



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 41 43 595 B4** 2007.02.08

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **P 41 43 595.8**
 (22) Anmeldetag: **30.10.1991**
 (43) Offenlegungstag: **21.05.1992**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **08.02.2007**

(51) Int Cl.⁸: **F02D 41/22** (2006.01)
F02D 41/00 (2006.01)
F02D 45/00 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
2-298662 **01.11.1990** **JP**
3-26284 **20.02.1991** **JP**

(72) Erfinder:
Imai, Ryuichiro, Musashino, JP; Kawahira, Izuru, Musashino, JP

(62) Teilung aus:
P 41 35 797.3

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

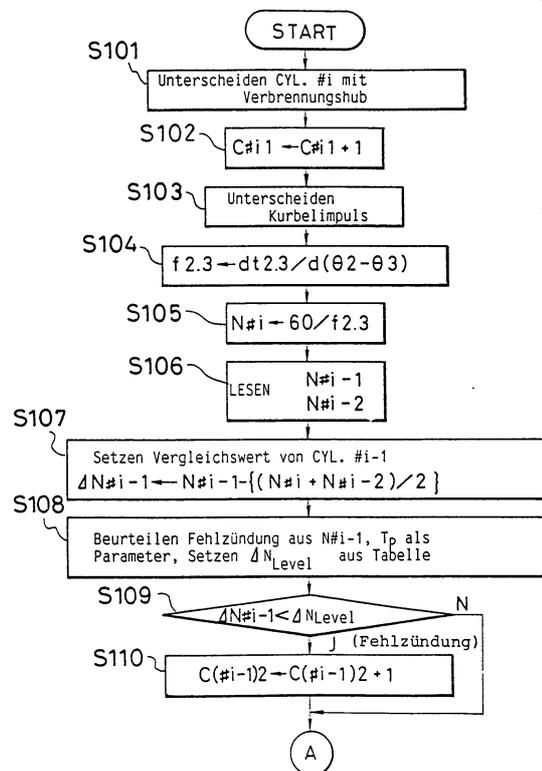
(73) Patentinhaber:
Fuji Jukogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP

DE 40 02 210 A1
DE 39 33 826 A1
JP 63-2 68 956 A
JP 61-2 58 955 A
=DE 36 15 547 A1
JP 59-82 534 A

(74) Vertreter:
Vossius & Partner, 81675 München

(54) Bezeichnung: **Fehlzündungserkennungsverfahren für eine Brennkraftmaschine**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zur Unterscheidung der Fehlzündung bei einer Mehrzylinder-Brennkraftmaschine für jeden Zylinder angegeben, welches folgende Schritte aufweist: Unterscheiden einer Zylinderzahl mit einem momentanen Verbrennungshub; Ermitteln einer momentanen Bewegungsenergie bei dem momentanen Verbrennungshub innerhalb einer Periode, in welcher keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird; Ermitteln einer zweiten Bewegungsenergie bei einem zweiten Hub, welcher dem momentanen Verbrennungshub zweimal vorausgeht, innerhalb einer Periode, in welcher keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird; Mittelwertbildung der momentanen Bewegungsenergie der zweiten Bewegungsenergie; Ableiten einer ersten Bewegungsenergie bei einem ersten Hub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorausgeht, innerhalb einer Periode, in welcher keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird; Ermitteln einer Differenz zwischen der gemittelten Bewegungsenergie und der ersten Bewegungsenergie; Vorgeben einer Fehlzündungsbeurteilungsgröße aus einer Tabelle der Verbrennungsbedingungen als eine Funktion der ersten Bewegungsenergie und der Brennkraftmaschinenbelastungsdaten; und Vergleichen der Differenz mit der Fehlzündungsbeurteilungsgröße, um hierdurch den Fehlzündungszustand für jeden Zylinder zu beurteilen und zu bewerten, ohne dass eine Beeinflussung durch herstellungsbedingte und zulässige Toleranzen erfolgt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung befaßt sich mit Fehlzündungserkennungsverfahren für eine Brennkraftmaschine mit den Merkmalen der Patentansprüche 1, 2 oder 3.

[0002] Im allgemeinen ist es zur Erzeugung einer stabilen Abgabeleistung ideal, wenn die Verbrennung in einer Mehrzylinder-Brennkraftmaschine pro jeweiligem Arbeitsspiel auf gleiche Weise erfolgt. Bei der Mehrzylinder-Brennkraftmaschine jedoch kann die Verbrennung leicht infolge des synergistischen Effekts der nachstehend angegebenen Nachteile Schwankungen unterworfen sein.

(1) Ungleichmäßigkeit der Verteilungsrate der Ansaugluft, welche auf die komplizierte Formgebung eines Ansaugrohrs, die wechselseitigen Beeinflussungen der Ansaugluft unter den Zylindern, usw. zurückzuführen ist.

(2) Gewisse Differenzen hinsichtlich der Verbrennungstemperaturen der einzelnen Zylinder, welche auf die Verläufe der Kühlwege zurückzuführen sind.

(3) Herstellungsstreuungen bei den Volumina der Brennkammern der einzelnen Zylinder, der Formgebungen der Kolben, usw.

(4) Geringfügige Unterschiede bei den Luft/Kraftstoffverhältnissen der einzelnen Zylinder, welche auf ungleiche Kraftstoffeinspritzmengen zurückzuführen sind, welche auf Herstellungsfehler und Herstellungstoleranzen bei den Einspritzeinrichtungen, usw. zurückgehen.

[0003] Bisher wurden Verbrennungsschwankungen unter den Zylindern auf möglichst kleine Werte dadurch herabgedrückt, daß das Luft/Kraftstoffverhältnis und der Zündzeitpunkt der einzelnen Zylinder gesteuert wurden. Bei einer jüngst entwickelten Hochleistungsbrennkraftmaschine, welche eine höhere Abgabeleistung und einen gesenkten Kraftstoffverbrauch hat, kann jedoch leicht dann eine intermittierende bzw. kurzzeitige oder vorübergehende Fehlzündung auftreten und zu einer Absenkung der Abtriebsleistung führen, wenn die Einspritzeinrichtungen, die Zündkerzen, usw. schlechter werden oder ausfallen.

[0004] Selbst wenn eine intermittierende Fehlzündung in einem Zylinder bei der Mehrzylinder-Brennkraftmaschine aufgetreten ist, fährt ein Fahrer häufig ein Fahrzeug weiter, ohne daß er die Fehlzündung bemerkt. Ferner ist es schwierig, während der Fahrt zu beurteilen, ob die Ursache für die Fehlzündung lediglich eine zwischenzeitliche oder vorübergehende ist, oder ob sie mit dem Schlechterwerden o.dgl. der Einspritzeinrichtungen, der Zündkerzen usw. zusammenhängt.

Stand der Technik

[0005] Gemäß der Lehre der JP 61-257955 A wird daher beispielsweise ein Vergleich zwischen der Differenz des minimalen Wertes und des maximalen Wertes der Drehzahl einer Brennkraftmaschine unter Zuordnung zu einem Zylinder bei einem vorangehenden Verbrennungshub und der Differenz des minimalen Wertes und des maximalen Wertes der Brennkraftmaschinendrehzahl unter Zuordnung zu dem Zylinder bei dem gegenwärtigen Verbrennungshub vorgenommen. Der Verbrennungszustand des betreffenden Zylinders wird in Abhängigkeit davon unterschieden, ob die Diskrepanz zwischen den verglichenen Werten innerhalb eines vorgegebenen Bezugswertes liegt oder nicht. Wenn anormale Verbrennungen mehr als eine vorbestimmte Anzahl von Malen (Häufigkeit) aufgetreten sind, wird dies als eine Fehlzündung bewertet und es erfolgt eine Warnung.

[0006] Bei der üblichen Technik erhält man die Verbrennungsschwankung des jeweiligen Zylinders aus den Differenzen zwischen den minimalen Brennkraftmaschinendrehzahlwerten und den maximalen Brennkraftmaschinendrehzahlwerten des einen Verbrennungshub ausführenden Zylinders. Während der Verbrennung jedoch steigt die Brennkraftmaschinendrehzahl abrupt an, und die Brennkraftmaschine erfährt eine relativ starke Belastung, so daß man in zunehmendem Maße die Schwankungen einer Beschleunigung erhält. Daher ist es schwierig, den maximalen Brennkraftmaschinendrehzahlwert zu spezifizieren und ein Genauigkeitsfehler wird größer, welcher sich bei der Beurteilung der Fehlzündung ergibt.

[0007] Ferner weichen die Verbrennungscharakteristika einer Brennkraftmaschine nicht nur unter den Zylindern voneinander ab, sondern auch von Brennkraftmaschine zu Brennkraftmaschine, was auf Herstellungstoleranzen der Bauteile usw. zurückzuführen ist.

[0008] Wenn der Bezugswert für den Vergleich der Drehzahlschwankungen als ein Absolutwert vorgegeben wird, wie dies bei den üblichen Techniken der Fall ist, ändert er sich nahezu bei jeder Brennkraftmaschine infolge der Abweichung der Verbrennungscharakteristika unter den einzelnen Brennkraftmaschinen, und es wird schwierig, genau eine abnormale Verbrennung bei einigen der Brennkraftmaschinen herauszufinden.

[0009] Bei einer Brennkraftmaschine, die eine kleine Anzahl von Zylindern hat, sind die Verbrennungsintervalle zwischen den Zylindern vergleichsweise lang, und daher ist die Differenz der Drehzahlschwankungen groß. Selbst wenn daher der Bezugswert als ein Absolutwert vorgegeben wird, hat die Abweichung der Verbrennungscharakteristika der einzelnen Brennkraftmaschinen keinen großen Einfluß auf die Fehlzündungsbeurteilung. Bei einer Brennkraftmaschine hingegen, die eine große Anzahl von Zylindern hat, sind die Verbrennungsintervalle kurz, und die Differenz der Drehzahlschwankungen nimmt in starkem Maße ab. Wenn daher die Beurteilungsgröße (Bezugswert) als ein Absolutwert vorgegeben wird, beeinflußt die Abweichung der Verbrennungscharakteristika der einzelnen Brennkraftmaschinen die Genauigkeit bei der Beurteilung der Fehlzündung in starkem Maße.

[0010] Insbesondere in einem Hochgeschwindigkeitsbereich bzw. in einem hohen Drehzahlbereich wird die Schwankungsdifferenz klein. Wenn daher die Beurteilungsgröße sich relativ von Brennkraftmaschine zu Brennkraftmaschine ändert, wird eine genaue Fehlzündungsbeurteilung äußerst schwierig.

[0011] Beispielsweise wird bei der Vorgehensweise nach der JP 59-82534 A ein Differenz- Drehzahlwert $\Delta N_{\#i}$ ($\Delta N_{\#i} = N_{H\#i} - N_{L\#i}$), welcher die Differenz zwischen der momentanen Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{L\#i}$ des jeweiligen Zylinders $\#i$ ($i = 1 \sim 4$ bei einer Vierzylinder-Brennkraftmaschine) vor einem Verbrennungshub und die momentane Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{H\#i}$ nach dem Verbrennungshub darstellt, bei jedem Zylinder erhalten, und der Differenz- Drehzahlwert $\Delta N_{\#i}$ des Zylinders $\#i$ wird anschließend mit dem Mittelwert ΔN_A der Differenz-Drehzahlwerte $\Delta N_{\#i}$ aller Zylinder $\#i$ verglichen, um hierbei den Verbrennungszustand des jeweiligen Zylinders $\#i$ herauszufinden.

[0012] Bei der üblichen Technik jedoch ist ein Bezugswert der gemittelte Differenz- Drehzahlwert ΔN_A von allen Zylindern, welcher an sich schon immer leicht Schwankungen in Abhängigkeit von Verbrennungsbedingungen haben kann. Wenn der gemittelte Differenz- Drehzahlwert ΔN_A von allen Zylindern Schwankungen hat, hat der Verbrennungszustand jedes Zylinders, welcher unter Bezugnahme auf den gemittelten Differenz-Drehzahlwert ΔN_A von allen Zylindern abgeschätzt ist, einen Einfluß auf die Verbrennungsbedingungseinflußgrößen der anderen Zylinder, wenn dieser Wert ΔN_A vorgegeben wird, und es wird schwierig, die Fehlzündungen des jeweiligen Zylinders genau herauszufinden.

[0013] Ferner wird bei einer Lehre, die in der JP 63-263956 A angegeben ist, eine Fehlzündung aus der Differenz der Winkelgeschwindigkeiten vor und nach der Verbrennung (einer "Umlaufumfangsdifferenz" in dieser Veröffentlichung) ermittelt, und die Fehlzündung wird einfach unter der Bedingung beurteilt, daß die Bewegungsenergie-differenz negativ wird. Wenn beispielsweise ein Kraftfahrzeug mit einer konstanten Geschwindigkeit fährt, wird jedoch manchmal die Bewegungsenergie-differenz unter dem Einfluß der Reibung einer Brennkraftmaschine trotz eines normalen Zündverhaltens (normale Verbrennung) negativ und es wird eine Fehlzündung irrtümlich erkannt.

[0014] Die US 4 930 479 A zeigt eine Fehlzündungsermittlungseinrichtung für Brennkraftmaschinen, wobei eine Drehzahlmeßeinrichtung anhand von vorherbestimmten Kurbelwinkeln zwei aufeinanderfolgende Drehzahlwerte erfaßt und eine Fehlzündung erkannt wird, wenn deren Schwankung größer ist, als ein vorherbestimmter Wert zuläßt.

[0015] Die DE 39 33 826 A1 zeigt eine Motorregeleinrichtung für Brennkraftmaschinen mit einer Fehlzündungs-Erkennungseinrichtung, die die Anzahl der nicht-zündenden Zylinder anhand der Abgastemperatur des Motors erfaßt. Stellt die Erfassungseinrichtung fest, daß ein Zylinder nicht gezündet wird, so schaltet ein Mikrorechner vorübergehend die Kraftzufuhr nacheinander zu jedem Zylinder ab und überwacht das Ausgangssignal der Erfassungseinrichtung auf Veränderungen. Verändert sich das Ausgangssignal der Fehlzündungs-Erfassungseinrichtung bei vorübergehender Abschaltung der Kraftstoffzufuhr zu einem Zylinder nicht, so steht fest, daß bei dem betreffenden Zylinder eine Fehlzündung vorliegt, worauf der Mikrorechner die Kraftstoffzufuhr zu diesem Zylinder mit Fehlzündung abschaltet.

Aufgabenstellung

[0016] Der Erfindung liegt die Problemstellung zu Grunde, verfahren zur Erkennung von Fehlzündungen an den Zylindern einer Brennkraftmaschine bereitzustellen, die nicht durch Faktoren wie die Streuung bei der Herstellung und die Reibung der Brennkraftmaschine beeinflusst werden.

[0017] Diese Problemstellung wird mit den Verfahren, die die Merkmale der Patentansprüche 1, 2 oder 3 aufweisen, gelöst.

[0018] Nach der Erfindung wird der Verbrennungszustand des Zylinders beim Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorausgeht, bezüglich des Mittelwertes der Bewegungsenergien der Zylinder bei Verbrennungshüben vor und nach dem Verbrennungshub des zugeordneten, zu unterscheidenden Zylinders ermittelt, wobei die Bewegungsenergien in den Perioden auftreten, an denen keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird, und es erfolgt ein Vergleich mit einer Fehlzündungsbeurteilungsgröße, welche nach Maßgabe der Brennkraftmaschinenbedingungen des Zylinders beim Verbrennungshub vorgegeben ist, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorausgeht, wodurch der Fehlzündungszustand des Zylinders bei dem Verbrennungshub, der dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht, unterschieden wird. Daher läßt sich der Fehlzündungszustand genau ohne eine Beeinflussung durch irgendeine Verbrennungsabweichung unter den Zylindern, den Herstellungstreuungen unter den einzelnen Brennkraftmaschinen, usw. feststellen.

[0019] Es wird an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen, dass im Rahmen dieser Patentschrift unter dem Begriff "Verbrennungshub" auch eine einem Arbeitstakt entsprechende Bewegungsphase verstanden werden soll, bei der mangels Zuführung eines zündfähigen Gemisches zu dem betreffenden Zylinder keine Verbrennung stattfindet (hier bei Kraftstoff-Abschaltung).

[0020] Nach der Erfindung wird ferner der Verbrennungszustand des Zylinders bei dem momentanen Verbrennungshub bezüglich des Mittelwertes der Bewegungsenergie und der geschätzten Bewegungsenergie der Zylinder bei den Verbrennungshüben vor und nach dem Verbrennungshub des betreffenden, zu unterscheidenden Zylinders bewertet, die Bewegungsenergien werden in den Zeiträumen erfaßt, bei denen keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird, und sie werden mit der Fehlzündungsbeurteilungsgröße verglichen, die entsprechend den Brennkraftmaschinenbetriebsbedingungen des Zylinders beim momentanen Verbrennungshub vorgegeben ist, so daß der Fehlzündungszustand des Zylinders bei dem momentanen Verbrennungshub bewertet bzw. unterschieden werden kann. Somit läßt sich der Fehlzündungszustand genau ohne Beeinflussung durch irgendwelche Verbrennungsabweichungen unter den Zylindern, Herstellungsabweichungen unter den einzelnen Brennkraftmaschinen usw. bestimmen und feststellen.

[0021] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung erfolgt die Unterscheidung des Zylinders beim Verbrennungshub, der dem momentanen Verbrennungshub einmal vorausgeht, zuerst, um einen Reibungsfaktor zu erfassen, welcher einen Einfluß auf den zugehörigen Zylinder der Brennkraftmaschine hat. Der Verbrennungszustands gleichwert ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Mittelwert der Bewegungsenergien der Zylinder bei den Verbrennungshüben vor und nach jenem Verbrennungshub des Zylinders, der dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht, wobei die Bewegungsenergien innerhalb vorbestimmten Zeitperioden mit Kraftstoffabschaltung ermittelt werden, und dann der Bewegungsenergie des Zylinders bei dem Verbrennungshub, der dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht, wobei die Bewegungsenergie innerhalb der vorbestimmten Zeitperiode ermittelt wird. Anschließend wird die Fehlzündungsbeurteilungsgröße, die unter einer Adresse unter Zuordnung in einer entsprechenden Fehlzündungsbeurteilungsgrößentabelle der zugeordneten Zylinder abgespeichert ist, unter Verwendung der Bewegungsenergie des Zylinders beim Verbrennungshub, der dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht als Parameter ausgelesen und wird mit dem Verbrennungszustandsvergleichswert korrigiert und wiederum in Form der korrigierten Größe eingeschrieben, wodurch die Fehlzündungsbeurteilungsgröße erlernt wird. Anschließend erhält man den Verbrennungszustandsvergleichswert aus der Differenz zwischen dem Mittelwert der Bewegungsenergien der Zylinder bei den Verbrennungshüben vor und nach dem Verbrennungshub des Zylinders, der dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht, den Bewegungsenergien, welche innerhalb vorbestimmter Perioden mit Kraftstoffeinspritzung ermittelt werden, und der Bewegungsenergie des Zylinders beim Verbrennungshub, der dem momentanen Verbrennungshub einmal vorausgeht, wobei die Bewegungsenergie innerhalb der vorbestimmten Zeitperiode ermittelt wird, und es wird ein Vergleich mit der Fehlzündungsbeurteilungsgröße vorgenommen, die unter Nutzung des Parameters der Bewegungsenergie des Zylinders beim Verbrennungshub, der dem momentanen Verbrennungshub einmal vorausgeht und unter einer vorbestimmten Adresse der Fehlzündungsbeurteilungsgrößentabelle des Zylinders beim Verbrennungshub abgespeichert ist, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht. Wenn der Verbrennungszustandsvergleichswert kleiner als die Fehlzündungsbeurteilungsgröße ist, wird davon ausgegangen, daß der betreffende Zylinder eine Fehlzündung hat.

