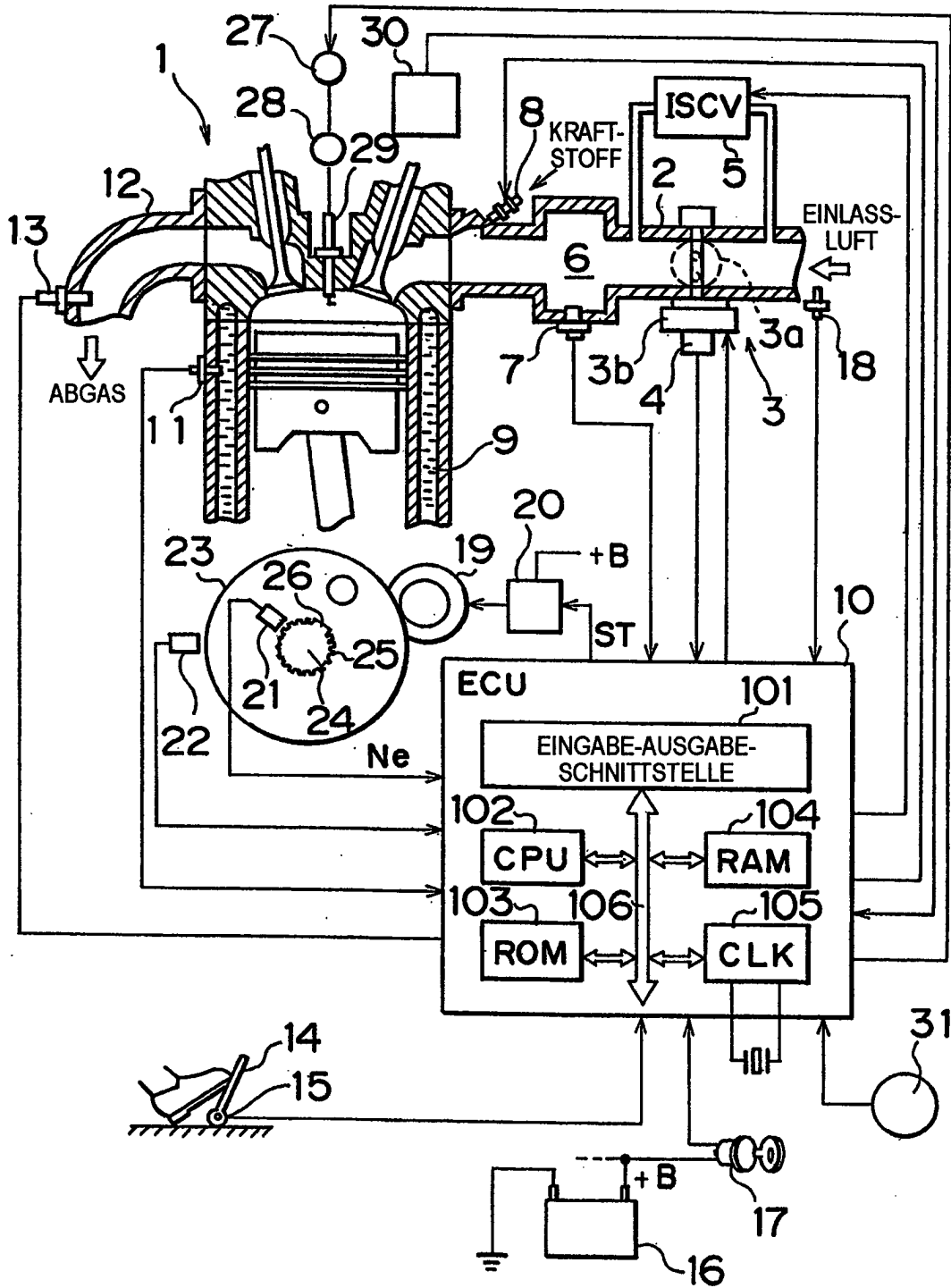


FIG. 2