[0022] Gemäß einer weiteren Ausführungsform nach der Erfindung wird zur Unterscheidung der Fehlzündung des betreffenden Zylinders bei dem momentanen Verbrennungshub zuerst so vorgegangen, daß ein Reibungsfaktor festgestellt wird, welcher auf den betreffenden Zylinder der Brennkraftmaschine einen Einfluß hat, wobei der Verbrennungszustandsvergleichswert aus der Differenz zwischen den Bewegungsenergien des Zylinders bei dem momentanen Verbrennungshub und einem Zylinder mit einem Verbrennungshub, welcher dem

momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht, aufgefunden wird und die Bewegungsenergien innerhalb der vorbestimmten Zeitperioden mit Kraftstoffabschaltung entwickelt werden. Folglich wird die Fehlzündungsbeurteilungsgröße, die unter der Adresse der jeweiligen Zuordnung in der Fehlzündungsbeurteilungsgrößentabelle der zugeordneten Zylinder gespeichert ist, unter Verwendung der Bewegungsenergie des Zylinders bei dem momentanen Verbrennungshub ausgelesen und mit dem Verbrennungszustandsvergleichswert korrigiert und er wird dann wiederum in der korrigierten oder ergänzten Größe eingeschrieben, um hierdurch die Fehlzündungsbeurteilungsgröße zu erlernen. Anschließend erhält man den Verbrennungszustandsvergleichswert aus der Differenz zwischen den Bewegungsenergien des Zylinders beim momentanen Verbrennungshub und dem Zylinder mit dem Verbrennungshub, der dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht, wobei die Bewegungsenergien in vorbestimmten Zeitperioden mit Kraftstoffeinspritzung entwickelt werden und dann erfolgt ein Vergleich mit der Fehlzündungsbeurteilungsgröße, welche unter Verwendung der Bewegungsenergie des Zylinders bei dem momentanen Verbrennungshub als Parameter ausgelesen wird und welche an der vorbestimmten Adresse der Fehlzündungsbeurteilungsgrößentabelle des Zylinders mit dem momentanen Verbrennungshub abgelegt ist. Wenn der Verbrennungszustandsvergleichswert kleiner als die Fehlzündungsbeurteilungsgröße ist, wird angenommen, daß der betreffende Zylinder eine Fehlzündung hat.

Ausführungsbeispiel

[0023] Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachstehenden Beschreibung von bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen. Darin zeigen:

[0024] **Fig. 1 bis Fig. 8** eine erste bevorzugte Ausführungsform, wobei die **Fig. 1A** und **Fig. 1B** Flußdiagramme sind, welche Schritte zur Unterscheidung der Fehlzündung des jeweiligen Zylinders verdeutlichen, **Fig. 2** und **Fig. 3** Auslegungsdiagramme zur Verdeutlichung eines Grundverfahrens zur Unterscheidung der Fehlzündung des jeweiligen einzelnen Zylinders sind, **Fig. 4** ein schematisches Diagramm eines Brennkraftmaschinensteuersystems ist, **Fig. 5** eine Draufsicht auf einen Kurbelrotor und einen Kurbelwinkelsensor ist, **Fig. 6** eine Vorderansicht eines Nockenrotors und eines Nockenwinkelsensors ist, **Fig. 7** ein schematisches Diagramm einer Fehlzündungsbeurteilungsgröße ist, und **Fig. 8** ein Zeitdiagramm zur Verdeutlichung der Druckschwankungen in den Zylindern, der Kurbelimpulse, der Nockenimpulse, und der Brennkraftmaschinendrehzahlschwankungen darstellt,

[0025] **Fig. 9A** und **Fig. 9B** Flußdiagramme zur Verdeutlichung von Schritten zur Beurteilung der Fehlzündung des jeweils einzelnen Zylinders gemäß einer zweiten Ausführungsform,

[0026] **Fig. 10** ein Flußdiagramm zur Verdeutlichung der Schritte zur Beurteilung einer Fehlzündung des jeweils einzelnen Zylinders gemäß einer dritten Ausführungsform,

[0027] **Fig. 11A-Fig. 12** Ansichten zur Verdeutlichung einer vierten Ausführungsform wobei die

Fig. 11A und **Fig. 11B** Flußdiagramme zur Verdeutlichung von Schritten zur Beurteilung der Fehlzündung des jeweils einzelnen Zylinders sind, und

Fig. 12 ein schematisches Diagramm zur Verdeutlichung von Verbrennungszustands-Lernwerttabellen ist,

[0028] **Fig. 13A** und **Fig. 13B** Flußdiagramme zur Verdeutlichung von Schritten zur Beurteilung der Fehlzündung des jeweils einzelnen Zylinders gemäß einer fünften Ausführungsform

[0029] **Fig. 14-Fig. 16** Flußdiagramme zur Verdeutlichung von Schritten zur Unterscheidung des Fehlzustandes bei jedem einzelnen Zylinder gemäß einer sechsten bevorzugten Ausführungsform nach der Erfindung,

[0030] **Fig. 17** ein Flußdiagramm zur Verdeutlichung der Schritte zur Bestimmung der Kraftstoffabschaltung bei der sechsten bevorzugten Ausführungsform,

[0031] **Fig. 18** ein schematisches Diagramm zur Verdeutlichung der Fehlzündungsbeurteilungsgrößentabellen,

[0032] **Fig. 19** und **Fig. 20** Flußdiagramme zur Verdeutlichung von Schritten zur Beurteilung der Fehlzündung des jeweils einzelnen Zylinders gemäß einer siebten bevorzugten Ausführungsform nach der Erfindung, und

[0033] [Fig. 21](#) und [Fig. 22](#) Flußdiagramme zur Verdeutlichung von Schritten zur Beurteilung des Fehlzustandes des jeweils einzelnen Zylinders gemäß einer achten bevorzugten Ausführungsform nach der Erfindung.

[0034] Nunmehr werden bevorzugte Ausführungsformen nach der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert.

[0035] Mit **1** ist in [Fig. 4](#) eine Brennkraftmaschine bezeichnet, wobei eine Vierzylinder-Brennkraftmaschine mit horizontal gegenüberliegenden Zylindern in dieser Figur gezeigt ist. Eine Einlaßleitung **3** steht in Verbindung mit einer Einlaßöffnung **2a**, die im Zylinderkopf **2** der Brennkraftmaschine **1** ausgebildet ist. Eine Drosselkammer **5** steht in Verbindung mit der stromaufwärtigen Seite der Einlaßleitung **3** über eine Luftkammer **4**, und ein Luftfilter **7** ist stromauf der Drosselkammer **5** über einem Ansaugrohr angebracht.

[0036] Zusätzlich ist ein Ansaugluftmengensensor (in der Figur wird ein Luftstrommesser des Heißdrahttyps eingesetzt) **8** in einem Teil des Ansaugrohrs **6** unmittelbar stromab von dem Luftfilter **7** vorgesehen. Ferner hat die Drosselkammer **5** ein Drosselventil **5a**, mit dem ein Drosselklappenöffnungsgradsensor **9** und ein Leerlaufschalter **9b** zum Detektieren des vollständig geschlossenen Zustandes des Drosselventils zusammenarbeiten.

[0037] Ferner sind Mehrpunkt-Einspritzeinrichtungen (welche nachstehend abgekürzt werden mit "MPIs") **10** unmittelbar stromauf von den Einlaßöffnungen **2a** der Einlaßleitung **3** unter Zuordnung zu den jeweiligen Zylindern angeordnet. Mit **11** ist ein Kraftstofftank und mit **12** eine Kraftstoffpumpe zur Kraftstoffförderung zu den MIPs **10** bezeichnet.

[0038] Ferner ist ein Kurbelrotor **15** fest auf der Kurbelwelle **13** der Brennkraftmaschine **1** vorgesehen, und ein Kurbelwinkelsensor **16** ist im Außenumfang des Kurbelrotors **15** gegenüberliegend angeordnet, welcher einen elektromagnetischen Abgreifer o.dgl. zum Erfassen von Vorsprüngen (alternativ Schlitzen) unter Zuordnung zu vorbestimmten Kurbelwinkeln umfaßt. Ferner arbeitet ein Nockenrotor **17** mit einer Nockenwelle **14** zusammen, welche sich mit der hahnen Drehzahl in Relation zu der Kurbelwelle **13** dreht, und ein Nockenwinkelsensor **18** ist im äußeren Umfang des Nockenrotors **17** gegenüberliegend angebracht.

[0039] Wie in [Fig. 5](#) gezeigt ist, hat der äußere Umfang des Kurbelrotors **15** Vorsprünge (oder Schlitze) **15a**, **15b** und **15c**. Die zugeordneten Vorsprünge **15a**, **15b** und **15c** sind an Positionen θ_1 , θ_2 und θ_3 vor dem oberen Totpunkt (BTDC = OT) des Kompressionshubs im jeweiligen Zylinder ausgebildet. Eine Periode $f_{1,2}$ (hier $f = 1/\omega$, ω : Winkelgeschwindigkeit) wird aus einem Zeitintervall ermittelt, an welchem die Abschnitte zwischen den Vorsprüngen **15a** und **15b** vorbeigehen, während eine Periode $f_{2,3}$ aus einem Zeitintervall ermittelt wird, innerhalb dessen der Abschnitt zwischen den Vorsprüngen **15b** und **15c** vorbeigeht. Ferner gibt der Vorsprung **15b** einen Bezugskurbelwinkel im Falle der Einstellung eines Zündzeitpunktes an.

[0040] Im allgemeinen liegt der Zündzeitpunkt im Leerlauf in der Nähe von 20° , bezogen auf die Größe des BTDC-Kurbelwinkels (OT). Selbst wenn der Zylinder bei diesem Kurbelwinkel gezündet wird, steigt der Verbrennungsdruck nicht abrupt vor etwa 10° ausgedrückt in Größen des BTDC-Kurbelwinkels an.

[0041] Ferner ist in [Fig. 8](#) in seiner bevorzugten Ausführungsform eine Ventilöffnungszeiteinstellung des Auslaßventiles des jeweiligen Zylinders gezeigt, welche etwas im Sinne eines Nacheilwinkels bezüglich des Zündbezugskurbelwinkels BTDC θ_2 des nächsten Verbrennungszylinders vorgegeben ist. Da jedoch der Verbrennungsdruck im allgemeinen abrupt unmittelbar nach dem Öffnen des Auslaßventiles abfällt, hat er im wesentlichen keinen Einfluß auf den Kurbelwinkel BTDC θ_3 .

[0042] Wenn daher der Kurbelwinkel θ_3 des Vorsprungs **15c** im Sinne eines Voreilwinkels bezüglich des BTDC CA von 10° eingestellt ist, wird der Abschnitt zwischen den Kurbelwinkeln BTDC θ_2 und θ_3 der zugeordneten Vorsprünge **15b** und **15c** kaum durch die Verbrennung in den Zylindern beeinflusst. Dies bedeutet, daß basierend auf der Verbrennung bei dem Zylinder mit einem Verbrennungshub und dem Zylinder mit dem nächsten Verbrennungshub innerhalb dieses Abschnittes im wesentlichen keine Arbeit verrichtet wird.

[0043] Wie ebenfalls in [Fig. 6](#) gezeigt ist, hat der äußere Umfang des Nockenrotors **17** Vorsprünge (alternativ Schlitze) **17a**, **17b** und **17c** zur Zylinderunterscheidung. Die Vorsprünge **17a** sind jeweils an Positionen θ_4 nach den oberen Totpunkten (ATDC = OT) der Kompression der Zylinder #3 und #4 ausgebildet. Ferner ist die Vorsprungsgruppe **17b** derart gestaltet, daß sie drei Vorsprünge umfaßt, von denen der erste an der Position θ_5 nach dem oberen Totpunkt (ATDC = OT) der Kompression des Zylinders #1 vorgesehen ist. Ferner umfaßt die Vorsprungsgruppe **17c** zwei Vorsprünge, wobei der erste an der Position θ_6 nach dem oberen Totpunkt (ATDC = OT) der Kompression des Zylinders #2 vorgesehen ist. Nebenbei bemerkt wird bei der dargestellten bevor-

zugten Ausführungsform folgendes eingehalten: $\theta_1 = 97^\circ \text{ CA}$, $\theta_2 = 65^\circ \text{ CA}$, $\theta_3 = 10^\circ \text{ CA}$, $\theta_4 = 20^\circ \text{ CA}$, $\theta_5 = 5^\circ \text{ CA}$, $\theta_6 = 20^\circ \text{ CA}$ und $\theta(2-3) = 55^\circ \text{ CA}$. Dank dieser Anordnung, welche in [Fig. 8](#) verdeutlicht ist, kann man dann, wenn der Kurbelwinkelsensor **18** Nockenimpulse am Winkel θ_5 (Vorsprünge **17b**) beispielsweise erfaßt hat, eine Unterscheidung dahingehend vornehmen, daß ein Kurbelimpuls, welcher anschließend mittels des Kurbelwinkelsensors **16** zu detektieren ist, ein Signal ist, welches den Kurbelwinkel des Zylinders #3 wiedergibt.

[0044] Wenn ferner ein Nockenimpuls beim Winkel θ_4 (Vorsprung **17a**) nach den Nockenimpulsen beim Winkel θ_5 erfaßt wird, kann man eine Unterscheidung dahingehend vornehmen, daß der anschließend mittels des Kurbelwinkelsensors **16** zu detektierende Kurbelimpuls den Kurbelwinkel des Zylinders #2 wiedergibt. In ähnlicher Weise kann eine Unterscheidung dahingehend getroffen werden, daß ein Kurbelimpuls nach der Detektion der Nockenimpulse unter den Winkel θ_6 (Vorsprünge **17c**) den Kurbelwinkel des Zylinders #4 wiedergibt. Wenn ein Nockenimpuls beim Winkel θ_4 (Vorsprung **17a**) nach den Nockenimpulsen beim Winkel θ_6 erfaßt wird, kann man eine Unterscheidung dahingehend treffen, daß ein anschließend zu erfassender Kurbelimpuls den Kurbelwinkel des Zylinders #1 wiedergibt.

[0045] Ferner läßt sich eine Unterscheidung dahingehend treffen, daß der Kurbelimpuls, welcher mittels des Kurbelwinkelsensors **16** nach der Erfassung des Kurbelimpulses oder der Kurbelimpulse durch den Kurbelwinkelsensor **18** erfaßt wird, den Bezugskurbelwinkel (θ_1) des zugeordneten Zylinders wiedergibt.

[0046] Somit bilden der Kurbelwinkelsensor **16** und der Nockenwinkelsensor **18** eine Kurbelwinkeldetektier-einrichtung. Die Kurbelwinkeldetektier-einrichtung kann auch nur von dem Nockenwinkelsensor **18** unter Veränderung des Nockenimpulsmusters gebildet werden.

[0047] Ferner ist ein Kühlwassertemperatursensor **20** einem Kühlwasserkanal (nicht gezeigt) zugewandt liegend angeordnet, welcher einen Steigleitungsabschnitt darstellt, der in der Ansaugleitung **3** der Brennkraftmaschine ausgebildet ist. Ferner ist ein O_2 -Sensor **22** einer Abgasleitung **21** zugeordnet, welche mit der Auslaßöffnung **2b** des Zylinderkopfs **2** in Verbindung steht. Mit **23** ist ein katalytischer Konverter bezeichnet, und mit **24** ist ein Fahrzeuggeschwindigkeitssensor bezeichnet.

[0048] Mit dem Bezugszeichen **31** ist eine elektronische Steuereinheit bezeichnet, die von einem Mikrocomputer bzw. einem Mikroprozessor u.dgl. gebildet wird. Eine zentrale Verarbeitungseinheit (CPU) **32**, ein Festspeicher (ROM) **33**, ein Random-Speicher (RAM) **34**, ein Sicherungsspeicher, d.h. ein Sicherungs-Random-Speicher RAM (ein nichtflüchtiger Random-Speicher RAM) **35** und eine I/O Schnittstelle **36** sind vorgesehen, welche die elektronische Steuereinheit **31** bilden. Diese Einrichtungen sind über Busleitungen **37** untereinander verbunden und sie werden mit vorbestimmten stabilisierten Spannungen von einer Spannungsglerschaltung **38** versorgt.

[0049] Die Spannungsreglerschaltung **38** ist mit der Batterie **41** über eine Steuerwelle **39** verbunden. Wenn der Relaiskontakt des Steuerrelais **39** durch Einschalten eines Schlüsselschalters **40** geschlossen wird, führt die Schaltung **38** gesteuerte Versorgungsspannungen den jeweiligen Teilen zu. Ferner ist sie direkt mit der Batterie **41** verbunden, um dem Sicherungs-Random-Speicher RAM **35** eine Sicherungsspannung selbst dann zuzuführen, wenn der Schlüsselschalter **40** ausgeschaltet ist.

[0050] Zusätzlich sind die Sensoren **8**, **9a**, **16**, **18**, **20**, **22** und **24** und der Leerlaufschalter **9b** mit den Eingangsanschlüssen der I/O Schnittstelle **36** verbunden, und der Pluspol der Batterie **41** ist ebenfalls mit dem Eingangsanschluß der I/O Schnittstelle **36** derart verbunden, daß die Polspannung desselben überwacht wird. Ferner sind MPIs **10** und Warneinrichtungen, wie eine Anzeigeleuchte, **43**, die am Armaturenbrett o.dgl. (nicht gezeigt) angeordnet ist, mit dem Ausgangsanschluß der I/O Schnittstelle **36** über eine Treiberschaltung **42** verbunden.

[0051] Ein Steuerprogramm, fest vorgegebene Daten, usw. sind in dem ROM **33** gespeichert. Die fest vorgegebenen Daten umfassen Fehlzündungsbeurteilungsgrößentabellen $\text{MPA } N_{\text{LEVEL}}$, welche nachstehend näher beschrieben werden.

[0052] Ferner sind Daten der Ausgangssignale der Sensoren, welche verarbeitet und mittels Daten durch die CPU **32** arithmetisch verarbeitet werden sollen, in dem RAM **34** gespeichert. Ferner sind Störungsdateninformationen der Fehlzündungsbeurteilungsdaten des jeweiligen Zylinders usw., welche nachstehend noch näher beschrieben werden, in dem Sicherungsspeicher RAM **35** derart gespeichert, daß auf Grund der Tatsache, daß dieser RAM normalerweise mit der Versorgungsspannung unabhängig von der Stellung des Schlüsselschal-

ters **40** versorgt wird, die Speicherinhalte selbst dann nicht gelöscht werden können, wenn der Schlüsselschalter **40** ausgeschaltet ist, um das Arbeiten der Brennkraftmaschine zu beenden.

[0053] Störungsdaten können dadurch ausgelesen werden, daß ein serieller Störungsdiagnosemonitor **45** über eine Störungsdiagnoseverbindung **44** angeschlossen wird, welche mit dem Ausgangsanschluß der I/O Schnittstelle **36** verbunden ist.

[0054] Ferner werden in der CPU **32** Kraftstoffeinspritzimpulsbreiten T_i für die MPIs **10** usw. für die einzelnen Zylinder in Übereinstimmung mit dem Steuerprogramm ermittelt, welches in dem ROM **33** gespeichert ist, sowie auf der Basis von verschiedenen Arten von Daten, welche im RAM **34** und dem Sicherungsspeicher RAM **35** gespeichert sind.

[0055] Bei der elektronischen Steuereinheit **31** werden die Fehlzündungen der Zylinder $\#i$ ($i = 1 \sim 4$) einzeln zusätzlich zu den üblichen Kraftstoffeinspritzsteuerungen beurteilt.

[0056] Das Grundkonzept des Verfahrens zur Unterscheidung der Fehlzündung für den jeweiligen einzelnen Zylinder wird an Hand den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) erläutert.

[0057] [Fig. 2](#) zeigt Brennkraftmaschinendrehzahlschwankungen. Bei einer Vierzylinder-Brennkraftmaschine beispielsweise schaltet ein Zylinder $\#i$ in einen Verbrennungshub pro jeweils 180° CA gemäß der Zündfolge (beispielsweise $\#1 \rightarrow \#3 \rightarrow \#2 \rightarrow \#4$) um. Daher überlappen sich aufeinanderfolgende Verbrennungshübe nicht miteinander und daher ist eine Zeitperiode oder ein Zeitabschnitt, bei dem keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird, und die nicht mit durch die Verbrennung der Zylinder beeinflusst wird, nach dem Ende der Verbrennung des Zylinders $\#i$ mit Verbrennungshub und vor dem Beginn der Verbrennung im nächsten Zylinder $\#i + 1$ mit Verbrennungshub vorhanden.

[0058] Wie in [Fig. 2](#) beispielsweise gezeigt ist, bezeichnen beispielsweise $N\#1 \sim N\#4$ jeweils Brennkraftmaschinendrehzahlwerte unter Zuordnung zu den momentanen Bewegungsenergien der Zylinder $\#1 \sim \#4$ in den Perioden oder Abschnitten, bei denen keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird. Wenn eine Fehlzündung in einem gewissen Zylinder $\#i$ aufgetreten ist, fällt die Abgabeleistung der Brennkraftmaschine nach der Verbrennung abrupt ab.

[0059] Bei dieser bevorzugten Ausführungsform wird unter Berücksichtigung der Tatsache, daß eine sehr enge Wechselbeziehung zwischen dem Verbrennungszustand des jeweiligen Zylinders $\#i$ und der Brennkraftmaschinendrehzahl $N\#i$ vorhanden ist, der Verbrennungszustand für jeden Zylinder unterschieden, und der Wert der Unterscheidung wird mit der Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} verglichen, um hierdurch eine Beurteilung des Fehlzündungszustands des betreffenden Zylinders zu ermöglichen.