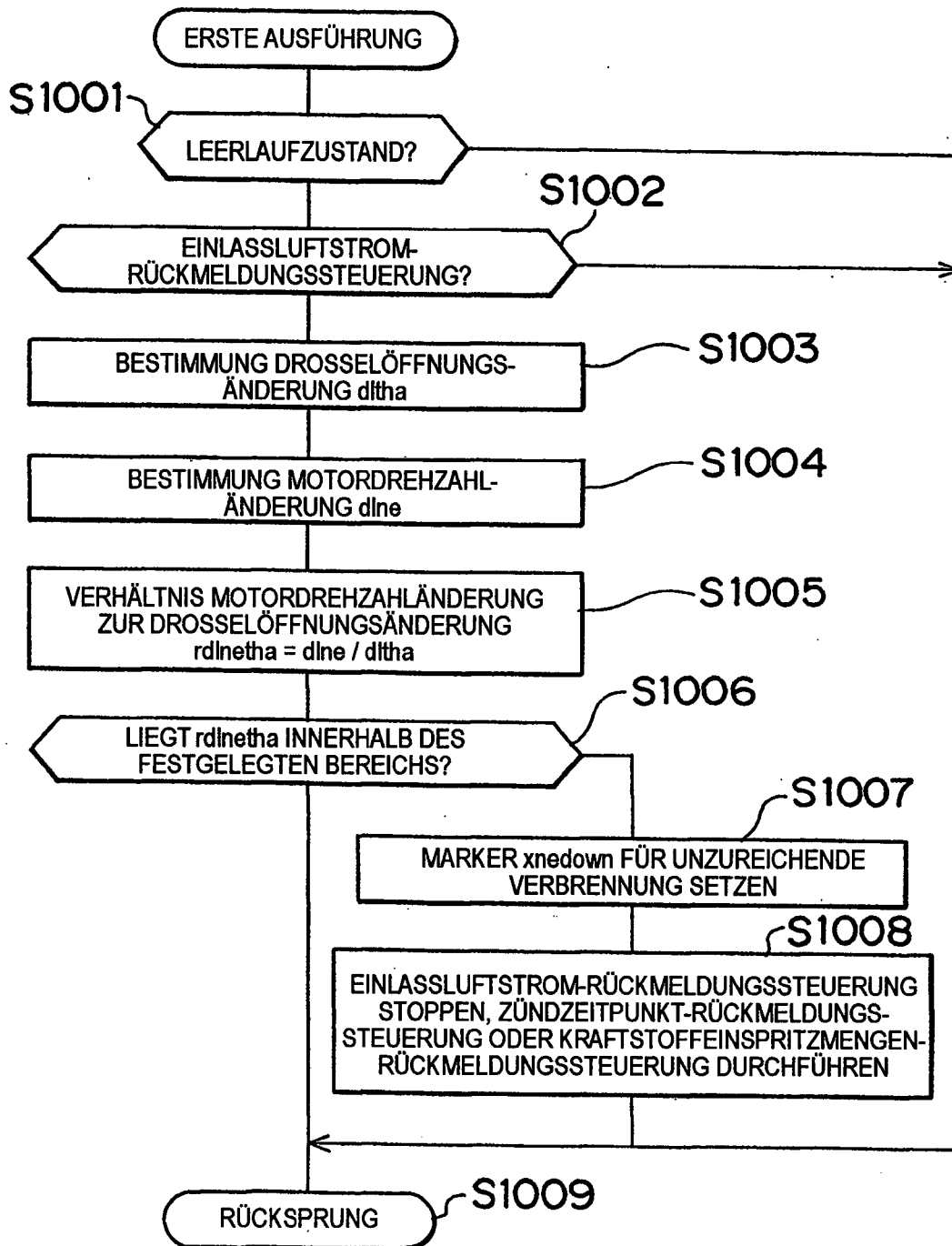


FIG. 3

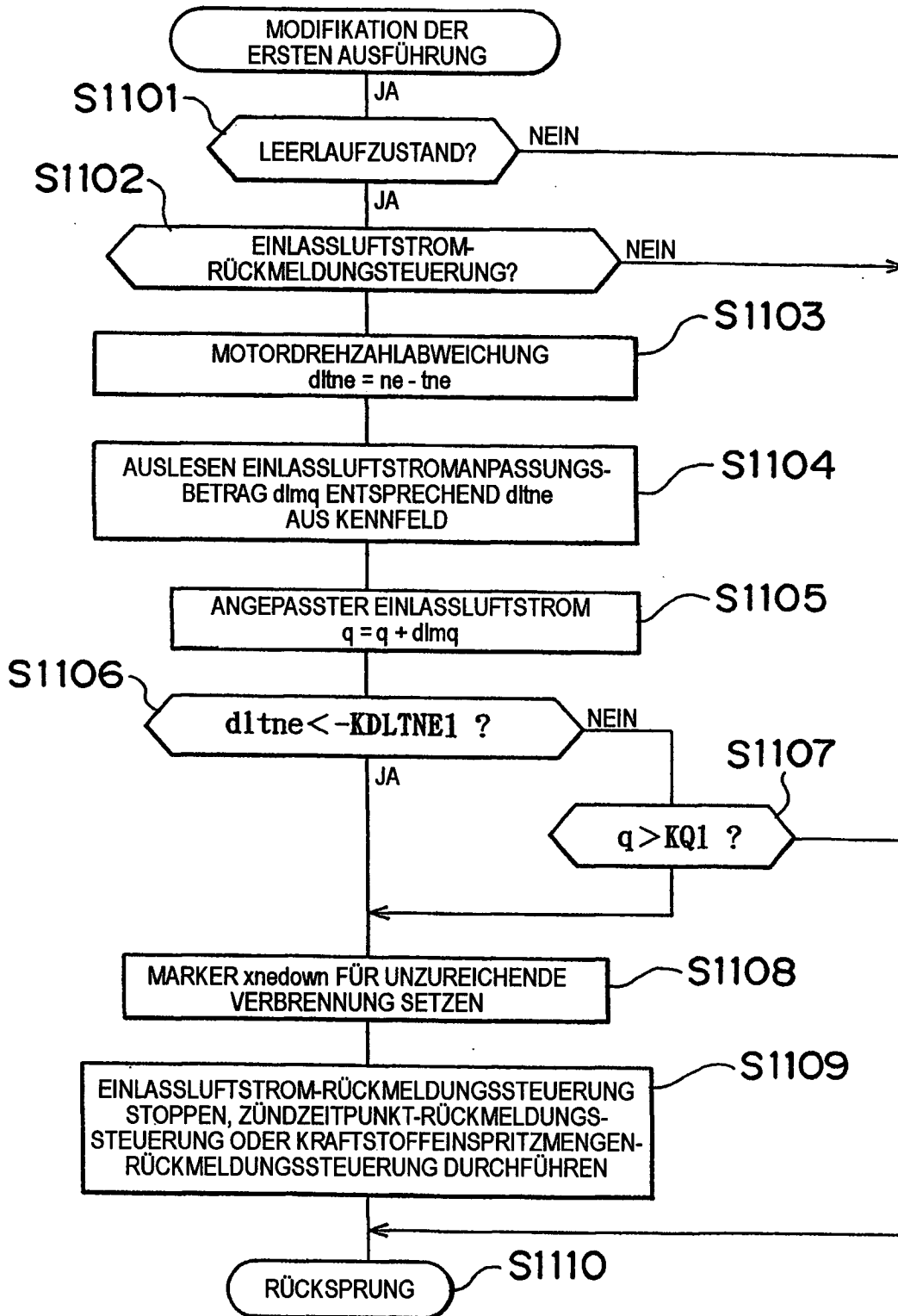