[0060] Insbesondere wird bei dem Fehlzündungsunterscheidungsverfahren der Mittelwert $(N\#i-2 + N\#i)/2$ zwischen der Brennkraftmaschinendrehzahl $N\#i$ des Zylinders $\#i$ mit momentanem Verbrennungshub und der Brennkraftmaschinendrehzahl $N\#i-2$ des Zylinders $\#i-2$ mit einem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub zweimal vorangeht, zuerst mit der Brennkraftmaschinendrehzahl $N\#i-1$ des Zylinders $\#i-1$ mit einem Verbrennungshub verglichen, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorausgeht. Wie in [Fig. 3](#) angegeben ist, wird der Vergleichswert $\Delta N\#i-1$ [$\Delta N\#i-1 = N\#i-1 - \{(N\#i-2 + N\#i)/2\}$] mit der Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} verglichen, die nach Maßgabe der Betriebsbedingungen des betreffenden Zylinders $\#i-1$ vorgegeben ist. Wenn der Vergleichswert $\Delta N\#i-1$ kleiner als die Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} ist, wird auf Fehlzündung erkannt.

[0061] Hierbei wird der Vergleichswert für die Unterscheidung der Fehlzündung auf der Basis des Mittelwerts der Brennkraftmaschinendrehzahlwerte der in der Zündfolge aufeinanderfolgenden jeweiligen Zylinder vorgegeben. Daher kann man einen im wesentlichen konstanten Wert (unter normalen Bedingungen einem Wert nahe bei Null) erhalten, und zwar nicht nur im Fahrzustand des Kraftfahrzeugs bei konstanter Geschwindigkeit, sondern auch im Mittelbereich der Beschleunigung desselben.

[0062] Nun soll darauf eingegangen werden, wie der Vergleichswert $\Delta N\#i-1$ jedes Zylinders $\#i-1$ mit Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorausgeht, in konkreter Weise ermittelt wird:

$$\Delta N\#1 = N\#1 - (N\#4 + N\#3)/2$$

$$\Delta N\#3 = N\#3 - (N\#1 + N\#2)/2$$

$$\Delta N\#2 = N\#2 - (N\#3 + N\#4)/2$$

$$\Delta N\#4 = N\#4 - (N\#2 + N\#1)/2$$

[0063] Der Zusammenhang zwischen der Brennkraftmaschinendrehzahl N innerhalb der Periode oder des Abschnitts, in dem keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird, und dem Verbrennungszustand des Zylinders, insbesondere des dargestellten effektiven Mitteldrucks P_i wird mit einer nachstehend angegebenen Gleichung hergestellt.

[0064] Zuerst wird der Zustand, unter dem die Brennkraftmaschine eine Umlaufbewegung ausführt, durch die folgende Gleichung ausgedrückt:

$$I \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot \frac{dN}{dt} = T_i - T_f \quad \dots (1)$$

I: Trägheitsmoment,
N: Brennkraftmaschinendrehzahl,
 T_i : Vorgegebenes Drehmoment,
 T_f : Reibungsmoment.

[0065] Die Gleichung (1) läßt sich auf die folgende Weise vereinfachen:

$$\frac{dN}{dt} \propto T_i - T_f \quad \dots (2)$$

[0066] Ferner läßt sich diese Gleichung in Druckgrößen auf die folgende Weise angeben:

$$\frac{dN}{dt} \propto P_i - P_f \quad \dots (3)$$

P_i : Dargestellter effektiver Mitteldruck,
 P_f : Effektiver Druck auf Grund von Reibungsverlust.

[0067] Der Wert dN/dt nach der Gleichung (3) wurde experimentell auf der Basis der Brennkraftmaschinendrehzahl $N\#i$ jedes Zylinders $\#i$ nach der Verbrennung und der Zeitänderung ΔT des Abschnitts zum Detektieren dieser Brennkraftmaschinendrehzahl $N\#i$ (äquivalent beispielsweise zu einem Abschnitt $(\theta_2-\theta_3)$ in [Fig. 6](#)) ermittelt. Als Ergebnis wurde eine äußerst enge Wechselbeziehung hierbei aufgefunden.

[0068] Somit läßt sich der dargestellte effektive Mitteldruck P_i , insbesondere der Verbrennungszustand, dadurch abschätzen, daß man die Brennkraftmaschinendrehzahl des jeweiligen Zylinders $\#i$ nach der Verbrennung ermittelt, und daß man den Vergleichswert zur Beurteilung, ob der Zylinder mit dem betreffenden Verbrennungshub eine Fehlzündung hat oder nicht, läßt sich dadurch vorgeben, daß die ermittelte Brennkraftmaschinendrehzahl mit der Brennkraftmaschinendrehzahl des Zylinders mit benachbartem Verbrennungshub verglichen wird.

[0069] Nunmehr werden die konkreten Schritte zur Unterscheidung der Fehlzündung für einen jeweiligen Zylinder in Verbindung mit den Flußdiagrammen nach den [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) erläutert, welche mit Hilfe der elektronischen Steuereinheit **31** ausgeführt werden.

[0070] Zuerst wird in einem Schritt (nachstehend abgekürzt mit "S") S101 der Zylinder $\#i$ ($i = 1, 3, 2, 4$) mit einem Verbrennungshub auf der Basis des Kurbelimpulses und des Nockenimpulses oder der Nockenimpulse unterschieden, welche jeweils von dem Kurbelwinkelsensor **16** und dem Nockenwinkelsensor **18** abgegeben werden, und in einem Schritt S102 erfolgt eine Aufwärtszählung der ermittelten Zykluszahl $C\#i1$ des betreffenden Zylinders $\#i$ mit Verbrennungshub ($C\#i1 \leftarrow C\#i1 + 1$).

[0071] Anschließend werden in einem Schritt S103 die Kurbelimpulse zum Detektieren der Winkel BTDC θ_2 und θ_3 , erhalten von dem Kurbelwinkelsensor **16** auf der Basis der Unterbrechung der Nockenimpulse unterschieden, und in einem Schritt S104 wird eine Periode $f_{2,3}$ aus dem verstrichenen Zeitintervall zwischen den

Kurbelimpulsen zum Detektieren der Winkel BTDC θ_2 und θ_3 und der Winkeldifferenz ($\theta_2 - \theta_3$) zwischen den Winkeln θ_2 und θ_3 ($f_{2,3} \leftarrow dt_{2,3}/d(\theta_2 - \theta_3)$) ermittelt.

[0072] Anschließend wird in einem Schritt S105 der Brennkraftmaschinendrehzahlwert $N_{\#i}$ des Zylinders $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub in dem Abschnitt, in welchem keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird, aus der vorstehend angegebenen Periode $f_{2,3}$ ($N_{\#i} \leftarrow 60/(2\pi \cdot f_{2,3})$) ermittelt.

[0073] In einem Schritt S106 liest die ECU **31** die Brennkraftmaschinendrehzahlwerte, die in den letzten und den vorletzten Programmdurchläufen vorgegeben und unter vorbestimmten Adressen von RAM **34** gespeichert sind, d.h. die Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i-1}$ des Zylinders $\#i-1$ mit Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal in der Periode oder dem Abschnitt vorausgeht, in welchem keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird, und die Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i-2}$ des Zylinders $\#i-2$ mit Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub zweimal in dem Abschnitt vorausgeht, in dem keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird. Wenn man in

[0074] [Fig. 8](#) annimmt, daß die Zylinder der Reihenfolge $\#1 \rightarrow \#3 \rightarrow \#2 \rightarrow \#4$ gezündet werden und daß der Zylinder $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub der Zylinder $\#3$ ist, wird der Zylinder $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht, der Zylinder $\#1$, und der Zylinder $\#i-2$ mit dem Verbrennungshub, der dem momentanen Verbrennungshub zweimal vorangeht wird dann der Zylinder $\#4$.

[0075] Ferner werden die Brennkraftmaschinendrehzahlwerte $N_{\#i-1}$, $N_{\#i-2}$ in dem ersten Programm vorgegeben mit $N_{\#i-1} = N_{\#i-2} = N_{\#1}$.

[0076] Anschließend ergibt sich in einem Schritt S107 der Verbrennungszustandsvergleichswert $\Delta N_{\#i-1}$ des Zylinders $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorausgeht aus der Differenz zwischen dem Mittelwert $(N_{\#i} + N_{\#i-2})/2$ der Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i}$ des Zylinders $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub in der Periode oder dem Abschnitt, in welchem keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird, und die Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i-2}$ des Zylinders $\#i-2$ mit Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub zweimal in dem Abschnitt vorausgeht, in dem keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird, und der Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i-1}$ des Zylinders $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal dem Abschnitt vorausgeht, in welchem keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird, mit folgendem:

$$\Delta N_{\#i-1} \leftarrow N_{\#i-1} - \{(N_{\#i} + N_{\#i-2})/2\}$$

[0077] Anschließend wird in einem Schritt S108 die Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} unter Berücksichtigung der Fehlzündungsbeurteilungsgrößentabelle MP ΔN_{LEVEL} unter Verwendung der Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i-1}$ als Parameter vorgegeben, welcher in dem gegenwärtigen Programm ermittelt wurde, sowie unter Berücksichtigung der Brennkraftmaschinenbelastungsdaten (= Grundkraftstoffeinspritzimpulsbreite) T_p , welche auf der Basis einer Ansaugluftmenge Q ermittelt werden.

[0078] Wie in [Fig. 7](#) gezeigt ist, umfaßt die Fehlzündungsbeurteilungsgrößentabelle MP ΔN_{LEVEL} eine dreidimensionale Tabelle, deren Parameter die Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i-1}$ und die Brennkraftmaschinenbelastungsdaten T_p sind. Jeder Maschenbereich der Tabelle speichert die Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} , die man beispielsweise auf Grund von vorangehend durchgeführten Versuchen erhält.

[0079] Wie in [Fig. 3](#) gezeigt ist, hat der Verbrennungszustandsvergleichswert $\Delta N_{\#i-1}$ eine vergleichsweise große Schwankung während einer Beschleunigung, aber die Schwankungsbreite hiervon unterscheidet sich in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine. Daher werden die Schwankungsbreiten der einzelnen Betriebszustände beispielsweise experimentell zuvor ermittelt, und die Fehlzündungsbeurteilungsgrößen ΔN_{LEVEL} , welche zu diesen Schwankungsbreiten passen, werden vorgegeben und in einer Liste aufgelistet, wodurch man eine hohe Genauigkeit bei der Beurteilung der Fehlzündung erreichen kann. Bei einer Verzögerung wird in Wirklichkeit keine Fehlzündungsbeurteilung durchgeführt, da eine Kraftstoffabschaltung erfolgt.

[0080] In einem Schritt S109 wird der Verbrennungszustandsvergleichswert $\Delta N_{\#i-1}$ des Zylinders $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, der dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht, mit der Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} verglichen. Wenn festgestellt wird, daß der Verbrennungszustandsvergleichswert $\Delta N_{\#i-1}$ kleiner als die Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} ist ($\Delta N_{\#i-1} < \Delta N_{\text{LEVEL}}$) (siehe [Fig. 3](#)), wird auf

eine Fehlzündung erkannt, und der Steuerungsablauf wird mit einem Schritt S110 fortgesetzt. Wenn andererseits $\Delta N_{\#i-1} \geq N_{\text{LEVEL}}$ beibehalten wird, wird auf eine normale Verbrennung erkannt, und der Steuerungsablauf wird mit einem Schritt S111 fortgesetzt.

[0081] Im Schritt S110 wird, basierend auf der Entscheidung der Fehlzündung, die Fehlzündungsanzahl jedes Zylinders $C_{\#i-1}2$ aufwärtsgezählt, welche dem Zylinder $\#i-1$ mit Verbrennungshub zugeordnet ist, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht ($C_{\#i-1}2 \leftarrow C_{\#i-1}2 + 1$), und anschliessend wird der Steuerungsablauf mit dem Schritt S111 fortgesetzt.

[0082] Dann erfolgt in dem Schritt S111 ein Vergleich zwischen der ermittelten Zykluszahl $C_{\#i}1$ des Zylinders $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub und einer vorgegebenen Testzykluszahl $C_{\#i}1_{\text{SET}}$ (beispielsweise 100 Zyklen bzw. 100 Arbeitsspiele). Wenn ($C_{\#i}1 < C_{\#i}1_{\text{SET}}$) ist und hierbei die ermittelte Zykluszahl $C_{\#i}1$ nicht die Testzykluszahl $C_{\#i}1_{\text{SET}}$ erreicht, weicht der Steuerungsablauf von dem programmatisch angegebenen Steuerungsablauf ab. Wenn andererseits ($C_{\#i}1 \geq C_{\#i}1_{\text{SET}}$) ist und wenn die ermittelte Zykluszahl $C_{\#i}1$ die Testzykluszahl $C_{\#i}1_{\text{SET}}$ erreicht, wird der Steuerungsablauf mit einem Schritt S112 fortgesetzt, in welchem die ermittelte Zykluszahl $C_{\#i}1$ gelöscht wird ($C_{\#i}1 \leftarrow 0$).

[0083] Anschliessend wird in einem Schritt S113 die mittlere Fehlzündungsanzahl $\overline{C_{\#i-1}2(-1)}$ jedes Zylinders unter Zuordnung zu dem Zylinder $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht, wobei die Zahl bzw. Anzahl unter der vorbestimmten Adresse in dem RAM **34** gespeichert ist und in der vorangehenden Abtastperiode ermittelt wurde, ausgelesen. In einem Schritt S114 wird die gemittelte Fehlzündungsanzahl $\overline{C_{\#i-1}2}$ jedes Zylinders zum momentanen Zeitpunkt aus dem gewichteten Mittel aus dem Wichtungskoeffizienten r , welcher durch die folgende Gleichung wiedergegeben wird, auf der Basis der mittleren Fehlzündungsanzahl $\overline{C_{\#i-1}2(-1)}$ jedes Zylinders und der Fehlzündungsanzahl $C_{\#i-1}2$ jedes Zylinders entsprechend der Zuordnung zu dem Zylinder $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorausgeht und der in der momentanen Testzykluszahl $C_{\#i}1_{\text{SET}}$ gezählt wurde, ermittelt:

$$\overline{C_{\#i-1}2} \leftarrow ((2^r - 1) \times \overline{C_{\#i-1}2(-1)} + C_{\#i-1}2) / 2^r$$

[0084] Da die mittlere Fehlzündungsanzahl $\overline{C_{\#i-1}2}$ des jeweiligen Zylinders nach Maßgabe des gewichteten Mittels ermittelt wird, ist es möglich, den Fehlzündungsbeurteilungsfehler des Zylinders $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht und einer temporären Fehlzündungsbeurteilung zu korrigieren, welche auf eine abrupte Verbrennungsschwankung zurückzuführen ist.

[0085] Anschliessend wird in einem Schritt S115 die Fehlzündungsanzahl $C_{\#i}1$ jedes Zylinders gelöscht ($C_{\#i-1}2 \leftarrow 0$). In einem Schritt S116 wird die gemittelte Fehlzündungsanzahl $\overline{C_{\#i-1}2(-1)}$ jedes Zylinders, welcher in der letzten Abtastperiode ermittelt wurde und unter der vorbestimmten Adresse in dem RAM **34** gespeichert ist, mit der mittleren Fehlzündungsanzahl $\overline{C_{\#i-1}2}$ überschrieben, der zum momentanen Zeitpunkt ermittelt wurde ($\overline{C_{\#i-1}2(-1)} \leftarrow \overline{C_{\#i-1}2}$).

[0086] Dann erfolgt in einem Schritt S117 ein Vergleich zwischen der gemittelten Fehlzündungsanzahl $\overline{C_{\#i-1}2}$ jedes Zylinders zum momentanen Zeitpunkt und einer Fehlzündungsabnormalitätserkennungsbezugszahl $C_{\#i-1}2_{\text{SET}}$, welche vorgegeben ist. Wenn $\overline{C_{\#i-1}2} > C_{\#i-1}2_{\text{SET}}$ beibehalten wird, d.h. wenn die gemittelte Fehlzündungsanzahl $\overline{C_{\#i-1}2}$ jedes Zylinders die Fehlzündungsabnormalitätserkennungsbezugszahl $C_{\#i-1}2_{\text{SET}}$ überschreitet, wird entschieden, daß der Zylinder $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorausgeht, eine Fehlzündungsabnormalität hat, und der Steuerungsablauf wird mit einem Schritt S118 fortgesetzt. Hier werden die Fehlzündungsabnormalitätsdaten des Zylinders $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht unter einer vorbestimmten Adresse des Sicherheits RAM-Speichers **35** gespeichert, und der Fahrer wird über die Fehlzündungsabnormalität dadurch gewarnt, daß eine Warneinrichtung, wie eine Anzeigeleuchte, **32** zum Aufleuchten gebracht wird. Anschliessend wird dann der programmatische Ablauf verlassen. Wenn hingegen $\overline{C_{\#i-1}2} \leq C_{\#i-1}2_{\text{SET}}$ sich hierbei ergibt, wird entschieden, daß der Zylinder $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht, keine Fehlzündungsabnormalität bis jetzt hat, und der programmatische Ablauf wird ohne jegliche weitere Verarbeitung verlassen.

[0087] Tatsächlich können die Fehlzündungsabnormalitätsdaten des Zylinders $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht, und welche in dem Sicherheits RAM (Speichereinrichtung) **35** gespeichert sind, dadurch ausgelesen werden, daß der serielle Monitor **45** an die elektronische Steuereinheit **31** beispielsweise in einer Servicestation eines Fahrzeughändlers angeschlossen

wird, so daß der Zylinder mit Fehlzündung erkannt werden kann. Auch können die Fehlzündungsabnormalitätsdaten, welche in dem Sicherungs RAM 35 gespeichert sind, über den seriellen Monitor 45 nach einer vorbestimmten Wartung gelöscht werden.

(Zweite bevorzugte Ausführungsform)

[0088] Die [Fig. 9A](#) und [Fig. 9B](#) sind Flußdiagramme zur Verdeutlichung der Schritte zur Beurteilung einer Fehlzündung für den jeweiligen Zylinder entsprechend einer zweiten bevorzugten Ausführungsform nach der Erfindung.

[0089] Hierbei sind jene Schritte, welche ähnliche oder gleiche Funktionen wie bei der ersten bevorzugten Ausführungsform haben, mit dem gleichen Symbol wie bei der ersten bevorzugten Ausführungsform versehen und sie können daher bei der Erläuterung entfallen.

[0090] Bei dieser bevorzugten Ausführungsform wird der Mittelwert zwischen der Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i-1}$ des Zylinders $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht, in der Periode oder dem Abschnitt, in welchem keine Verbrennungsarbeit nach dem Ende der Verbrennung verrichtet wird, und der Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i+1[-1]}$ des Zylinders $\#i+1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal folgt, innerhalb einer Periode oder eines Abschnittes, bei welchem ein Zyklus zuvor keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird, wobei dieser Drehzahlwert $N_{\#i+1[-1]}$ als der Schätzwert des betreffenden Zylinders $\#i+1$ innerhalb einer Periode oder eines Abschnittes genommen wird, in dem keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird, mit der Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i}$ des Zylinders $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub in dem Zeitraum oder in dem Abschnitt verglichen, in dem keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird. Somit wird ein Verbrennungszustandsvergleichswert zur Beurteilung des Auftretens einer Fehlzündung des Zylinders $\#i$ bei dem momentanen Verbrennungshub vorgegeben.

[0091] Zuerst werden die Schritte S101 bis S106 auf dieselbe Weise wie bei der bevorzugten Ausführungsform ([Fig. 1A](#)) durchlaufen. In einem Schritt S201 werden die Brennkraftmaschinendrehzahlwerte, die in dem RAM 34 gespeichert sind, insbesondere die Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i-1}$ des Zylinders $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht, in dem Abschnitt, in welchem keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird, und die Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i+1[-1]}$ des Zylinders $\#i+1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub als nächstes folgt, in dem Abschnitt, in welchem keine Verbrennungsarbeit ein Zyklus zuvor verrichtet wird, verglichen, wobei diese Drehzahl als Schätzbrennkraftmaschinendrehzahl des betreffenden Zylinders $\#i+1$ in dem Abschnitt genommen wird, in welchem keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird. In einem Schritt S202 ergibt sich der Verbrennungszustandsvergleichswert $\Delta N_{\#i}$ des Zylinders $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub aus der Differenz zwischen der Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i}$ des Zylinders $\#i$, welcher im Schritt S105 ermittelt wurde und dem gemittelten Wert der Brennkraftmaschinendrehzahlwerte $N_{\#i-1}$ und $N_{\#i+1[-1]}$, welche im Schritt S201 ausgelesen wurden. Hierbei ergibt sich folgendes:

$$\Delta N_{\#i} \leftarrow N_{\#i} - \{(N_{\#i-1} + N_{\#i+1[-1]a})/2\}$$

[0092] Anschließend wird in einem Schritt S203 eine Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} unter Berücksichtigung einer Fehlzündungsbeurteilungsgrößentabelle MP ΔN_{LEVEL} unter Verwendung der Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#-1}$, welche im momentanen Programmablauf ermittelt wurde und den Brennkraftmaschinenbelastungsdaten (= Grundkraftstoffeinspritzimpulsbreite) T_p , welche auf der Basis einer Ansaugluftmenge Q ermittelt wurde, gesetzt.

[0093] In Wirklichkeit ist die Fehlzündungsbeurteilungsgrößentabelle MP ΔN_{LEVEL} gleich wie bei der ersten bevorzugten Ausführungsform beschaffen. ([Fig. 7](#)).

[0094] In einem Schritt S204 wird der Verbrennungszustandsvergleichswert $\Delta N_{\#i}$ des Zylinders $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub mit der Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} verglichen. Wenn der Verbrennungszustandsvergleichswert $\Delta N_{\#i}$ sich als kleiner als die Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} ergibt ($\Delta N_{\#i} < \Delta N_{\text{LEVEL}}$), wird auf eine Fehlzündung erkannt, und der Steuerungsablauf wird mit einem Schritt S205 fortgesetzt. Wenn andererseits die Bedingung $\Delta N_{\#i} \geq N_{\text{LEVEL}}$ beibehalten wird, wird auf eine normale Verbrennung erkannt, und der Steuerungsablauf wird mit dem Schritt S111 fortgesetzt.

[0095] Im Schritt S205 wird, basierend auf der Entscheidung über die Fehlzündung, die Fehlzündungszahl

des jeweiligen Zylinders $C\#i2$ aufwärtsgezählt, welche dem Zylinder $\#i$ mit der momentanen Verbrennung ($C\#i2 \leftarrow C\#i2 + 1$) entspricht, und anschließend wird der Steuerungsablauf mit dem Schritt S111 fortgesetzt.

[0096] Dann erfolgt in einem Schritt S111 ein Vergleich zwischen der ermittelten Zykluszahl $C\#i1$ des Zylinders $\#i$ bei dem momentanen Verbrennungshub und einer vorgegebenen Tastzykluszahl $C\#i_{SET}$ (beispielsweise 100 Zyklen oder Arbeitsspiele). In einem Fall ($C\#i1 < C\#i_{SET}$), bei dem die ermittelte Zykluszahl $C\#i1$ nicht die Tastzykluszahl $C\#i_{SET}$ erreicht, wird bei dem Steuerungsablauf das Programm verlassen. Im anderen Fall ($C\#i1 \geq C\#i_{SET}$), bei dem die ermittelte Zykluszahl $C\#i1$ die Tastzykluszahl $C\#i_{SET}$ erreicht, wird der Steuerungsablauf mit dem Schritt S112 fortgesetzt, bei dem die ermittelte Zykluszahl $C\#i1$ gelöscht wird ($C\#i1 \leftarrow 0$).

[0097] Anschließend wird in einem Schritt S206 die mittlere Fehlzündungszahl $\overline{C\#i2(-1)}$ des jeweiligen Zylinders unter Zuordnung zu dem Zylinder $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub, wobei diese Zahl bzw. Anzahl unter der vorbestimmten Adresse in dem RAM **34** gespeichert ist und in der letzten Tastperiode ermittelt wurde, ausgelesen. In einem Schritt S207 wird die gemittelte Fehlzündungszahl $\overline{C\#i2}$ jedes Zylinders zum momentanen Zeitpunkt aus dem gewichteten Mittelwert aus dem Wichtungskoeffizienten r , welcher in der nachstehenden Gleichung angegeben ist, auf der Basis der gemittelten Fehlzündungszahl $\overline{C\#i2(-1)}$ jedes Zylinders und der Fehlzündungszahl $C\#i2$ jedes Zylinders unter Zuordnung zu dem Zylinder $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub ermittelt, welcher bei der momentanen Tastzykluszahl $C\#i_{SET}$ gezählt wurde. Diese Gleichung läßt sich wie folgt darstellen:

$$\overline{C\#i2} \leftarrow \{(2^r - 1) \times \overline{C\#i2(-1)} + C\#i2\}/2^r$$

[0098] Anschließend wird in einem Schritt S208 die Fehlzündungszahl $C\#i2$ jedes Zylinders gelöscht ($C\#i2 \leftarrow 0$), und in einem Schritt S209 wird die gemittelte Fehlzündungszahl $\overline{C\#i2(-1)}$ jedes Zylinders unter Zuordnung zu dem Zylinder $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub, welche in der letzten Tastperiode ermittelt und unter der vorbestimmten Adresse des RAM **34** gespeichert wurde, wiederum in die gemittelte Fehlzündungszahl $\overline{C\#i2}$ jedes Zylinders eingeschrieben, welche zum momentanen Zeitpunkt ermittelt wurde ($\overline{C\#i2(-1)} \leftarrow \overline{C\#i2}$).

[0099] Dann erfolgt in einem Schritt S210 ein Vergleich zwischen der gemittelten Fehlzündungszahl $\overline{C\#i2}$ jedes Zylinders zum momentanen Zeitpunkt und einer Fehlzündungsabnormalitätsentscheidungsbezugszahl $C\#i2_{SET}$, welche vorgegeben wurde. In einem Fall, bei dem $\overline{C\#i2} > C\#i2_{SET}$ beibehalten wird, d.h. wenn die gemittelte Fehlzündungszahl $\overline{C\#i2}$ jedes Zylinders die Fehlzündungsabnormalitätsentscheidungsbezugszahl $C\#i2_{SET}$ überschreitet, wird festgestellt, daß der Zylinder $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub eine Fehlzündungsabnormalität hat, und der Steuerungsablauf wird mit einem Schritt S211 fortgesetzt. Hierbei werden die Fehlzündungsabnormalitätsdaten des Zylinders $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub unter der vorbestimmten Adresse des Sicherungs RAM Speichers **35** gespeichert, und der Fahrer wird vor der Fehlzündungsabnormalität dadurch gewarnt, daß eine Warneinrichtung, wie eine Anzeigeleuchte **43** (siehe [Fig. 4](#)) aufleuchtet, und anschließend wird der programmatische Ablauf verlassen.

[0100] Wenn hingegen $\overline{C\#i2} \leq C\#i2_{SET}$ ist, wird entschieden, daß der Zylinder $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub bisher keine Fehlzündungsabnormalität hat, und der programmatische Ablauf wird ohne jegliche weitere Verarbeitung verlassen.

[0101] Nach dieser bevorzugten Ausführungsform wird nach der Unterscheidung des Zylinders $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub der Verbrennungszustandsvergleichswert $\Delta N\#i$ des betreffenden Zylinders $\#i$ unmittelbar gesetzt. Hierdurch werden die anschließenden Ermittlungen vereinfacht.

(Dritte bevorzugte Ausführungsform)

[0102] [Fig. 10](#) ist ein Flußdiagramm zur Verdeutlichung der Schritte zur Unterscheidung einer Fehlzündung für den jeweiligen Zylinder gemäß einer dritten bevorzugten Ausführungsform nach der Erfindung.

[0103] Bei dieser bevorzugten Ausführungsform wird die Anzahl von Malen der Fehlzündung sukzessiv für die einzelnen Zylinder gespeichert. Wenn ferner die Fehlzündungszahl den maximalen Zählerwert erreicht hat, wird die maximale Fehlzündungszahl bzw. Fehlzündungsanzahl festgehalten und gespeichert.

[0104] Zuerst wird in einem Schritt S101 der Zylinder $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub unterschieden bzw. dieser steht zur Entscheidung an. Anschließend wird in einem Schritt S301 entschieden, ob der maximale Fehlzündungszählerzahlmerker $FLAG\#i-1$ des Zylinders $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorausgeht, in seinem Setzstatus ($FLAG\#i-1 = 1$) ist oder in seinem

Rücksetzstatus bzw. Rücksetzzustand ($\text{FLAG}_{\#i-1} = 0$) ist. Im Falle des Setzzustandes ($\text{FLAG}_{\#i-1} = 1$) wird der Steuerungsablauf mit einem Schritt S302 fortgesetzt, in welchem der Fahrer über eine Fehlzündungsabnormalität dadurch gewarnt wird, daß die Warneinrichtung, wie eine Anzeigeleuchte **43** (siehe [Fig. 4](#)) aufleuchtet, und anschließend wird der programmatische Ablauf bzw. des Programm verlassen.

[0105] Wenn hingegen entschieden wird, daß der maximale Fehlzündungszählerzahlmerker $\text{FLAG}_{\#i-1}$ im Rücksetzzustand ($\text{FLAG}_{\#i-1} = 0$) ist, werden die Schritte S103 ~ S109 durchlaufen, welche mit jenen bei der ersten bevorzugten Ausführungsform ([Fig. 1A](#)) übereinstimmen, die zuvor erläutert wurde.

[0106] Wenn die Fehlzündung des Zylinders $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorausgeht, als aufgetreten entschieden wird ($\Delta N_{\#i-1} < \Delta N_{\text{LEVEL}}$), und zwar in einem Schritt S109, wird der Steuerungsablauf mit einem Schritt S303 fortgesetzt. Wenn zusätzlich auf eine normale Verbrennung erkannt wird ($\Delta N_{\#i-1} \geq \Delta N_{\text{LEVEL}}$) wird der Steuerungsablauf mit einem Schritt S306 fortgesetzt, in welchem der maximale Fehlzündungszählerzahlmerker $\text{FLAG}_{\#i-1}$ des Zylinders $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht, zurückgesetzt wird ($\text{FLAG}_{\#i-1} \leftarrow 0$). Anschließend wird der programmatische Ablauf verlassen.

[0107] Wenn andererseits dem Schritt S109 der Schritt S303 folgt, wird eine Anzeigeleuchte o.dgl. für eine sehr kurze Zeitdauer zum Aufleuchten gebracht, um hierdurch den Fahrer vor dem Auftreten der Fehlzündung zu warnen.

[0108] Durch Erfassen der Frequenz, mit der die Anzeigeleuchte o.dgl. aufleuchtet, kann der Fahrer die Fehlzündungssituation der Brennkraftmaschine herausfinden, d.h. jene Arbeitsbedingungen der Brennkraftmaschine, unter welchen leicht Fehlzündungen auftreten.

[0109] Anschließend wird in einem Schritt S110 die Fehlzündungszahl $C_{\#i-1}2$ des Zylinders $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht, aufwärtsgezählt ($C_{\#i-1}2 \leftarrow C_{\#i-1}2 + 1$), und anschließend wird der aufwärtsgezählte Wert $C_{\#i-1}2$ unter der vorbestimmten Adresse des Sicherungs-RAM Speichers **35** gespeichert.

[0110] Beispielsweise in einer Servicestation eines Fahrzeughändlers wird der serielle Monitor **45** an die elektronische Steuereinheit **31** über einen Störungsdiagnosenverbindungsanschluß **44** angeschlossen, um die Daten der Fehlzündungszahl $C_{\#i-1}2$ jedes Zylinders auszulesen, welche in dem Sicherungs-RAM **35** gespeichert ist, und die Fehlzündungssituation wird beispielsweise unter Bezugnahme auf ein Handbuch bewertet.

[0111] Anschließend erfolgt in einem Schritt S304 ein Vergleich zwischen der Fehlzündungszahl $C_{\#i-1}2$ des Zylinders $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorausgeht und der maximalen Zählerzahl FFH, welche vorgegeben wurde (welche nach Maßgabe des Speichervermögens des Mikrocomputers in gewünschter Weise gesetzt werden kann). Wenn $C_{\#i-1}2 = \text{FFH}$ ist, wird der Steuerungsablauf mit einem Schritt S305 fortgesetzt, und wenn $C_{\#i-1}2 < \text{FFH}$ ist, wird der Steuerungsablauf mit dem Schritt S306 fortgesetzt.

[0112] Wenn der Steuerungsablauf mit dem Schritt S305 auf Grund der Entscheidung fortgesetzt wird, daß die Fehlzündungszahl $C_{\#i-1}2$ die maximale Zählerzahl FFH erreicht hat ($C_{\#i-1}2 = \text{FFH}$), wird diese Fehlzündungszahl $C_{\#i-1}2$, welche unter der vorbestimmten Adresse des Sicherungs RAM-Speichers **35** gespeichert ist, mit der maximalen Zählerzahl FFH beibehalten. In einem Schritt S307 wird der maximale Fehlzündungszählerzahlmerker $\text{FLAG}_{\#i-1}$ des Zylinders $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht, gesetzt ($\text{FLAG}_{\#i-1} \leftarrow 1$) und anschließend wird der programmatische Ablauf verlassen.

[0113] Nebenbei bemerkt kann bei dieser bevorzugten Ausführungsform nach der Erfindung, dessen Fehlzündungen zu beurteilen sind, natürlich auch der Zylinder $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub sein, wie dies voranstehend bei der zweiten bevorzugten Ausführungsform erläutert wurde.

(Vierte bevorzugte Ausführungsform)

[0114] Bei dieser bevorzugten Ausführungsform werden die Verbrennungszustände für die zugeordneten Zylinder erlernt, und der Fehlzündungszustand des jeweiligen Zylinders wird aus der Differenz zwischen dem Verbrennungszustandlernwert, welchen man hierbei erhält, und dem Verbrennungszustandsvergleichswert des betreffenden Zylinders entschieden, welcher auf der Basis der Brennkraftmaschinendrehzahl des betreffenden

Zylinders in der Zeitperiode oder dem Abschnitt ermittelt wurde, in welchem keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird.

[0115] Nunmehr wird auf die Flußdiagramme nach den [Fig. 11A](#) und [Fig. 11B](#) Bezug genommen.

[0116] Zuerst werden die Schritte S101 bis S107 auf die gleiche Weise wie bei der ersten bevorzugten Ausführungsform ([Fig. 1A](#)) durchlaufen. In einem Schritt S401 wird der Verbrennungszustandslernwert ΔNI des Zylinders #i-1 mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorausgeht, unter Berücksichtigung der Verbrennungszustandslernwerttabelle NP ΔNI gesetzt, wobei als Parameter die Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i-1}$ des vorstehend genannten Zylinders #i-1 in dem Abschnitt genommen wird, in welchem keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird. Diese Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i-1}$ wurde im Schritt S106 ausgelesen. Als weitere Parameter werden die Brennkraftmaschinenbelastungsdaten (= Grundkraftstoffeinspritzimpulsbreite) T_p , welche auf der Basis der Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i-1}$ ermittelt ist, und eine Ansaugluftmenge Q genommen.

[0117] Wie in [Fig. 12](#) gezeigt ist, ist die Verbrennungszustandslernwerttabelle MP ΔNI eine dreidimensionale Tabelle bzw. ein dreidimensionales Feld, deren Parameter die Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i-1}$ und die Brennkraftmaschinenbelastungsdaten T_p sind, und in welcher der Verbrennungszustandslernwert ΔNI des zugeordneten Zylinders in einem Schritt S403 gesetzt wird, welcher nachstehend noch näher beschrieben wird, und in welchem in dem jeweiligen Maschenbereich ein Wert gespeichert wird. Derartige Tabellen sind entsprechend der Anzahl von Zylindern vorgesehen.

[0118] Anschließend wird in einem Schritt S108 die Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} des Zylinders #i-1 mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorausgeht, unter Berücksichtigung der Fehlzündungsbeurteilungsgrössentabelle MP ΔN_{LEVEL} gesetzt, wobei die Brennkraftmaschinenbelastungsdaten T_p und die Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i-1}$ als Parameter genutzt werden. In einem Schritt S402 erfolgt ein Vergleich der Differenz (erhaltener Vergleichswert) zwischen dem Verbrennungszustandsvergleichswert $\Delta N_{\#i-1}$ und dem Verbrennungszustandslernwert ΔNI mit der Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} .

[0119] Wenn $N_{\#i-1} - \Delta NI < \Delta N_{LEVEL}$ gilt, wird auf eine Fehlzündung erkannt, und der Steuerungsablauf wird mit dem Schritt S110 fortgesetzt. Wenn andererseits $\Delta N_{\#i-1} - \Delta NI \geq \Delta N_{LEVEL}$ gilt, wird auf eine normale Verbrennung erkannt, und der Steuerungsablauf wird mit dem Schritt S403 fortgesetzt.

[0120] In dem Schritt S403 erhält man den Verbrennungszustandslernwert QNI des Zylinders #i-1 bei dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht auf der Basis des Verbrennungszustandslernwertes ΔNI , welcher zuvor erwähnt wurde, und des Verbrennungszustandsvergleichswertes $\Delta N_{\#i-1}$, und zwar nach Maßgabe des gewichteten Mittels gemäß der folgenden Gleichung:

$$\Delta NI \leftarrow \{(2^r - 1) \times \Delta NI + \Delta N_{\#i-1}\} / 2^r$$

r: Wichtung des gewichteten Mittelwerts.

[0121] Ferner werden die Daten, welche in den zugeordneten Adressen der Verbrennungszustandslernwerttabelle MP ΔNI des Zylinders #i-1 mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht, gespeichert sind, wiederum als ein Verbrennungszustandslernwert ΔNI eingeschrieben, den man nunmehr neu erhalten hat, und anschließend wird der Steuerungsablauf mit dem Schritt S111 fortgesetzt. Wie ersichtlich ist wird, der Anfangssetzwert des Verbrennungszustandslernwertes ΔNI des jeweiligen Zylinders, welcher in der Verbrennungszustandslernwerttabelle MP ΔNI gespeichert ist, "0". Die Gründe hierfür sind darin zu sehen, daß der ideale Verbrennungszustandsunterscheidungswert $\Delta N_{\#i-1}$ "0" ist (gleichmäßige Verbrennung in allen Zylindern), und daß unter normaler Verbrennung der Verbrennungszustandslernwert ΔNI , welchen man nach dem gewichteten Mittel erhält, ebenfalls im Ergebnis so betrachtet wird, daß er sich "0" annähert.

[0122] Die Verbrennungszustandslernwerte ΔNI beim normalen Betrieb und unter unterschiedlichen Betriebsbedingungen werden unter Zuordnung zu den jeweiligen Zylindern erlernt, wodurch sich die Verbrennungscharakteristika der einzelnen Zylinder herausfinden läßt. Ferner kann bei der Fehlzündungsbeurteilung, welche im Schritt S402 durchgeführt wird, der Verbrennungszustandsunterscheidungswert $\Delta N_{\#i-1}$ relativ mit der Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} verglichen werden, nachdem die Schwankungsfaktoren der Charakteristika des betreffenden Zylinders des vorangehenden Verbrennungshubes abgeglichen bzw. geeicht

wurden, welche in den Unterscheidungswert $\Delta N_{\#i-1}$ ($\Delta N_{\#i-1} - \Delta N_i$) eingehen.

[0123] Hierdurch wird die Genauigkeit hinsichtlich der Unterscheidungsbestimmung verbessert. Selbst wenn beispielsweise in einem hohen Drehzahlbereich vergleichsweise kleine Differenzen bei den Drehzahlsschwankungen vorhanden sind oder eine Mehrzylinder-Brennkraftmaschine sechs oder mehr Zylinder umfaßt, lassen sich individuelle Fehlzündungszustände genau beurteilen, ohne daß eine Beeinflussung durch die Abweichung der Charakteristika von einzelnen Brennkraftmaschinen gegeben ist.

[0124] Wenn andererseits im Schritt S402 auf eine Fehlzündung erkannt wurde und sich hieran der Schritt S110 anschließt, wird die Fehlzündungszahl $C_{\#i-1}^2$ jedes Zylinders unter Zuordnung zu dem Zylinder $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht, aufwärtsgezählt ($C_{\#i-1}^2 \leftarrow C_{\#i-1}^2 + 1$). Anschließend wird der Steuerungsablauf mit dem Schritt S111 fortgesetzt.

[0125] Nachdem dasselbe Programm wie bei der ersten bevorzugten Ausführungsform ([Fig. 1B](#)) mit den Schritten S111 ~ S118 durchlaufen wurde, wird bei dem Steuerungsablauf das Programm verlassen.

[0126] Nebenbei bemerkt kann der Zylinder bei dieser bevorzugten Ausführungsform, dessen Fehlzündungen zu beurteilen sind auch der Zylinder $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub sein, wie dies im Zusammenhang mit der zweiten bevorzugten Ausführungsform erläutert worden ist.