FIG. 4

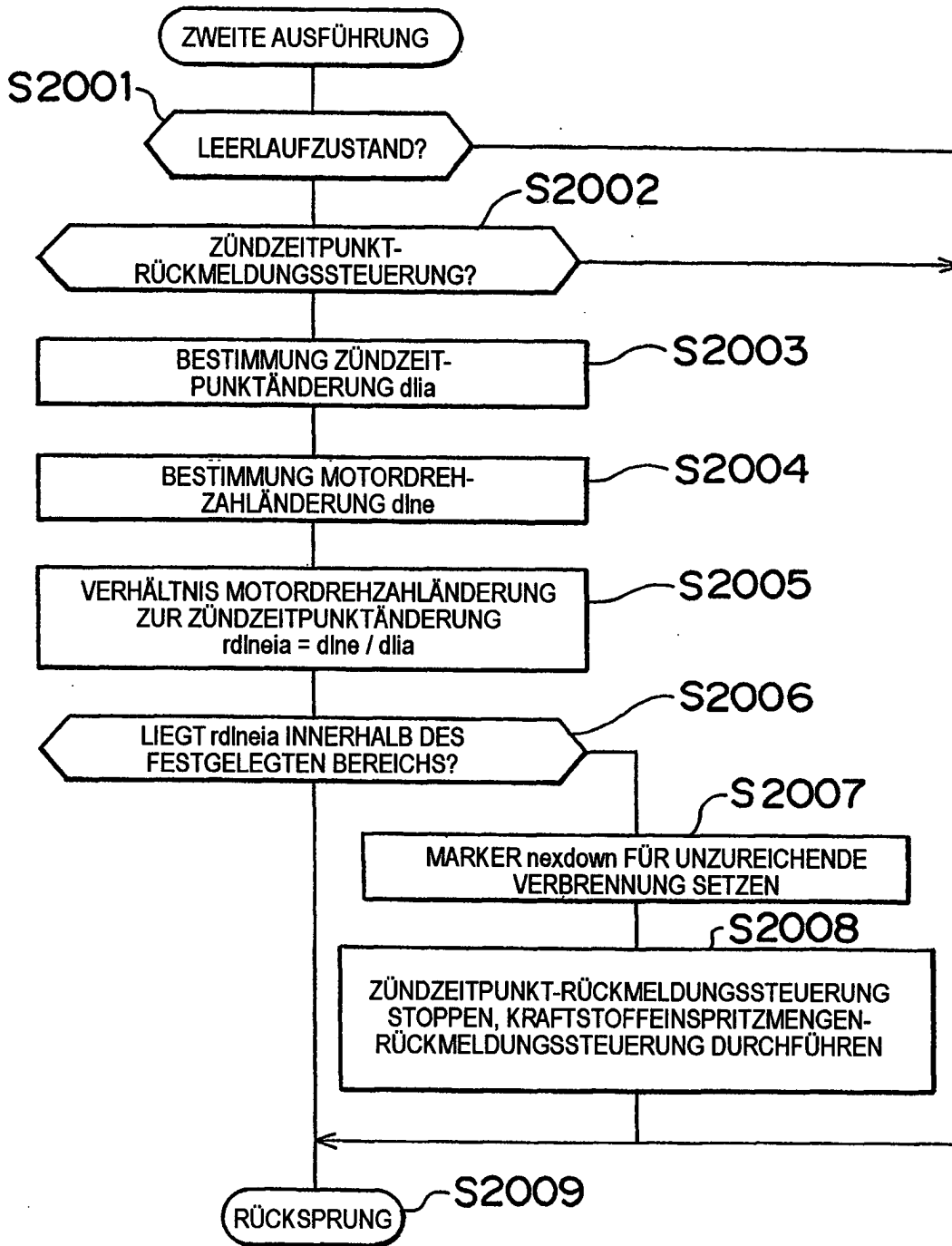


FIG. 5

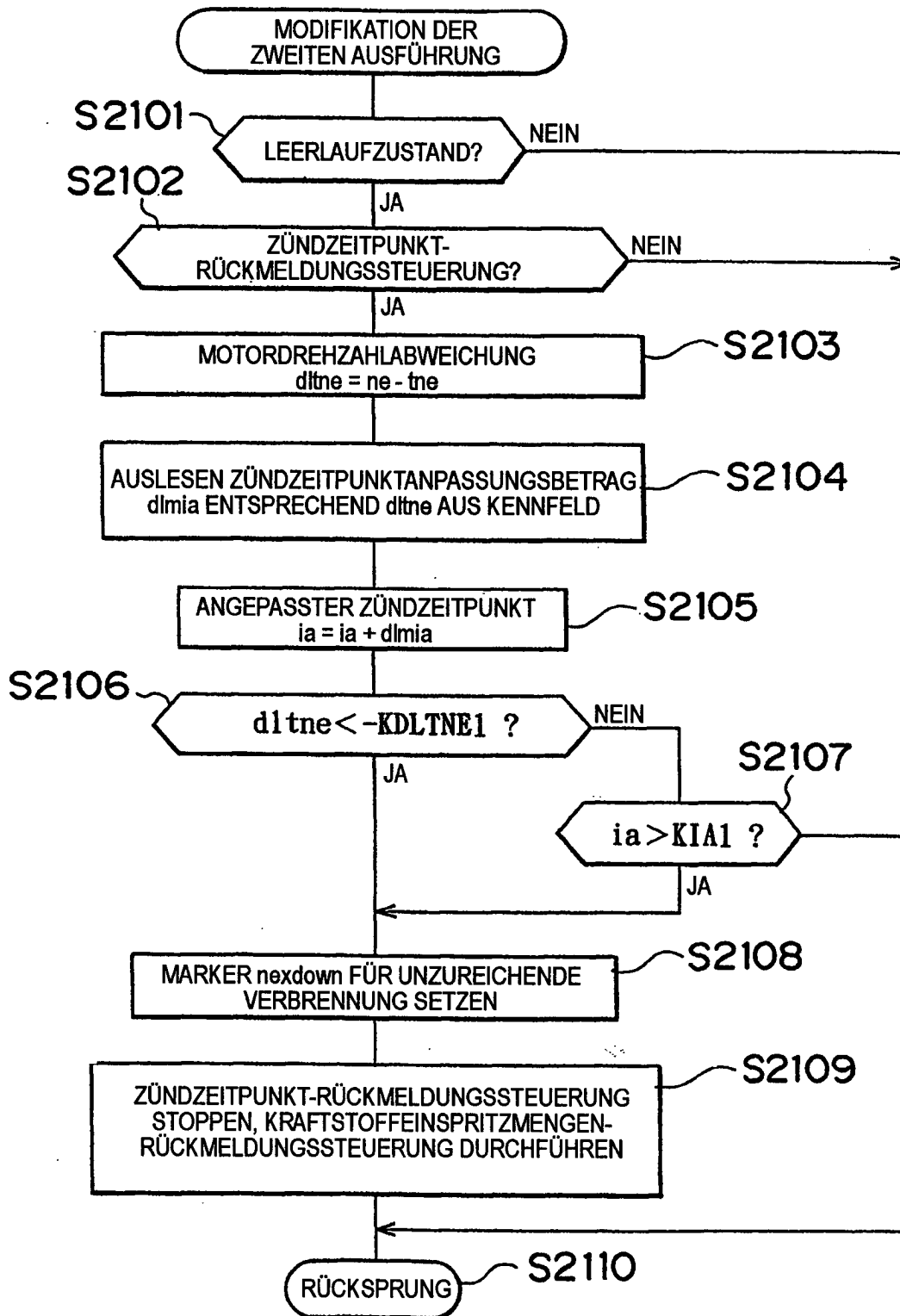