(Fünfte bevorzugte Ausführungsform)

[0127] Die [Fig. 13A](#) und [Fig. 13B](#) sind Flußdiagramme zur Verdeutlichung der Schritte zur Unterscheidung der Fehlzündung für den jeweiligen Zylinder gemäß einer fünften bevorzugten Ausführungsform nach der Erfindung.

[0128] Diese bevorzugte Ausführungsform umfaßt eine Kombination der dritten und vierten bevorzugten Ausführungsformen. Die Verbrennungszustände für die jeweiligen Zylinder werden erlernt, der Fehlzündungszustand wird aus der Differenz zwischen dem Verbrennungszustandslernwert, welchen man auf diese Weise erhalten hat, und dem Verbrennungszustandsunterscheidungswert erkannt bzw. entschieden, welcher auf der Basis der Brennkraftmaschinendrehzahl des betreffenden Zylinders in dem Abschnitt ermittelt ist, in welchem im wesentlichen keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird. Die Anzahl der Malen von aufgefundenen Fehlzündungen wird sukzessiv für die jeweiligen Zylinder gespeichert. Wenn zusätzlich die Fehlzündungszahl die maximale Zählerzahl erreicht hat, wird die maximale Fehlzündungszahl festgehalten und gespeichert.

[0129] In den Flußdiagrammen nach den [Fig. 13A](#) und [Fig. 13B](#) werden die Schritte zum Setzen des Verbrennungszustandslernwertes (S401) zum Entscheiden auf Fehlzündung (S402) und zum Überschreiten des Verbrennungszustandslernwertes (S403), welche in den Flußdiagrammen der vierten bevorzugten Ausführungsform ([Fig. 11A](#) und [Fig. 11B](#)) angegeben sind, in das bei der dritten bevorzugten Ausführungsform ([Fig. 10](#)) gezeigte Flußdiagramm eingebaut, wodurch sich Fehlzündungen für die einzelnen Zylinder erkennen und unterscheiden lassen. Die Flußdiagramme dieser bevorzugten Ausführungsformen brauchen daher nicht mehr näher erläutert zu werden.

[0130] Natürlich ist die Erfindung nicht auf die Einzelheiten der voranstehend beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen beschränkt, sondern der Verbrennungszustandsvergleichswert kann beispielsweise unter Verwendung einer Winkelbeschleunigung, einer Periode, einer Winkelgeschwindigkeit usw. mit der Verbrennungsarbeit jedes Zylinders als Bewegungsenergie eines zugeordneten Arbeitsabschnittes ermittelt werden.

[0131] Wie zuvor angegeben ist, werden bei den ersten bis fünften bevorzugten Ausführungsformen nach der Erfindung ausgezeichnete Effekte einschließlich des Effekts erzielt, daß ein Fehlzündungszustand präzise festgestellt werden kann, ohne daß die Verbrennungszustandseinflußgrößen anderer Zylinder eingehen und ohne daß eine Beeinflussung nicht nur durch Abweichungen der Verbrennung unter den Zylindern, sondern auch durch Herstellungstoleranzen bei den einzelnen Brennkraftmaschinen gegeben ist.

[0132] Nunmehr werden die sechsten bis achten bevorzugten Ausführungsformen nach der Erfindung näher erläutert. Jede dieser bevorzugten Ausführungsform ist ein Verfahren, bei welchem das Brennkraftmaschinensteuersystem nach [Fig. 4](#) zum Einsatz kommt, welches vorstehend angegeben wurde, und dieses Verfahren unterscheidet sich von den ersten bis fünften bevorzugten Ausführungsformen hinsichtlich den Fehlzündungsunterscheidungsschritten der elektronischen Steuereinheit **31**. Daher werden nur die Unterschiede ohne Wiederholen der Erläuterungen näher beschrieben.

[0133] Bei dem Fehlzündungsunterscheidungsverfahren dieser bevorzugten Ausführungsform erhält man zuerst einen Verbrennungszustandsunterscheidungswert $\Delta N_{\#i-1}$ ($\Delta N_{\#i-1} \leftarrow N_{\#i-1} - (N_{\#i} + N_{\#i-2})/2$) aus der Differenz zwischen dem Mittelwert $(N_{\#i-2} + N_{\#i})/2$ der Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i}$ des Zylinders $\#i$ mit der momentanen Verbrennung und der Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i-2}$ des Zylinders $\#i-2$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub zweimal vorausgeht, und der Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i-1}$ des Zylinders $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorausgeht. Der Unterscheidungswert $\Delta N_{\#i-1}$ wird mit der Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} verglichen, welche nach Maßgabe des Betriebszustandes des betreffenden Zylinders $\#i-1$ vorgegeben wird. Wenn der Verbrennungszustandsunterscheidungswerte $\Delta N_{\#i-1}$ kleiner als die Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} ist, wird auf eine Fehlzündung erkannt.

[0134] Bei tatsächlichen Ausführungsformen von Brennkraftmaschinen sind die Reibungsverhältnisse bei den zugeordneten Zylindern in Abhängigkeit von Abweichungen hinsichtlich der Endbearbeitung, unter Berücksichtigung von Herstellungstoleranzen usw. der Bohrungen der Zylinder, der Durchmesser der Kolben, usw. unterschiedlich. Bei der Fehlzündungsunterscheidung weicht der Unterscheidungswert $\Delta N_{\#i-1}$ während der normalen Verbrennung von Brennkraftmaschine zu Brennkraftmaschine unter dem Einfluß der Reibungsverhältnisse der zugeordneten Zylinder ab.

[0135] Um bei dieser bevorzugten Ausführungsform die Schwankungseinflußgrößen der zugeordneten Zylinder in Abhängigkeit von den Reibungsverhältnissen zu eliminieren, wird die Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} als ein variabler Wert gesetzt, welcher mit dem Unterscheidungswert $\Delta N_{\#i-1}$ bei der Kraftstoffabschaltung erlernt und geändert wird. Hierbei wird der Vergleichswert für die Unterscheidung der Fehlzündung auf der Basis des Mittelwertes der Brennkraftmaschinendrehzahlwerte der Zylinder gesetzt, welche in der Zündreihenfolge benachbart sind. Ferner wird die Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} mit dem Unterscheidungswert $\Delta N_{\#i-1}$ bei der Kraftstoffabschaltung erlernt und aktualisiert, wodurch Fehlzündungsbeurteilungsgrößen ΔN_{LEVEL} vorgegeben werden können, welche frei von Reibungseinflußgrößen bei den einzelnen Zylindern sind. Hierdurch kann man den Fehlzündungszustand genau erfassen, und zwar nicht nur bei der Fahrt des Fahrzeugs mit einer konstanten Geschwindigkeit, sondern auch im Bereich der Beschleunigung desselben.

[0136] Nunmehr werden die konkreten Schritte für die Unterscheidung der Fehlzündung für jeden Zylinder, welche in der elektronischen Steuereinheit **31** ausgeführt werden, näher unter Bezugnahme auf die Flußdiagramme nach den [Fig. 14](#) bis [Fig. 16](#) beschrieben. Die Schritte der Flußdiagramme für die jeweiligen Zylinder werden synchron mit der Drehzahl ausgeführt.

[0137] Zuerst wird in einem Schritt (dieser wird nachstehend abgekürzt mit "S") S101 eine Zylinderunterscheidung $\#i$ ($i = 1, 3, 2, 4$) bei einem Verbrennungshub auf der Basis des Kurbelimpulses und des Nockenimpulses oder der Nockenimpulse vorgenommen, welche jeweils von dem Kurbelwinkelsensor **16** und dem Nockenwinkelsensor **18** bereitgestellt werden. Anschließend werden in einem Schritt S102 die Kurbelimpulse zur Erfassung der Winkel BTDC θ_2 und θ_3 , bereitgestellt von dem Kurbelwinkelsensor **16** auf der Basis der Unterbrechung der Nockenimpulse unterschieden, und in einem Schritt S103 wird eine Periode $f_{2,3}$ aus dem zwischen den Kurbelimpulsen für die Erfassung der Winkel BTDC θ_2 und θ_3 und der Winkeldifferenz ($\theta_2 - \theta_3$) zwischen den Winkeln θ_2 und θ_3 verstrichenen Zeitintervalls ermittelt ($f_{2,3} \leftarrow dt_{2,3}/d(\theta_2 - \theta_3)$). Anschließend wird in einem Schritt S104 der Brennkraftmaschinendrehzahlwert $N_{\#i}$ des Zylinders $\#i$ beim momentanen Verbrennungshub in dem Bereich, in welchem im wesentlichen keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird, aus der vorstehend angegebenen Periode $f_{2,3}$ ermittelt ($N_{\#i} \leftarrow 60/(f_{2,3})$).

[0138] Dann wird in einem Schritt S105 entschieden, ob ein Brennstoffabschaltungsmerker FLAG_{FC} , welcher gemäß einem Kraftstoffabschaltungsunterscheidungsflußdiagramm gesetzt wird, welches nachstehend noch näher beschrieben wird, in einem Setzzustand ($\text{FLAG}_{\text{FC}} = 1$) ist. Wenn $\text{FLAG}_{\text{FC}} = 1$ (Kraftstoffabschaltung) ist, wird der Steuerungsablauf mit einem Schritt S106 fortgesetzt, während wenn $\text{FLAG}_{\text{FC}} = 0$ (Kraftstoffeinspritzung) ist, der Steuerungsablauf mit einem Schritt S107 fortgesetzt wird.

[0139] Im Schritt S106 wird entschieden, ob ein Kraftstoffabschaltungs/Abschaltungsaufhebungs-Merker FLAG_1 , welcher in einem Schritt S115 oder einem Schritt S133 gesetzt wird, im Setzzustand ($\text{FLAG}_1 = 1$) ist. Wenn $\text{FLAG}_1 = 0$ (letzter Programmdurchlauf für die Kraftstoffeinspritzung) ist, wird der Steuerungsablauf mit einem Schritt S108 fortgesetzt, während dann, wenn $\text{FLAG}_1 = 1$ ist (letzter Programmdurchlauf zur Kraftstoffabschaltung) sich ergibt, der Steuerungsablauf mit einem Schritt S109 fortgesetzt wird.

[0140] Während der Verarbeitung bis zu dem Schritt S108, welcher den ersten Programmdurchlauf nach der Kraftstoffabschaltung angibt, wird ein Verzögerungszähler COUNT auf einen Setzwert $COUNT_{SET}$ (bei dieser bevorzugten Ausführungsform gilt $COUNT_{SET} = 2$) gesetzt ($COUNT \leftarrow COUNT_{SET}$). Anschließend wird der Steuerungsablauf mit dem Schritt S115 fortgesetzt. Unmittelbar nach der Kraftstoffabschaltung erhält man die Brennkraftmaschinendrehzahlwerte $N_{\#i-1}$ und $N_{\#i-2}$ des Zylinders $\#i-1$ mit Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht und des Zylinders $\#i-2$ mit Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub zweimal vorangeht, als einzelne Daten mit Kraftstoffeinspritzung. Wenn daher diese Werte mit einem nachstehend noch näher zu beschreibenden Schritt S111 ausgelesen werden, können die Reibungsverhältnisse der einzelnen Zylinder nicht erfaßt werden. Daher wird der Verzögerungszähler in einem Schritt S108 gesetzt, um zu erreichen, daß die Brennkraftmaschinendrehzahlwerte $N_{\#i-1}$ und $N_{\#i-2}$ der Zylinder $\#i$ mit den Verbrennungshüben unter Zuordnung zu wenigstens zwei Programmdurchläufen nach der Brennstoffabschaltung in dem Schritt S111 ausgelesen werden können.

[0141] Wenn andererseits der Steuerungsablauf mit dem Schritt S109 fortgesetzt wird im Anschluß an die Entscheidung des letzten Programmdurchlaufs mit Kraftstoffabschaltung ($FLAG1 = 1$) im Schritt S106, wird geprüft, ob der Verzögerungszähler COUNT "0" ist. Wenn $COUNT \neq 0$, wird der Verzögerungszähler in einem Schritt S110 weitergeschaltet ($COUNT \leftarrow COUNT - 1$), und anschließend wird der Steuerungsablauf mit dem Schritt S115 fortgesetzt. Wenn ferner im Schritt S109 entschieden wird, daß $COUNT = 0$ ist, wird der Steuerungsablauf mit dem Schritt S111 fortgesetzt, in welchem die Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} erlernt wird.

[0142] Zuerst liest im Schritt S111 die ECU **31** die Brennkraftmaschinendrehzahlwerte, welche im letzten und vorletzten Programmdurchlauf vorgegeben und unter vorbestimmten Adressen des RAM **34** gespeichert sind, d.h. die Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i-1}$ des Zylinders $\#i-1$ mit Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal in dem Zeitraum oder dem Abschnitt vorausgeht, in dem im wesentlichen keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird, und die Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i-2}$ des Zylinders $\#i-2$ mit Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub zweimal in dem Abschnitt vorausgeht, in welchem im wesentlichen keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird. Wenn man annimmt, daß entsprechend [Fig. 8](#) die Zylinder in der Reihenfolge $\#1 \rightarrow \#3 \rightarrow \#2 \rightarrow \#4$ gezündet werden, und daß der Zylinder $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub $\#3$ ist, so ist der Zylinder $\#i-1$ mit einem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht, der Zylinder $\#1$, und der Zylinder $\#i-2$ mit einem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub zweimal vorangeht, der Zylinder $\#4$.

[0143] Folglich wird in einem Schritt S112 der Verbrennungszustandsunterscheidungswert $N_{\#i-1}$ des Zylinders $\#i-1$ mit einem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorausgeht, aus der Differenz zwischen dem Mittelwert $(N_{\#i} + N_{\#i-2})/2$ der Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i}$ des Zylinders $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub in der Zeitperiode oder dem Abschnitt, in welchem im wesentlichen keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird, und der Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i-2}$ des Zylinders $\#i-2$ mit Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub zweimal in dem Abschnitt vorausgeht, in welchem im wesentlichen keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird, und der Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i-1}$ des Zylinders $\#i-1$ mit Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorausgeht, in welchem im wesentlichen keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird, auf die folgende Weise ermittelt:

$$\Delta N_{\#i-1} + N_{\#i-1} - \{(N_{\#i} + N_{\#i-2})/2\}$$

[0144] Anschließend wird in einem Schritt S113 die Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} unter Berücksichtigung der Fehlzündungsbeurteilungsgrößentabelle MP ΔN_{LEVEL} des betreffenden Zylinders $\#i-1$, welcher in dem Sicherungs RAM **35** gespeichert ist, unter Verwendung der Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i-1}$ des Zylinders $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht, als Parameter gesetzt.

[0145] Wie in [Fig. 18](#) gezeigt ist, ist die Fehlzündungsbeurteilungsgrößentabelle MP ΔN_{LEVEL} eine zweidimensionale Tabelle, deren Parameter von der Brennkraftmaschinendrehzahl gebildet wird, und bei welcher in jedem Maschenbereich die Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} gespeichert ist. Derartige Tabellen werden für die jeweiligen Zylinder bereitgestellt. In Wirklichkeit erhält man ΔN_{SET} beispielsweise durch einen im vorhinein durchgeführten Versuch und dieser wird als Anfangswert für die jeweilige Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} gesetzt.

[0146] Anschließend wird in einem Schritt S114 eine neue Fehlzündungsbeurteilungsgröße aus dem gewichteten Mittelwert aus dem Wichtungskoeffizienten r , welche durch die folgende Formel angegeben sind, auf der

Basis des Verbrennungszustandsunterscheidungswertes $\Delta N_{\#i-1}$ und der vorstehend angegebenen Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} ermittelt, und die an den zugeordneten Adressen der Fehlzündungsbeurteilungsgrößentabelle MP ΔN_{LEVEL} des Zylinders $\#i-1$ mit Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorausgeht, gespeichert sind, werden überschrieben und anschließend wird der Steuerungsablauf mit dem Schritt S115 fortgesetzt. Die vorstehend angegebene Gleichung lautet wie folgt:

$$\Delta N_{\text{LEVEL}} + \{(2^r - 1) \times \Delta N_{\text{LEVEL}} + (\Delta N_{\#i-1} + k)\}/2^r$$

k: Korrekturgröße als zulässiger Bereich ermittelt beispielsweise auf Grund von zuvor ausgeführten Versuchen.

[0147] Nebenbei bemerkt sind die Reibungsverhältnisse bei der Brennkraftmaschine unter den einzelnen Zylindern verschieden, so daß die Fehlzündungsbeurteilungsgrößen unter unterschiedlichen Betriebsbedingungen für die jeweiligen Zylinder nicht erlernt zu werden brauchen.

[0148] Wenn der Steuerungsablauf ausgehend von dem Schritt S108, S110 oder S114 mit dem Schritt S115 fortgesetzt wird, wird der Kraftstoffabschaltungs/Kraftstoffabschaltungsaufhebungs-Merker FLAG1 gesetzt (FLAG1 \leftarrow 1), und der programmatische Ablauf wird verlassen.

[0149] Die Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} im Schritt S114 kann beispielsweise auf die folgende Weise umgeschrieben werden:

$$\Delta N_{\text{LEVEL}} + \{(2^r - 1) \times \Delta N_{\text{LEVEL}} + (\Delta N_{\#i-1} \times l)\}/2^r$$

l: Korrekturrate (beispielsweise l = 1,1)

als eine zulässige Größe, welche beispielsweise zuvor experimentell ermittelt und vorgegeben wurde.

[0150] Wenn andererseits der gewichtete Mittelwert nicht eingesetzt wird, kann man folgendes erhalten:

$$\Delta N_{\text{LEVEL}} \leftarrow \Delta N_{\#i-1} + k$$

oder

$$\Delta N_{\text{LEVEL}} \leftarrow \Delta N_{\#i-1} \times l$$

[0151] Wenn andererseits der Steuerungsablauf auf die Entscheidung im Schritt S105 mit dem Schritt S107 fortgesetzt wird, wobei der Kraftstoffabschaltungsmerker FLAG_{FC} sich im Rücksetzzustand befindet (FLAG_{FC} = 0, Kraftstoffeinspritzung), wird geprüft, ob der Kraftstoffabschalt/Kraftstoffabschaltungsaufhebungsmerker FLAG1 sich im Setzzustand befindet (FLAG1 = 1). Wenn FLAG1 = 1 ist (letzter Programmdurchlauf bei Kraftstoffabschaltung), wird der Steuerungsablauf mit einem Schritt S116 fortgesetzt, und wenn FLAG1 = 0 ist (letzter Programmdurchlauf mit Kraftstoffeinspritzung) wird der Steuerungsablauf mit einem Schritt S117 fortgesetzt.

[0152] Durch die vorangehend in dem Schritt S116 vorgenommenen Verarbeitungen wird angegeben, daß der erste Programmdurchlauf nach der Wiederaufnahme der Kraftstoffzufuhr vorhanden ist, und der Verzögerungszähler COUNT wird auf den Setzwert COUNT_{SET} (bei der bevorzugten Ausführungsform COUNT_{SET} = 2) gesetzt (COUNT \leftarrow COUNT_{SET}). Im Anschluß daran wird der Steuerungsablauf mit dem Schritt S133 fortgesetzt. Unmittelbar nach der Wiederaufnahme der Kraftstoffeinspritzung sind die Brennkraftmaschinendrehzahlwerte N $\#i-1$ und N $\#i-2$ der Zylinder $\#i-1$ mit Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht, und des Zylinders $\#i-2$ mit Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub zweimal vorangeht, Einzeldaten mit Kraftstoffabschaltung. Wenn daher Werte bei dem Schritt S120, welcher nachstehend noch näher beschrieben wird, unter Verwendung der Fehlzündungsbeurteilungsgröße ausgelesen werden, tritt eine Fehlbeurteilung auf. Daher wird der Verzögerungszähler in einem Schritt S116 gesetzt, um zu erreichen, daß die Brennkraftmaschinendrehzahlwerte N $\#i-1$ und N $\#i-2$ der Zylinder $\#i$ mit Verbrennungshüben, welche wenigstens in den letzten beiden Programmdurchläufen nach der Wiederaufnahme der Kraftstoffeinspritzung durchlaufen werden, im Schritt S120 ausgelesen werden können.

[0153] Wenn andererseits der Steuerungsablauf mit dem Schritt S117 im Anschluß an die Entscheidung der letzten programmgemäßen Kraftstoffeinspritzung (FLAG1 = 0) im Schritt S107 fortgesetzt wird, wird geprüft, ob der Verzögerungszähler COUNT "0" ist. Wenn COUNT \neq 0 ist, wird der Verzögerungszähler in einem Schritt S118 weitergeschaltet (COUNT \leftarrow COUNT - 1), und der programmatische Ablauf wird mit dem Schritt S133

fortgesetzt. Wenn ferner im Schritt S117 COUNT = 0 entschieden wird, wird der Steuerungsablauf mit einem Schritt S119 fortgesetzt, in welchem die Fehlzündung des Zylinders #i-1 mit einem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub vorangeht, beurteilt wird.