FIG. 6

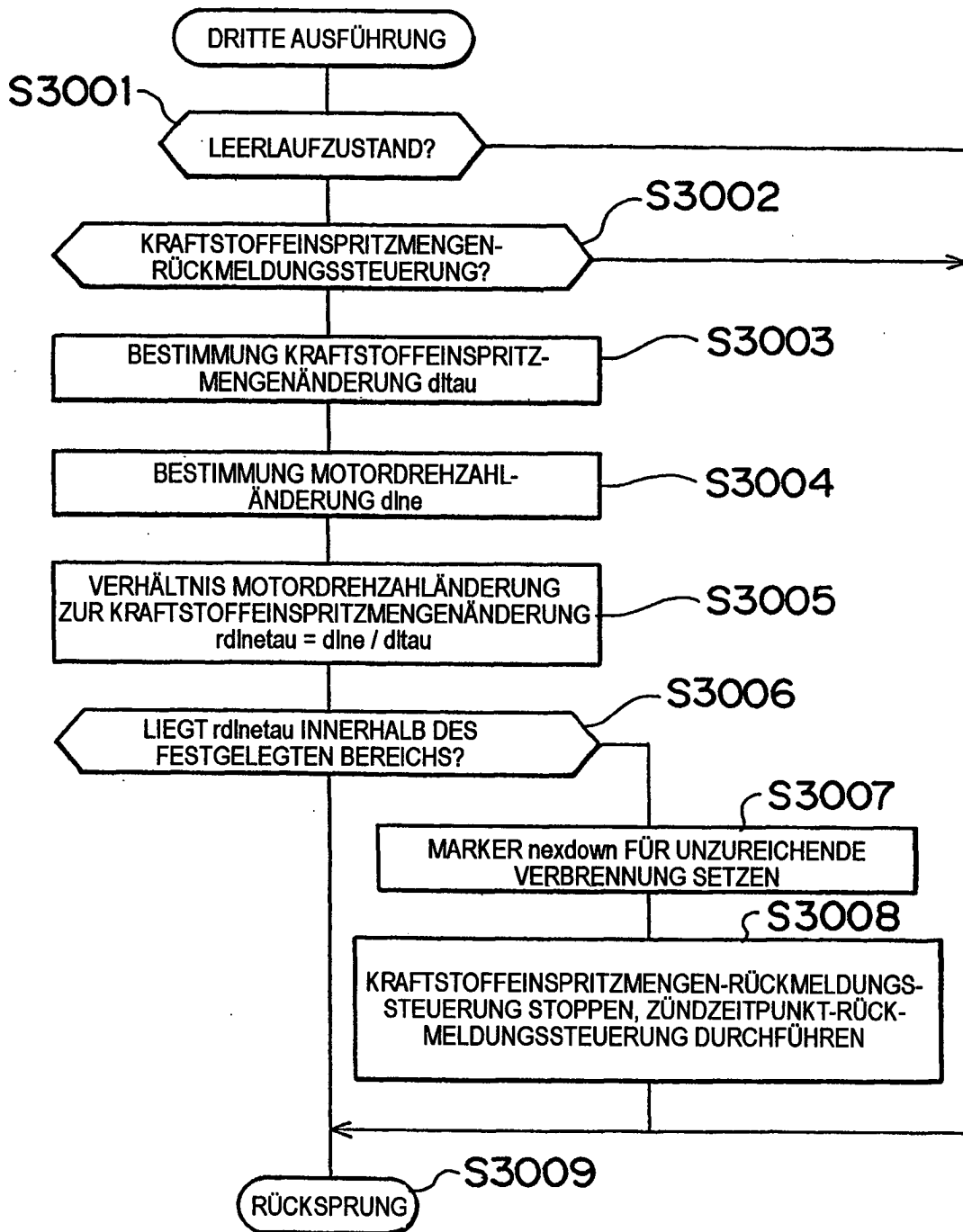


FIG. 7