[0154] Zuerst wird in einem Schritt S119 die ermittelte Zykluszahl C#i1 des Zylinders #i mit dem momentanen Verbrennungshub aufwärtsgezählt ($C\#i1 \leftarrow C\#i1 + 1$).

[0155] Dann liest in einem Schritt S120 die ECU 31 die Brennkraftmaschinendrehzahlwerte, welche in den letzten und vorletzten Programmdurchläufen gesetzt wurden und die in vorbestimmten Adressen des RAM 34 abgelegt sind, d.h. die Brennkraftmaschinendrehzahl N#i-1 des Zylinders #i-1 mit einem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal in dem Zeitraum oder dem Abschnitt vorausgeht, in welchem keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird, und die Brennkraftmaschinendrehzahl N#i-2 des Zylinders #i-2 mit Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub zweimal in dem Bereich vorangeht, in welchem im wesentlichen keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird. In einem Schritt S121 erhält man den Verbrennungszustandsunterscheidungswert $\Delta N\#i-1$ des Zylinders #i-1 mit einem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorausgeht aus der Differenz zwischen dem Mittelwert $(N\#i + N\#i-2)/2$ der Brennkraftmaschinendrehzahl N#i des Zylinders #i mit dem momentanen Verbrennungshub in der Zeitperiode oder dem Abschnitt, in welchem im wesentlichen keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird und der Brennkraftmaschinendrehzahl N#i-2 des Zylinders #i-2 mit Verbrennungshub, welcher dem vorangehenden Verbrennungshub zweimal in dem Abschnitt vorausgeht, in welchem keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird, und der Brennkraftmaschinendrehzahl N#i-1 des Zylinders #i-1 mit einem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal in dem Abschnitt vorausgeht, in welchem im wesentlichen keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird, und zwar auf die folgende Weise:

$$\Delta N\#i-1 \leftarrow N\#i-1 - (N\#i + N\#i-2)/2$$

[0156] Anschließend wird in einem Schritt S122 die Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} unter Berücksichtigung der Fehlzündungsbeurteilungsgrößentabelle MP ΔN_{LEVEL} unter Verwendung der Brennkraftmaschinendrehzahl N#i-1 gesetzt, welche im letzten Programmdurchlauf ermittelt wurde.

[0157] Wie in [Fig. 3](#) gezeigt ist, hat der Verbrennungszustandsunterscheidungswert $\Delta N\#i-1$ eine vergleichsweise starke Schwankung während einer Beschleunigung, und die Schwankungsbreite derselben unterscheidet sich in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine. Da jedoch die Reibungsverhältnisse durch die Brennkraftmaschine aus den Fehlzündungsbeurteilungseinflußgrößen eliminiert sind, ist eine genaue Unterscheidung bzw. Beurteilung selbst in einem Bereich möglich, in dem die Fehlzündungsbeurteilung kritisch ist.

[0158] In einem Schritt S123 wird der Verbrennungszustandsunterscheidungswert $\Delta N\#i-1$ des Zylinders #i-1 mit einem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorausgeht, mit der Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} verglichen. Wenn sich hierbei ergibt, daß der Verbrennungszustandsunterscheidungswert $\Delta N\#i-1$ kleiner als die Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} ist ($\Delta N\#i-1 < \Delta N_{LEVEL}$) (siehe [Fig. 3](#)) wird auf eine Fehlzündung erkannt, und der Steuerungsablauf wird mit einem Schritt S124 fortgesetzt. Wenn andererseits $\Delta N\#i-1 = \Delta N_{LEVEL}$ beibehalten wird, wird dies als eine normale Verbrennung erkannt, und der Steuerungsablauf wird mit einem Schritt S125 fortgesetzt.

[0159] Im Schritt S124 erfolgt, basierend auf der Entscheidung einer Fehlzündung, eine Aufwärtszählung der Fehlzündungszahl jedes Zylinders, C(#i-1)2, welche dem Zylinder #i-1 in einem Verbrennungshub zugeordnet ist, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht ($C(\#i-1)2 \leftarrow C(\#i-1)2 + 1$), und der Steuerungsablauf wird mit dem Schritt S125 fortgesetzt.

[0160] Dann erfolgt in dem Schritt S125 ein Vergleich zwischen der ermittelten Zykluszahl C#i1 des Zylinders #i mit dem momentanen Verbrennungshub und einer vorgegebenen Testzykluszahl C#i_{SET} (beispielsweise 100 Zyklen bzw. Arbeitsspiele). Wenn ($C\#i1 < C\#i_{SET}$) ist, wobei die ermittelte Zykluszahl C#i1 nicht die Testzykluszahl C#i_{SET} erreicht, wird mit dem Steuerungsablauf zu dem Schritt S133 gesprungen. Wenn andererseits ($C\#i1 \geq C\#i_{SET}$) ist, wobei die ermittelte Zykluszahl C#i1 die Testzykluszahl C#i_{SET} erreicht, wird der Steuerungsablauf mit einem Schritt S126 fortgesetzt, in welchem die ermittelte Zykluszahl C#i1 gelöscht wird ($C\#i1 \leftarrow 0$).

[0161] Anschließend wird in einem Schritt S127 die gemittelte Fehlzündungszahl $\overline{C(\#i-1)2(-1)}$ jedes Zylinders unter Zuordnung zu dem Zylinder #i-1 mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht, ausgelesen, wobei diese Zahl unter der vorbestimmten Adresse des RAM 34 gespeichert

chert und in der letzten Abtastperiode ermittelt wurde. In einem Schritt S128 wird die gemittelte Fehlzündungszahl $\overline{C(\#i-1)2}$ jedes Zylinders zum momentanen Zeitpunkt aus dem gewichteten Mittelwert aus dem Gewichtungskoeffizienten r , welche in der nachstehenden Gleichung angegeben sind, auf der Basis der gemittelten Fehlzündungszahl $\overline{C(\#i-1)2(-1)}$ jedes Zylinders und der Fehlzündungszahl $C(\#i-1)2$ des jeweiligen Zylinders unter Zuordnung zu dem Zylinder $\#i-1$ mit einem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub vorausgeht, und welcher bei der momentanen Tastzykluszahl $C\#i_{SET}$ gezählt wurde, auf folgende Weise ermittelt:

$$\overline{C(\#i-1)2} \leftarrow \{(2^f - 1) \times \overline{C(\#i-1)2(-1)} + C(\#i-1)2\} / 2^f$$

[0162] Da die gemittelte Fehlzündungszahl $\overline{C(\#i-1)2}$ des jeweiligen Zylinders nach Maßgabe des gewichteten Mittelwertes ermittelt wird, ist es möglich, den Fehlzündungsbeurteilungsfehler des Zylinders $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorausgeht, und einer temporär aufgetretenen Fehlzündungsfehlbeurteilung korrigieren, welche einer abrupten Verbrennungsschwankung zuzuschreiben ist.

[0163] Anschließend wird in einem Schritt S129 die Fehlzündungszahl $C(\#i-1)2$ jedes Zylinders gelöscht ($C(\#i-1)2 \leftarrow 0$). In einem Schritt S130 wird die gemittelte Fehlzündungszahl $\overline{C(\#i-1)2(-1)}$ jedes Zylinders in der letzten Tastperiode ermittelt und unter einer vorbestimmten Adresse des RAM **34** gespeichert, und diese wird in die gemittelte Fehlzündungszahl $\overline{C(\#i-1)2}$ jedes Zylinders eingeschrieben, welche zum momentanen Zeitpunkt ermittelt ist ($\overline{C(\#i-1)2(-1)} \leftarrow \overline{C(\#i-1)2}$).

[0164] Dann erfolgt in einem Schritt S131 ein Vergleich zwischen der gemittelten Fehlzündungszahl $\overline{C(\#i-1)2}$ jedes Zylinders zum momentanen Zeitpunkt und einer Fehlzündungsabnormalitätsentscheidungsbezugszahl $C(\#i-1)2_{SET}$, welche vorgegeben wurde. Wenn $\overline{C(\#i-1)2} > C(\#i-1)2_{SET}$ beibehalten wird, d.h. wenn die gemittelte Fehlzündungszahl $\overline{C(\#i-1)2}$ jedes Zylinders die Fehlzündungsabnormalitätsentscheidungsbezugszahl $C(\#i-1)2_{SET}$ überschreitet, wird entschieden, daß der Zylinder $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht, mit einer Fehlzündungsabnormalität behaftet ist, und der Steuerungsablauf wird mit einem Schritt S132 fortgesetzt. Hier werden die Fehlzündungsabnormalitätsdaten des Zylinders $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorausgeht, zu der vorbestimmten Adresse in dem Sicherungs RAM **35** gespeichert, und der Fahrer wird vor einer Fehlzündungsabnormalität durch Aktivieren einer Alarmeinrichtung, wie einer Anzeigeleuchte **43** gewarnt. Anschließend wird der Steuerungsablauf mit dem Schritt S133 fortgesetzt.

[0165] Wenn hingegen $\overline{C(\#i-1)2} \leq C(\#i-1)2_{SET}$ sich ergibt, wird bestimmt, daß der Zylinder $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorausgeht, nicht mit einer Fehlzündungsabnormalität bisher behaftet ist, und der Steuerungsablauf wird mit dem Schritt S133 ohne weitere Verarbeitung fortgesetzt.

[0166] Die Fehlzündungsabnormalitätsdaten des Zylinders $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorausgeht und welche in dem Sicherungs RAM-(Speichereinrichtung) **35** gespeichert sind, können durch Anschließen des seriellen Monitors **45** an die elektronische Steuereinheit **31** beispielsweise in einer Servicestation eines Fahrzeughändlers gelesen werden, um hierdurch die mit einer Fehlzündung behafteten Zylinder beurteilen und bewerten zu können. Auch können die Fehlzündungsabnormalitätsdaten, welche in dem Sicherungs-RAM **35** gespeichert sind, mit Hilfe des seriellen Monitors **45** nach einer vorbestimmten Reparatur gelöscht werden.

[0167] Wenn der Steuerungsablauf von dem Schritt S116, S118, S125, S131 oder S132 mit dem Schritt S133 fortgesetzt wird, wird der Kraftstoffabschalt/Abschaltaufhebungs-Merker FLAG1 zurückgesetzt ($FLAG1 \leftarrow 0$). Anschließend wird der programmatische Ablauf verlassen.

[0168] Nunmehr werden an einem Beispiel die Schritte zur Unterscheidung der Kraftstoffabschaltung in Verbindung mit dem Flußdiagramm nach [Fig. 17](#) beschrieben.

[0169] Zuerst erfolgt in einem Schritt S201 ein Vergleich zwischen der Geschwindigkeit S des Fahrzeugs und einer als kritisch erachteten Geschwindigkeit SO für den Kraftstoffabschaltzustand (beispielsweise $SO = 15$ km/h). Wenn $SO \leq S$ ist, wird der Steuerungsablauf mit einem Schritt S202 fortgesetzt, und wenn SO größer S ist, wird der Steuerungsablauf mit einem Schritt S205 fortgesetzt.

[0170] Bei dem Schritt S202 wird der Brennkraftmaschinendrehzahlwert N mit einem kritischen Brennkraft-

maschinendrehzahlwert N_0 für die Kraftstoffabschaltbedingung (beispielsweise $N_0 = 1500$ 1/min) verglichen. Wenn $N_0 \leq N$ ist, wird der Steuerungsablauf mit einem Schritt S203 fortgesetzt, und wenn sich $N_0 > N$ ergibt, wird der Steuerungsablauf mit dem Schritt S205 fortgesetzt. Im Schritt S203 wird geprüft, ob der Leerlaufschalter **9b** (Fig. 4) eingeschaltet ist. Wenn der Leerlaufschalter **9b** eingeschaltet ist (das Drosselventil **5a** ist vollständig geschlossen) wird der Steuerungsablauf mit einem Schritt S204 fortgesetzt, und wenn er ausgeschaltet ist (das Drosselventil ist offen) wird der Steuerungsablauf mit dem Schritt S205 fortgesetzt.

[0171] Im Schritt S204 wird, basierend auf der Entscheidung, ob der Kraftstoffabschaltzustand beibehalten wird ($S_0 \leq S$, $N_0 \leq N$ und EIN-Zustand des Leerlaufschalters) der Kraftstoffabschaltungsmerker $FLAG_{FC}$ gesetzt ($FLAG_{FC} \leftarrow 1$), und der programmatische Ablauf wird verlassen.

[0172] Wenn sich andererseits im Schritt S205 bei der Entscheidung ergibt, daß der Kraftstoffabschaltungsmerker $FLAG_{FC}$ zurückgesetzt ($FLAG_{FC} \leftarrow 0$) und der programmatische Ablauf wird verlassen.

(Siebte bevorzugte Ausführungsform)

[0173] Die Fig. 19 und Fig. 20 zeigen Flußdiagramme zur Verdeutlichung der Schritte zur Unterscheidung der Fehlzündung für den jeweiligen Zylinder gemäß einer siebten bevorzugten Ausführungsform nach der Erfindung.

[0174] Bei dieser bevorzugten Ausführungsform werden die Anzahl von Malen der Fehlzündungen sukzessiv mit den einzelnen Zylindern gespeichert. Wenn die Fehlzündungszahl den maximalen Zählerwert erreicht hat, wird die maximale Fehlzündungszahl festgehalten und gespeichert.

[0175] Zuerst wird in einem Schritt S101 der Zylinder #i mit dem momentanen Verbrennungshub unterschieden bzw. beurteilt. Anschließend wird in einem Schritt S301 entschieden, ob der maximale Fehlzündungszahlmerker $FLAG_{\#i-1}$ des Zylinders #i-1 mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht, sich im Setzzustand ($FLAG_{\#i-1} = 1$) befindet oder sich in seinem Rücksetzzustand ($FLAG_{\#i-1} = 0$) befindet. Wenn er sich im Setzzustand ($FLAG_{\#i-1} = 1$) befindet, wird der Steuerungsablauf mit einem Schritt S302 fortgesetzt, in welchem der Fahrer vor der Fehlzündungsabnormalität durch Aktivieren der Warneinrichtung, wie einer Anzeigeleuchte **43** (siehe Fig. 4) gewarnt wird und anschließend wird der programmatische Ablauf verlassen.

[0176] Wenn hingegen entschieden wird, daß der maximale Fehlzündungszählerzahlmerker $FLAG_{\#i-1}$ sich im Rücksetzzustand ($FLAG_{\#i-1} = 0$) befindet, werden die Schritte S102 S123 (abgesehen von dem Schritt S119) welche gleich wie bei der sechsten bevorzugten Ausführungsform (siehe Fig. 14 und Fig. 15) entsprechend den voranstehenden Ausführungen sind, ausgeführt (da die Schritte S106 bis S115 gleich wie in Fig. 15 beschaffen sind, soll lediglich auf diese Fig. 15 hingewiesen werden).

[0177] Wenn die Fehlzündung des Zylinders #i-1 mit Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht, in einem Schritt S123 entschieden wird mit ($\Delta N_{\#i-1} < \Delta N_{LEVEL}$), wird der programmatische Steuerungsablauf mit einem Schritt S303 fortgesetzt, und es wird eine Anzeigeleuchte o.dgl. zur Aktivierung während einer kurzen Zeitdauer gebracht, so daß der Fahrer vor dem Auftreten der Fehlzündung gewarnt wird. Anschließend wird der Steuerungsablauf mit einem Schritt S124 fortgesetzt.

[0178] Durch Erkennen der Frequenz, mit welcher die Anzeigeleuchte o.dgl. zur Aktivierung gebracht wird, kann der Fahrer die Fehlzündungssituation der Brennkraftmaschine herausfinden, d.h. jene Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine herausfinden, unter welchen die Fehlzündungen leicht auftreten.

[0179] Wenn zusätzlich die normale Verbrennung in einem Schritt S123 festgestellt wird ($\Delta N_{\#i-1} \geq \Delta N_{LEVEL}$), wird der Steuerungsablauf mit einem Schritt S307 fortgesetzt, in welchem der maximale Fehlzündungszählerzahlmerker $FLAG_{\#i-1}$ des Zylinders #i-1 mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht, zurückgesetzt ($FLAG_{\#i-1} \leftarrow 0$) wird. Anschließend wird der programmatische Ablauf mit einem Schritt S133 fortgesetzt.

[0180] Anschließend wird in einem Schritt S124 die Fehlzündungszahl $C(\#i-1)_2$ des Zylinders #i-1 mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht, aufwärtsgezählt ($C(\#i-1)_2 \leftarrow C(\#i-1)_2 + 1$) und anschließend wird der aufwärtsgezählte Wert $C(\#i-1)_2$ unter der vorbestimmten Adresse

des Sicherungs-RAM **35** gespeichert.

[0181] In einer Servicestation eines Fahrzeughändlers wird beispielsweise der serielle Monitor **45** an die elektronische Steuereinheit **31** mit Hilfe eines Störungsdiagnoseanschlusses **44** angeschlossen, um hierdurch die Daten der Fehlzündungszahl $C(\#i-1)_2$ jedes Zylinders auszulesen, welche in dem Sicherungsspeicher RAM **35** gespeichert sind, und die Fehlzündungssituation kann beispielsweise unter Bezugnahme auf ein Handbuch beurteilt werden.

[0182] Anschließend erfolgt in einem Schritt S304 ein Vergleich zwischen der Fehlzündungszahl $C(\#i-1)_2$ des Zylinders $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorausgeht und der maximalen Zählerzahl FFH, welche vorgegeben ist (welche nach Maßgabe des Speichervermögens des Mikrocomputers in gewünschter Weise vorgegeben werden kann).

[0183] Wenn $C(\#i-1)_2 = \text{FFH}$ ist, wird der Steuerungsablauf mit einem Schritt S305 fortgesetzt, und wenn $C(\#i-1)_2 < \text{FFH}$ ist, wird der Steuerungsablauf mit dem Schritt S307 fortgesetzt.

[0184] Wenn der Steuerungsablauf mit dem Schritt S305 nach der Feststellung, daß die Fehlzündungszahl $C(\#i-1)_2$ die maximale Zählerzahl FFH erreicht hat ($C(\#i-1)_2 = \text{FFH}$), wird diese Fehlzündungszahl $C(\#i-1)_2$ unter der vorbestimmten Adresse in dem Sicherungs RAM **35** gespeichert und als maximale Zählerzahl FFH beibehalten. In einem Schritt S306 wird der maximale Fehlzündungszählerzahlmerker FLAG $\#i-1$ des Zylinders $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht, gesetzt (FLAG $\#i-1 \leftarrow 1$). Anschließend wird der programmatische Ablauf verlassen.

(Achte bevorzugte Ausführungsform)

[0185] In den [Fig. 21](#) und [Fig. 22](#) sind Flußdiagramme zur Verdeutlichung der Schritte zur Unterscheidung der Fehlzündung für den jeweiligen Zylinder gemäß einer achten bevorzugten Ausführungsform, nach der Erfindung gezeigt.

[0186] Bei dieser bevorzugten Ausführungsform wird eine Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} , welche in dem zugeordneten Betriebsbereich der Fehlzündungsbeurteilungsgrößentabelle MP ΔN_{LEVEL} des Zylinders $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub gespeichert ist, aktualisiert und es erfolgt ein Lernprozeß auf der Basis der Drehzahldifferenz $\Delta N\#i$ zwischen der Maschinendrehzahl $N\#i$ des betreffenden Zylinders $\#i$ in der Periode oder dem Abschnitt, in welchem keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird, und der Brennkraftmaschinendrehzahl $N\#i-1$ des Zylinders $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht in der Periode oder dem Abschnitt, in welchem keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird.

[0187] Nunmehr wird auf die Flußdiagramme Bezug genommen. Die übereinstimmenden programmatischen Abläufe mit jenen der sechsten bevorzugten Ausführungsform haben dieselben Bezugszeichen und sie werden nachstehend nicht nochmals näher erläutert.

[0188] Zuerst werden die Schritte S101 ~ S110, welche mit jenen der sechsten bevorzugten Ausführungsform übereinstimmen, ausgeführt (siehe [Fig. 14](#) und [Fig. 21](#)). In den Schritten S401 ff. wird die Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} erlernt.

[0189] Im Schritt S401 liest die ECU **31** den Brennkraftmaschinendrehzahlwert, welcher im letzten Programmdurchlauf gesetzt und in der vorbestimmten Adresse des RAM **34** gespeichert ist, d.h. die Brennkraftmaschinendrehzahl $N\#i-1$ des Zylinders $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal in dem Abschnitt und der Periode vorausgeht, in der keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird, aus. In einem Schritt S402 ergibt sich der Drehzahldifferenzwert $\Delta N\#i$ des Zylinders $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub aus der Differenz zwischen der vorstehend angegebenen Brennkraftmaschinendrehzahl $N\#i-1$ und der Brennkraftmaschinendrehzahl des Zylinders $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub innerhalb der Periode oder des Abschnitts, in welchem keine Verbrennungsarbeit verrichtet wird ($\Delta N\#i \leftarrow N\#i - N\#i-1$).

[0190] Ferner wird in dem Schritt S403 die Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} unter Berücksichtigung der Fehlzündungsbeurteilungsgrößentabelle MP ΔN_{LEVEL} (siehe [Fig. 18](#)) des betreffenden Zylinders $\#i$, welcher in dem Sicherungs-RAM **35** gespeichert ist, unter Verwendung der Brennkraftmaschinendrehzahl $N\#i$ als ein Parameter gesetzt.

[0191] Anschließend wird in dem Schritt S404 eine neue Fehlzündungsbeurteilungsgröße aus dem gewichteten Mittelwert der Wichtungskoeffizienten r ermittelt, welche in der nachstehenden Gleichung angegeben sind, und zwar auf der Basis der Drehzahldifferenz $\Delta N_{\#i}$ und der vorstehend angegebenen Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} und den Daten, die unter den entsprechenden Adressen der Fehlzündungsbeurteilungsgrößentabelle MP ΔN_{LEVEL} des Zylinders $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub gespeichert sind, welche hierbei überschrieben werden. Anschließend wird der Steuerungsablauf mit dem Schritt S115 fortgesetzt. Hierbei wird folgende Gleichung zu Grunde gelegt:

$$\Delta N_{\text{LEVEL}} \leftarrow \{(2^r - 1) \times \Delta N_{\text{LEVEL}} + (\Delta N_{\#i} + k)\}/2^r$$

[0192] Dann werden die Schritte S116 ~ S119, welche mit jenen der sechsten bevorzugten Ausführungsform übereinstimmen, ausgeführt (siehe [Fig. 14](#) und [Fig. 22](#)). In den Schritten S405 ff. wird die Fehlzündung des Zylinders $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub beurteilt.

[0193] Zuerst wird im Schritt S405 mit Hilfe der ECU **31** die Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i-1}$ des Zylinders $\#i-1$ mit dem Verbrennungshub, welcher dem momentanen Verbrennungshub einmal vorangeht, gelesen. In einem Schritt S406 ergibt sich der Verbrennungszustandsunterscheidungswert **4** $N_{\#i}$ des Zylinders $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub aus der Differenz zwischen der vorstehend angegebenen Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i-1}$ und der Brennkraftmaschinendrehzahl des Zylinders $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub ($\Delta N_{\#i} \leftarrow N_{\#i} - N_{\#i-1}$).

[0194] Ferner wird in einem Schritt S407 die Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} unter Berücksichtigung der Fehlzündungsbeurteilungsgrößentabelle MP ΔN_{LEVEL} unter Verwendung der Brennkraftmaschinendrehzahl $N_{\#i}$ als Parameter gesetzt.

[0195] In einem Schritt S408 wird der Verbrennungszustandsunterscheidungswert $\Delta N_{\#i}$ mit der Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} verglichen. Wenn $\Delta N_{\#i} < \Delta N_{\text{LEVEL}}$ (siehe [Fig. 3](#)) ist, wird dies als eine Fehlzündung bewertet, und der Steuerungsablauf wird mit dem Schritt S409 fortgesetzt. Wenn andererseits $\Delta N_{\#i-1} \geq \Delta N_{\text{LEVEL}}$ ist, wird dies als eine normale Verbrennung erkannt und der Steuerungsablauf wird mit dem Schritt S125 fortgesetzt.

[0196] In dem Schritt S409 wird basierend auf der Entscheidung der Fehlzündung die Fehlzündungszahl des jeweiligen Zylinders aufwärtsgezählt, $C_{\#i2}$ des Zylinders $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub ($C_{\#i2} \leftarrow C_{\#i2} + 1$), und dann wird der Steuerungsablauf mit dem Schritt S125 fortgesetzt.

[0197] Wenn sich an die Schritte S125 und S126 der Schritt S410 anschließt, liest die ECU **31** die gemittelte Fehlzündungszahl $C_{\#i2(-1)}$ des jeweiligen Zylinders unter Zuordnung zu dem Zylinder $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub aus, die Zahl wird unter einer vorbestimmten Adresse des RAM **34** gespeichert, und diese wurde in der vorangehenden Tastperiode ermittelt. Im Schritt S411 wird die gemittelte Fehlzündungszahl $C_{\#i2}$ jedes Zylinders zum momentanen Zeitpunkt aus dem gewichteten Mittelwert der Wichtungskoeffizienten r , welche nachstehend angegeben sind, ermittelt, und zwar auf der Basis der gemittelten Fehlzündungszahl $C_{\#i2(-1)}$ des jeweiligen Zylinders und der Fehlzündungszahl $C_{\#i2}$ jedes Zylinders unter Zuordnung zu dem Zylinder $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub, welcher bei der momentanen Tastzykluszahl ermittelt wurde $C_{\#i1_{\text{SET}}}$. Hierbei wird folgende Gleichung zu Grunde gelegt:

$$\overline{C_{\#i2}} \leftarrow \{(2^r - 1) \times \overline{C_{\#i2(-1)}} + C_{\#i2}\}/2^r$$

[0198] Anschließend wird im Schritt S412 die Fehlzündungszahl $C_{\#i2}$ jedes Zylinders gelöscht ($C_{\#i2} \leftarrow 0$), und im Schritt S413 wird die gemittelte Fehlzündungszahl $\overline{C_{\#i2(-1)}}$ jedes Zylinders in der letzten Tastperiode ermittelt und in der vorbestimmten Adresse des RAM **34** gespeichert und in den gemittelten Fehlzündungswert $\overline{C_{\#i2}}$ jedes Zylinders eingeschrieben, welcher zum momentanen Zeitpunkt ermittelt wurde ($\overline{C_{\#i2(-1)}} \leftarrow \overline{C_{\#i2}}$).

[0199] Dann erfolgt im Schritt S414 ein Vergleich zwischen der gemittelten Fehlzündungszahl $\overline{C_{\#i2}}$ jedes Zylinders zum momentanen Zeitpunkt und einer Fehlzündungsabnormalitätsentscheidungsbezugszahl $C_{\#i2_{\text{SET}}}$, welche vorgegeben ist. Wenn $\overline{C_{\#i2}} > C_{\#i2_{\text{SET}}}$ beibehalten wird, d.h. wenn die gemittelte Fehlzündungszahl $\overline{C_{\#i2}}$ jedes Zylinders die Fehlzündungsabnormalitätsentscheidungsbezugszahl $C_{\#i2_{\text{SET}}}$ überschreitet, wird erkannt, daß der Zylinder $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub eine Fehlzündungsabnormalität hat, und der Steuerungsablauf wird mit dem Schritt S132 fortgesetzt. Wenn hingegen $\overline{C_{\#i2}} > C_{\#i2_{\text{SET}}}$ sich ergibt, wird erkannt, daß der Zylinder $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub bisher keine Fehlzündungsabnormalität hat, und der Steuerungsablauf wird mit dem Schritt S133 (siehe [Fig. 14](#)) ohne jegliche Weiterverarbeitung fort-

gesetzt.

[0200] Auch bei den sechsten bis achten bevorzugten Ausführungsformen läßt sich der Verbrennungszustandsunterscheidungswert beispielsweise gut unter Verwendung einer Winkelbeschleunigung, einer Periode, einer Winkelgeschwindigkeit usw. und der Verbrennungsarbeit des jeweiligen Zylinders als die Bewegungsenergie in einem zugewiesenen Bereich ermitteln.

[0201] Wie voranstehend beschrieben worden ist, erhält man bei den sechsten bis achten bevorzugten Ausführungsformen nach der Erfindung ausgezeichnete Wirkungen einschließlich jener Wirkung, daß eine Fehlzündungsbedingung genau detektiert werden kann, ohne daß Verbrennungszustandseinflußgrößen anderer Zylinder hierbei eingehen und ohne daß eine Beeinflussung nicht nur durch Abweichung der Verbrennung unter den Zylindern, sondern auch durch Herstellungstoleranzen der einzelnen Brennkraftmaschinen oder der Reibungsverhältnisse der Brennkraftmaschine erfolgt.

[0202] Obwohl das erfindungsgemäße Verfahren vorstehend und in den nachstehenden Ansprüchen im Hinblick auf die Erfassung der Bewegungsenergie erläutert wird, ist es auch möglich, im Rahmen der Erfindung andere geeignete Parameter, wie das Moment oder das Drehmoment, zusätzlich oder alternativ heranzuziehen.

Patentansprüche

1. Fehlzündungserkennungsverfahren für eine Brennkraftmaschine (**Fig. 4: 1**) mit einer Kurbelwelle (**13**) zur Leistungsabgabe und einer Nockenwelle (**14**) zur Ventilbetätigung, mit einem Kurbelwinkelsensor (**16**), der mit der Kurbelwelle (**13**) verbunden ist und ein Kurbelwinkelsignal erzeugt, einem Nockenwinkelsensor (**18**), der mit der Nockenwelle (**14**) verbunden ist und ein Nockenwinkelsignal erzeugt, und einer Steuereinrichtung (**31**), die auf das Kurbelwinkelsignal und das Nockenwinkelsignal anspricht und den Zündzeitpunkt des Motors steuert,

mit folgenden Schritten:

a) Ermitteln eines ersten Verbrennungszustandsvergleichswertes $\Delta N_{\#i-1}$ für einen Zylinder $\#i-1$, dessen Verbrennungshub dem momentan stattfindenden Verbrennungshub unmittelbar vorausgeht, nach der Formel

$$\Delta N_{\#i-1} = N_{\#i-1} - \{(N_{\#i} + N_{\#i-2})/2\}$$

(**Fig. 15: S112**),

bei Kraftstoffabschaltung, wobei

$N_{\#i-1}$ die Motordrehzahl des Zylinders $\#i-1$,

$N_{\#i}$ die Motordrehzahl des Zylinders $\#i$ mit dem momentanen Verbrennungshub und

$N_{\#i-2}$ die Motordrehzahl des Zylinders $\#i-2$, dessen Verbrennungshub dem momentanen Verbrennungshub um zwei Hübe vorausgeht, ist,

b) Auslesen einer Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} aus einer Tabelle (**Fig. 15: S 113**),

c) Korrektur der Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} anhand des ermittelten ersten Verbrennungszustandsvergleichswertes $\Delta N_{\#i-1}$ (**Fig. 15: S114**)

d) Ermitteln eines zweiten Verbrennungszustandsvergleichswertes $\Delta N_{\#i-1}$ gemäß der Formel nach Schritt a) bei Kraftstoffeinspritzung (**Fig. 16: S121**),

e) Vergleichen des zweiten Verbrennungszustandsvergleichswertes $\Delta N_{\#i-1}$ mit der korrigierten Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} und Erkennen einer Fehlzündung, wenn $\Delta N_{\#i-1} < \Delta N_{\text{LEVEL}}$ (**Fig. 16: S123**).

2. Fehlzündungserkennungsverfahren für eine Brennkraftmaschine (**Fig. 4**) mit einer Kurbelwelle (**13**) zur Leistungsabgabe und einer Nockenwelle (**14**) zur Ventilbetätigung, mit einem Kurbelwinkelsensor (**16**), der mit der Kurbelwelle (**13**) verbunden ist und ein Kurbelwinkelsignal erzeugt, einem Nockenwinkelsensor (**18**), der mit der Nockenwelle (**14**) verbunden ist und ein Nockenwinkelsignal erzeugt, und einer Steuereinrichtung (**31**), die auf das Kurbelwinkelsignal und das Nockenwinkelsignal anspricht und den Zündzeitpunkt des Motors steuert,

mit folgenden Schritten:

a) Ermitteln eines ersten Verbrennungszustandsvergleichswertes $\Delta N_{\#i}$ für einen Zylinder $\#i$ mit einem momentanen Verbrennungshub nach der Formel

$$\Delta N_{\#i} = N_{\#i} - \{(N_{\#i-1} + N_{\#i+1[-1]})/2\}$$

(**Fig. 9A: S202**),

bei Kraftstoffabschaltung, wobei

$N_{\#i}$ die Motordrehzahl des Zylinders $\#i$,

$N_{\#i-1}$ die Motordrehzahl des Zylinders $\#i-1$, dessen Verbrennungshub dem momentanen Verbrennungshub unmittelbar vorausgeht, und

$N_{\#i+1[-1]}$ die geschätzte Motordrehzahl des Zylinders $\#i+1$, dessen Verbrennungshub dem momentanen Verbrennungshub unmittelbar folgt, ist,

b) Auslesen einer Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} aus einer Tabelle,

c) Korrektur der Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} anhand des ermittelten ersten Verbrennungszustandsvergleichswertes $\Delta N_{\#i}$,

d) Ermitteln eines zweiten Verbrennungszustandsvergleichswertes $\Delta N_{\#i}$ gemäß der Formel nach Schritt a) bei Kraftstoffeinspritzung,

e) Vergleichen des zweiten Verbrennungszustandsvergleichswertes mit der korrigierten Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} und Erkennen einer Fehlzündung, wenn $\Delta N_{\#i} < \Delta N_{\text{LEVEL}}$ ([Fig. 22](#): S408).

3. Fehlzündungserkennungsverfahren für eine Brennkraftmaschine ([Fig. 4](#): 1) mit einer Kurbelwelle (13) zur Leistungsabgabe und einer Nockenwelle (14) zur Ventilbetätigung, mit einem Kurbelwinkelsensor (16), der mit der Kurbelwelle (13) verbunden ist und ein Kurbelwinkelsignal erzeugt, einem Nockenwinkelsensor (18), der mit der Nockenwelle (14) verbunden ist und ein Nockenwinkelsignal erzeugt, und einer Steuereinrichtung (31), die auf das Kurbelwinkelsignal und das Nockenwinkelsignal anspricht und den Zündzeitpunkt des Motors steuert,

mit folgenden Schritten:

a) Ermitteln eines ersten Drehzahldifferenzwertes $\Delta N_{\#i}$ bei Kraftstoffabschaltung für einen Zylinder $\#i$ mit momentanem Verbrennungshub nach der Formel

$$\Delta N_{\#i} = N_{\#i} - N_{\#i-1}$$

([Fig. 21](#): S402),

wobei

$N_{\#i}$ die Motordrehzahl des Zylinders $\#i$ und

$N_{\#i-1}$ die Motordrehzahl des Zylinders $\#i-1$, dessen Verbrennungshub dem momentanen Verbrennungshub unmittelbar vorausgeht, ist,

b) Auslesen einer Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} aus einer Tabelle ([Fig. 21](#): S403)

c) Korrektur der Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} anhand des ermittelten ersten Drehzahldifferenzwertes ([Fig. 21](#): S404)

d) Ermitteln eines zweiten Drehzahldifferenzwertes $\Delta N_{\#i}$ bei Kraftstoffeinspritzung gemäß der Formel nach Schritt a) ([Fig. 22](#): S406),

e) Vergleich des zweiten Drehzahldifferenzwertes $\Delta N_{\#i}$ mit der korrigierten Fehlzündungsbeurteilungsgröße ΔN_{LEVEL} und Erkennen einer Fehlzündung, wenn $\Delta N_{\#i} < \Delta N_{\text{LEVEL}}$ ([Fig. 22](#): S408).