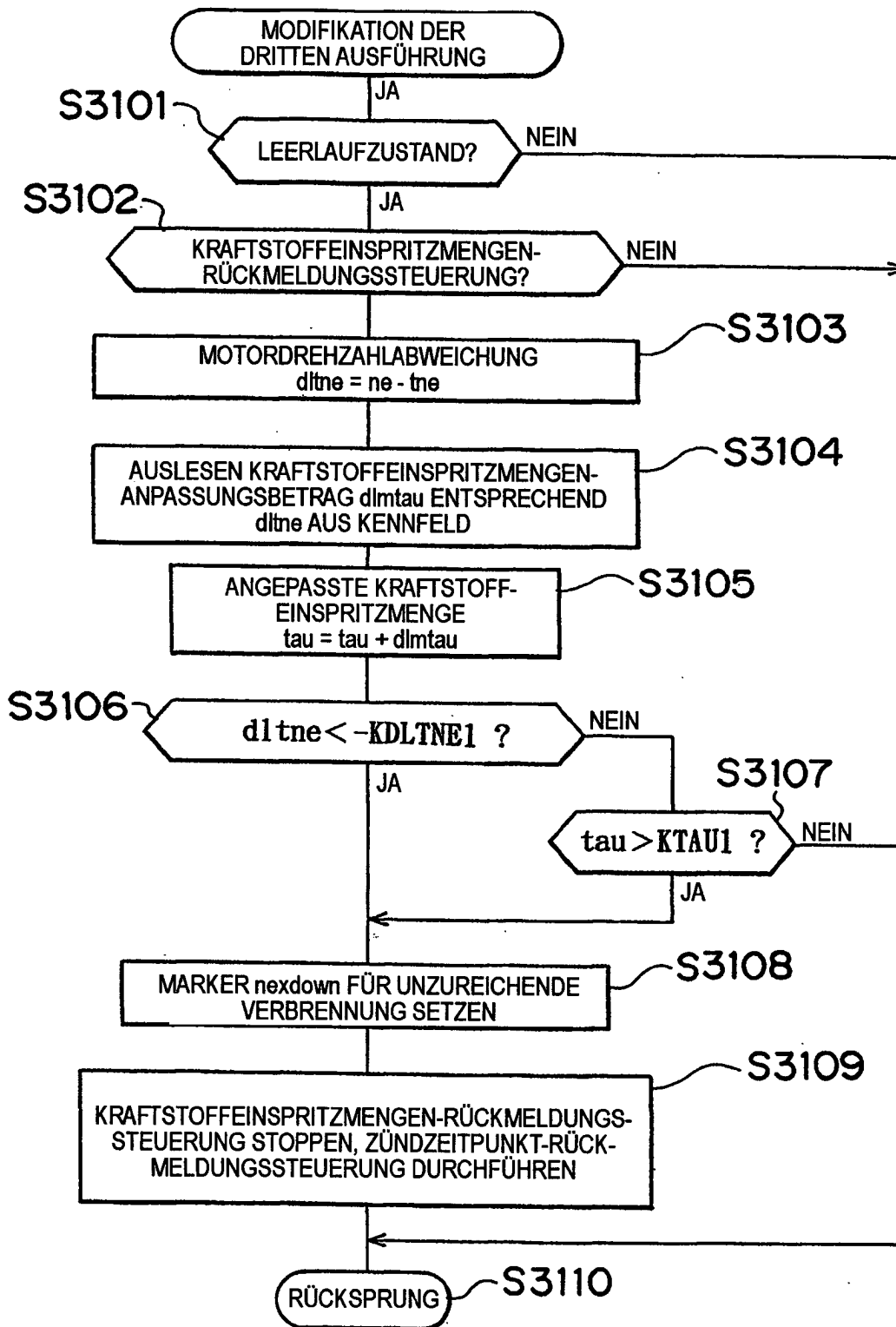
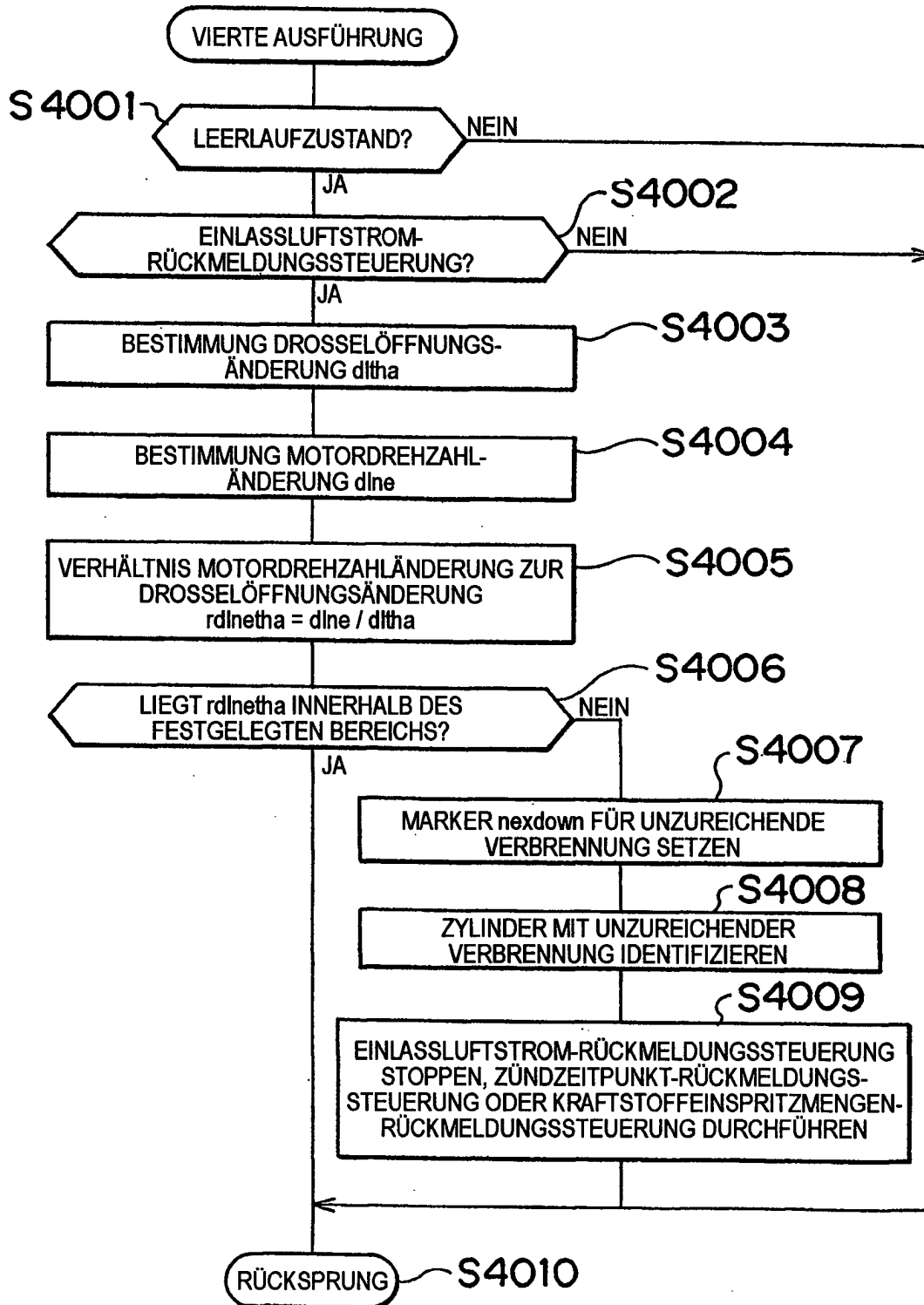
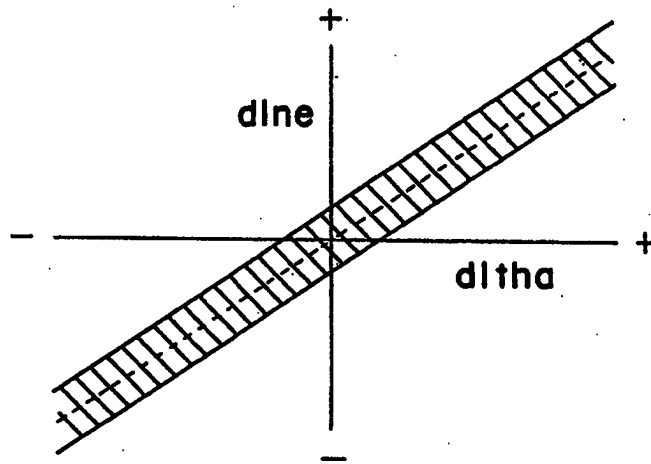


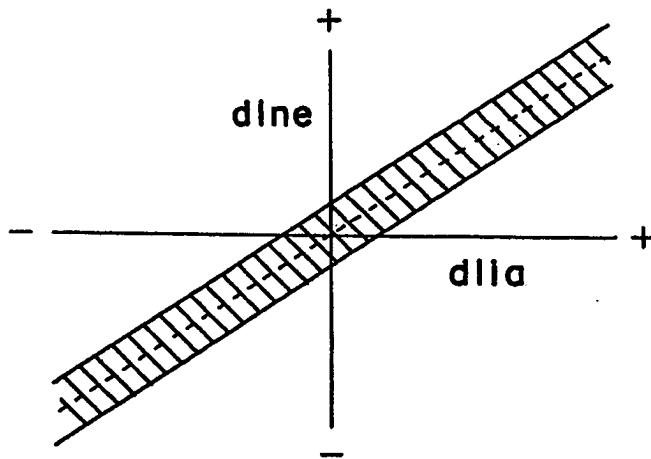
FIG. 8



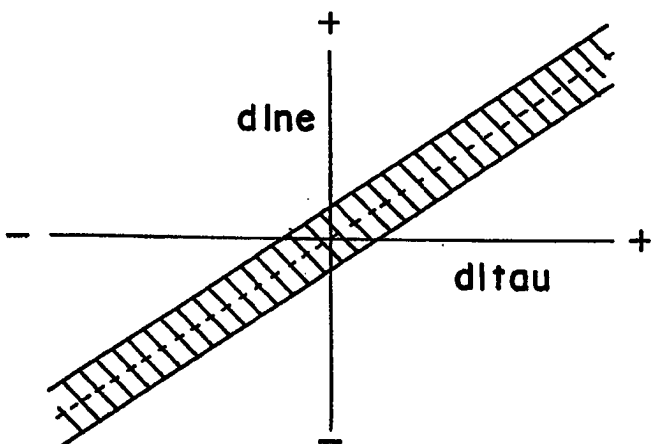
**FIG. 9**



**FIG. 10**



**FIG. 11**



**FIG. 12**

<b>dltne (U/min)</b>	<b>- 50</b>	<b>0</b>	<b>+ 50</b>
<b>dImq (l/min)</b>	<b>+ Δ A</b>	<b>0</b>	<b>- Δ A</b>

**FIG. 13**

<b>dltne (U/min)</b>	<b>- 50</b>	<b>0</b>	<b>+ 50</b>
<b>dImia (°CA)</b>	<b>+ Δ B</b>	<b>0</b>	<b>- Δ B</b>

**FIG. 14**

<b>dltne (U/min)</b>	<b>-50</b>	<b>0</b>	<b>+ 50</b>
<b>dImtau (s)</b>	<b>+ Δ C</b>	<b>0</b>	<b>- Δ C</b>