Es folgen 22 Blatt Zeichnungen

FIG.1A

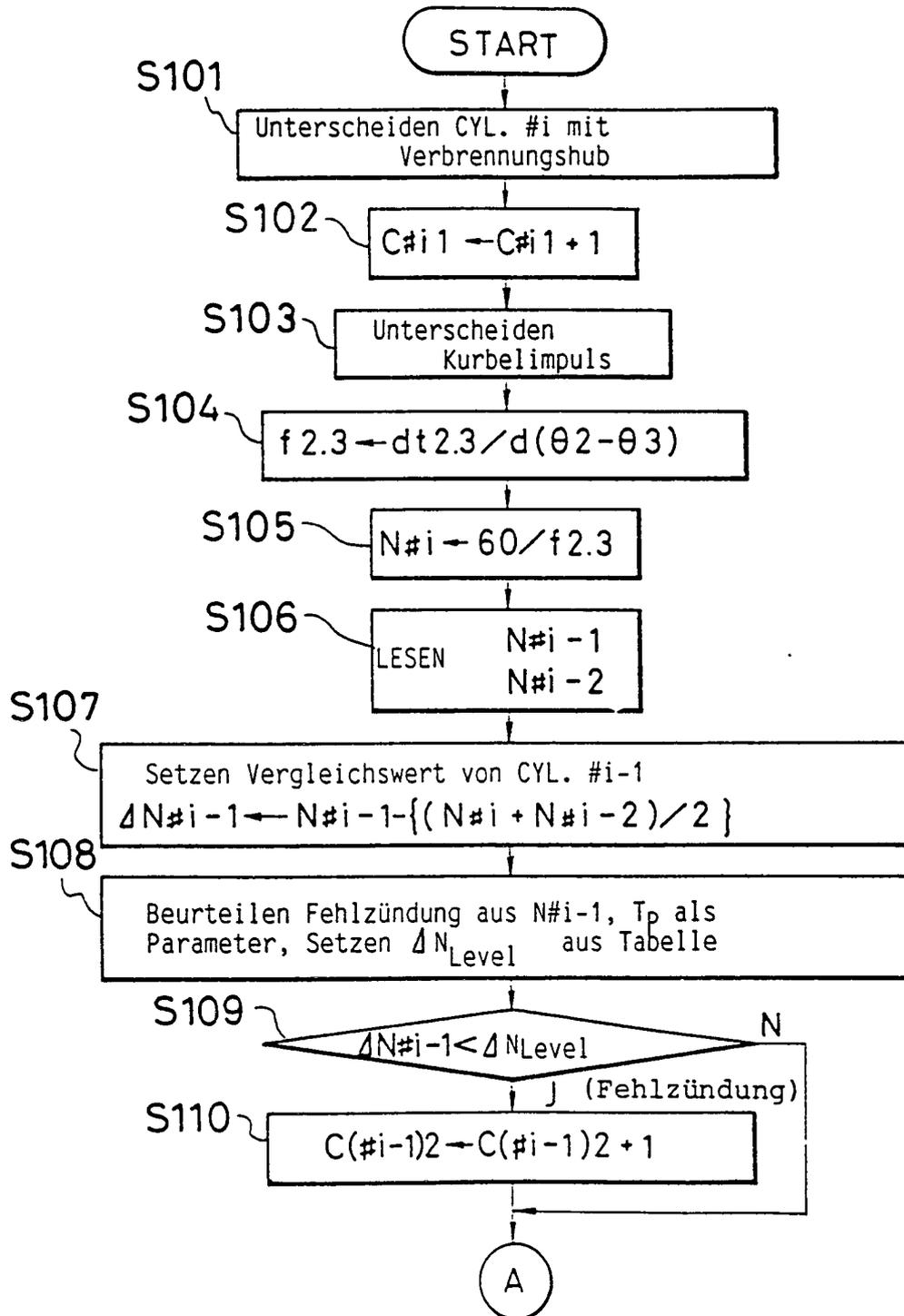


FIG.1B

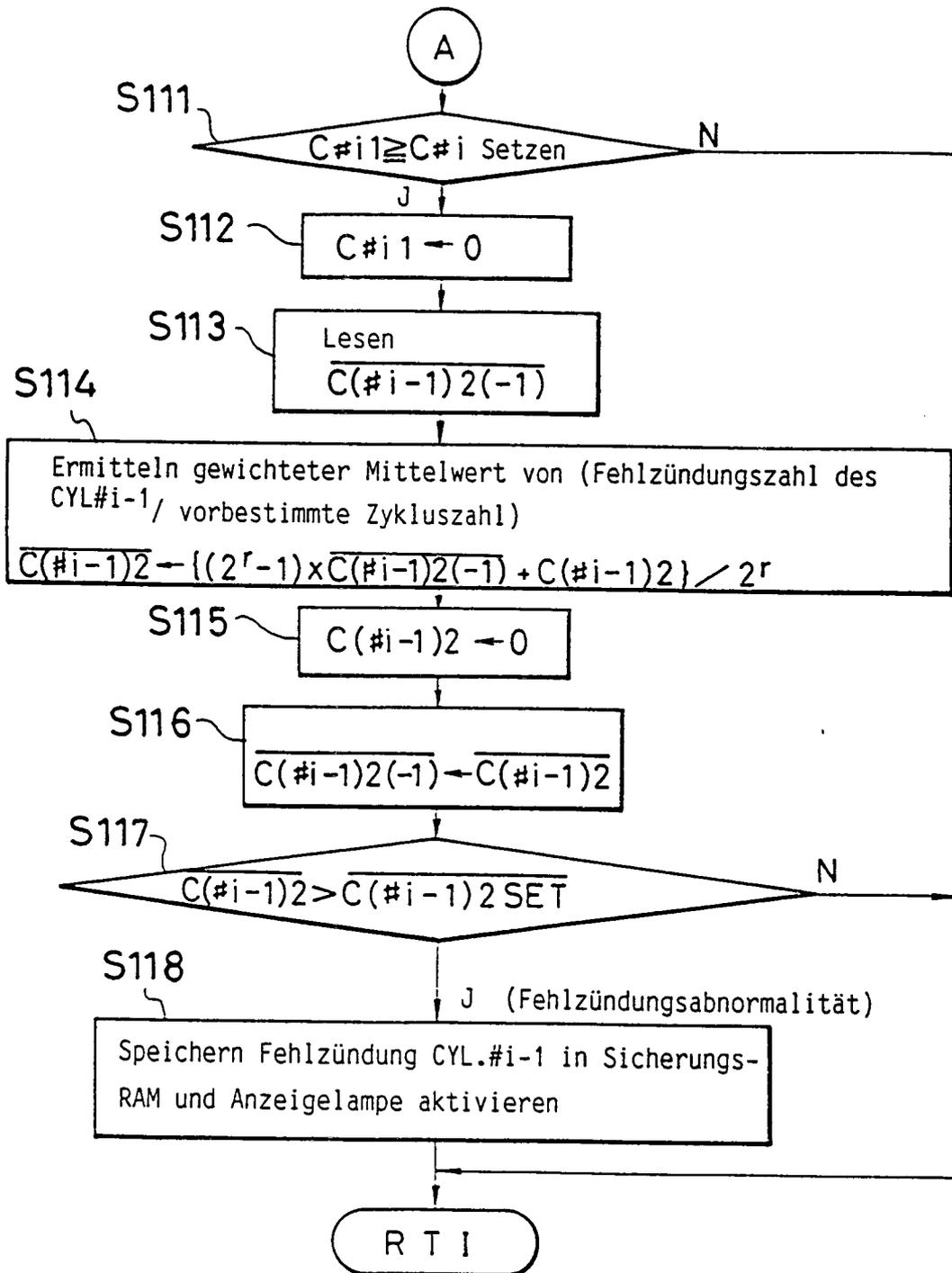


FIG. 4

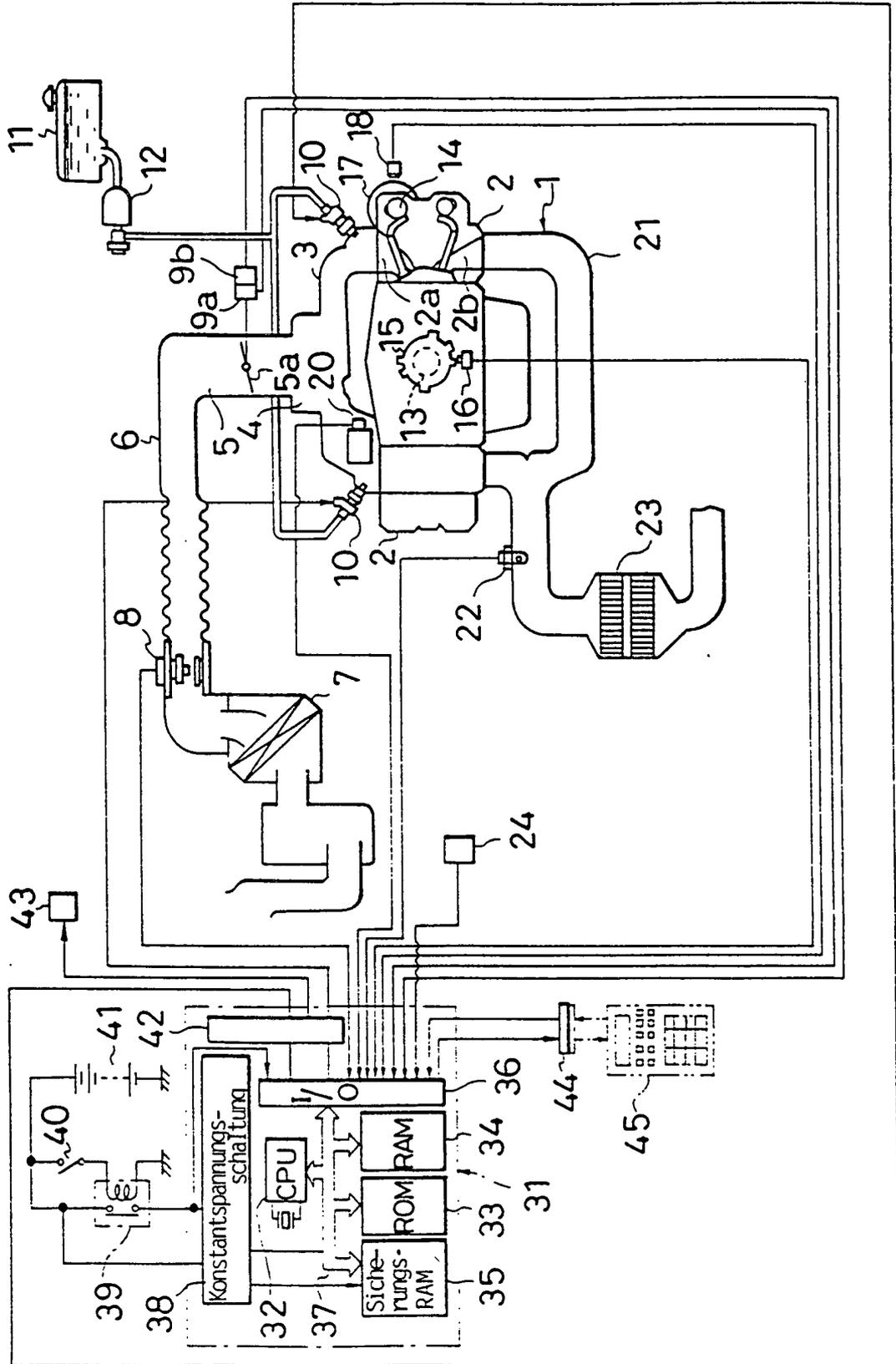


FIG. 5

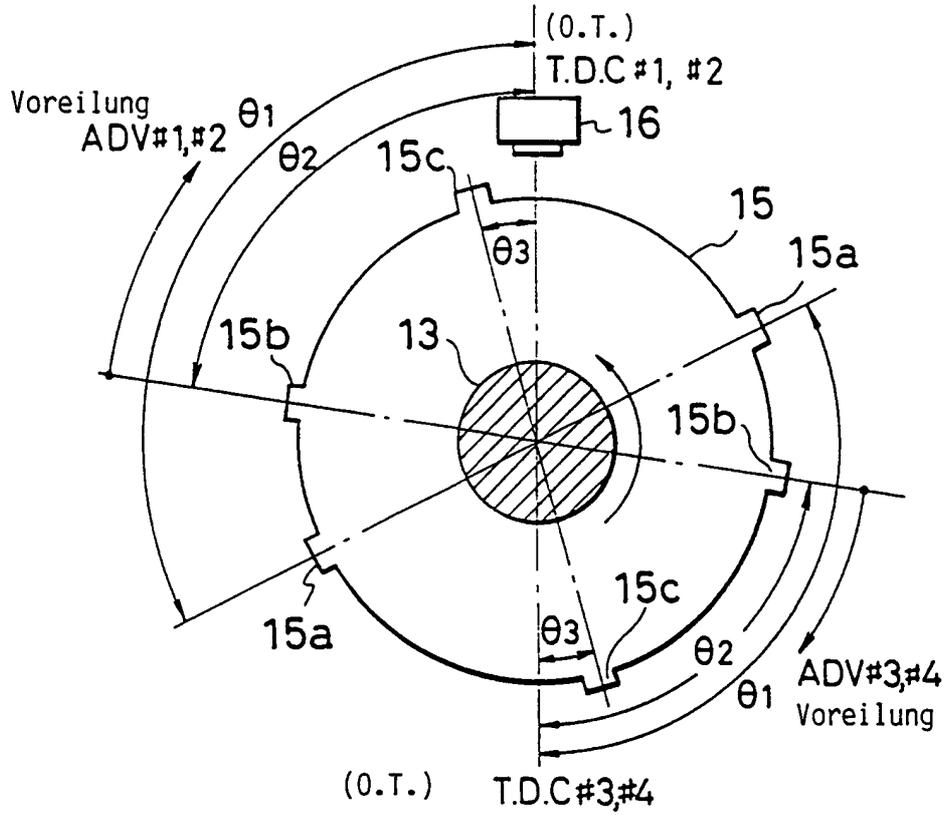


FIG. 6

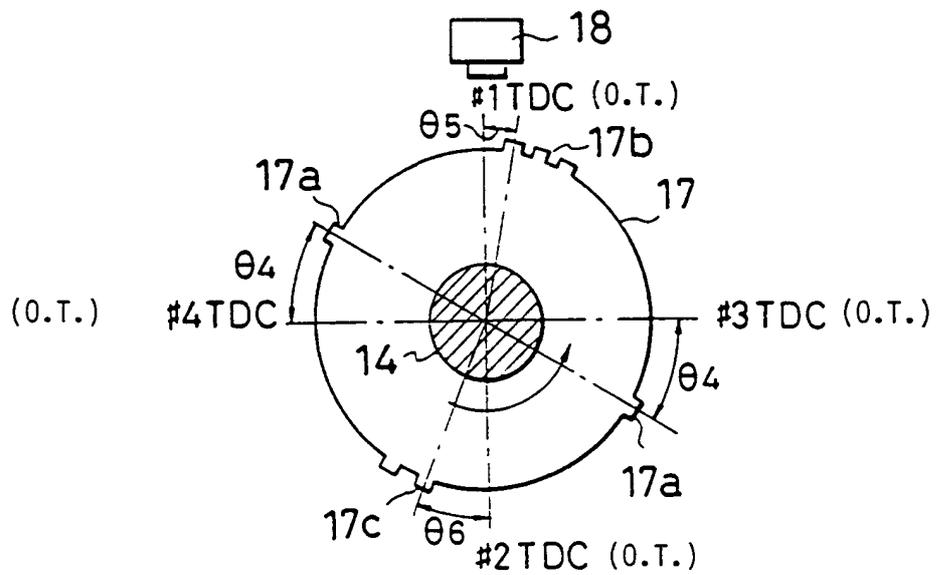


FIG. 7

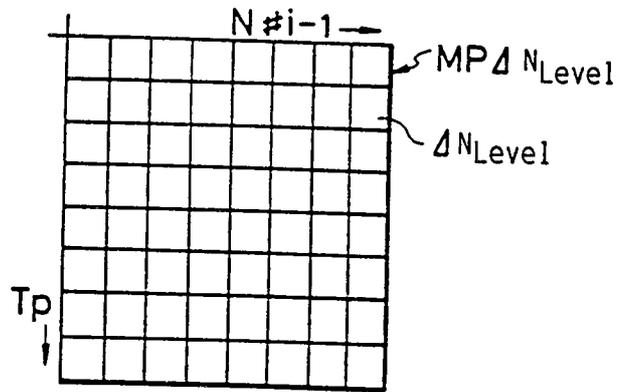


FIG. 12

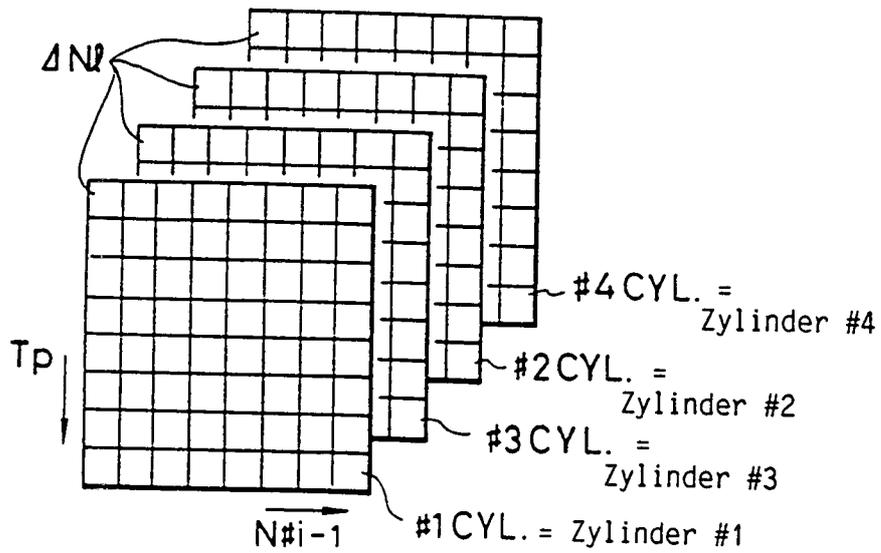


FIG. 8

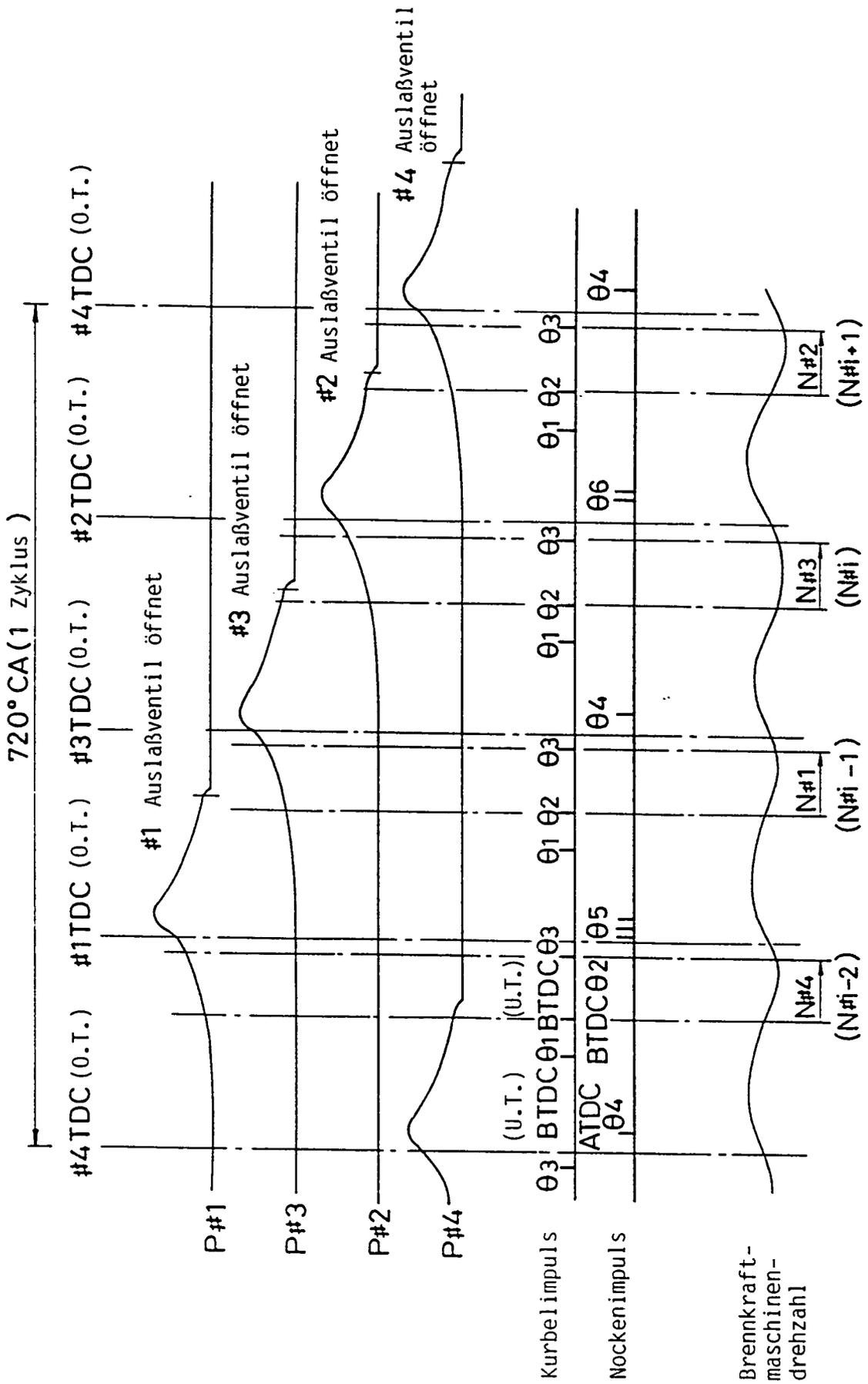


FIG.9A

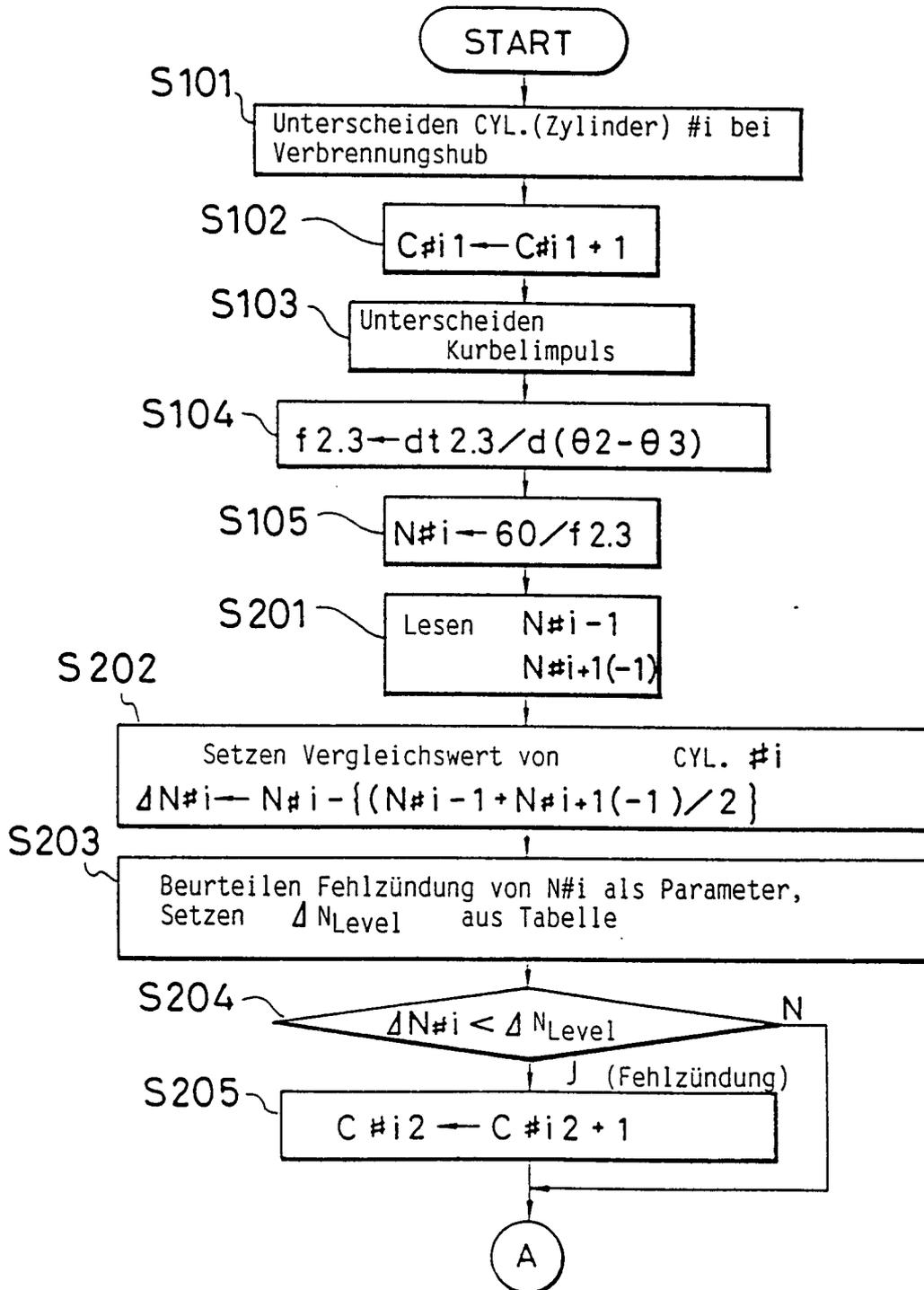


FIG.9B

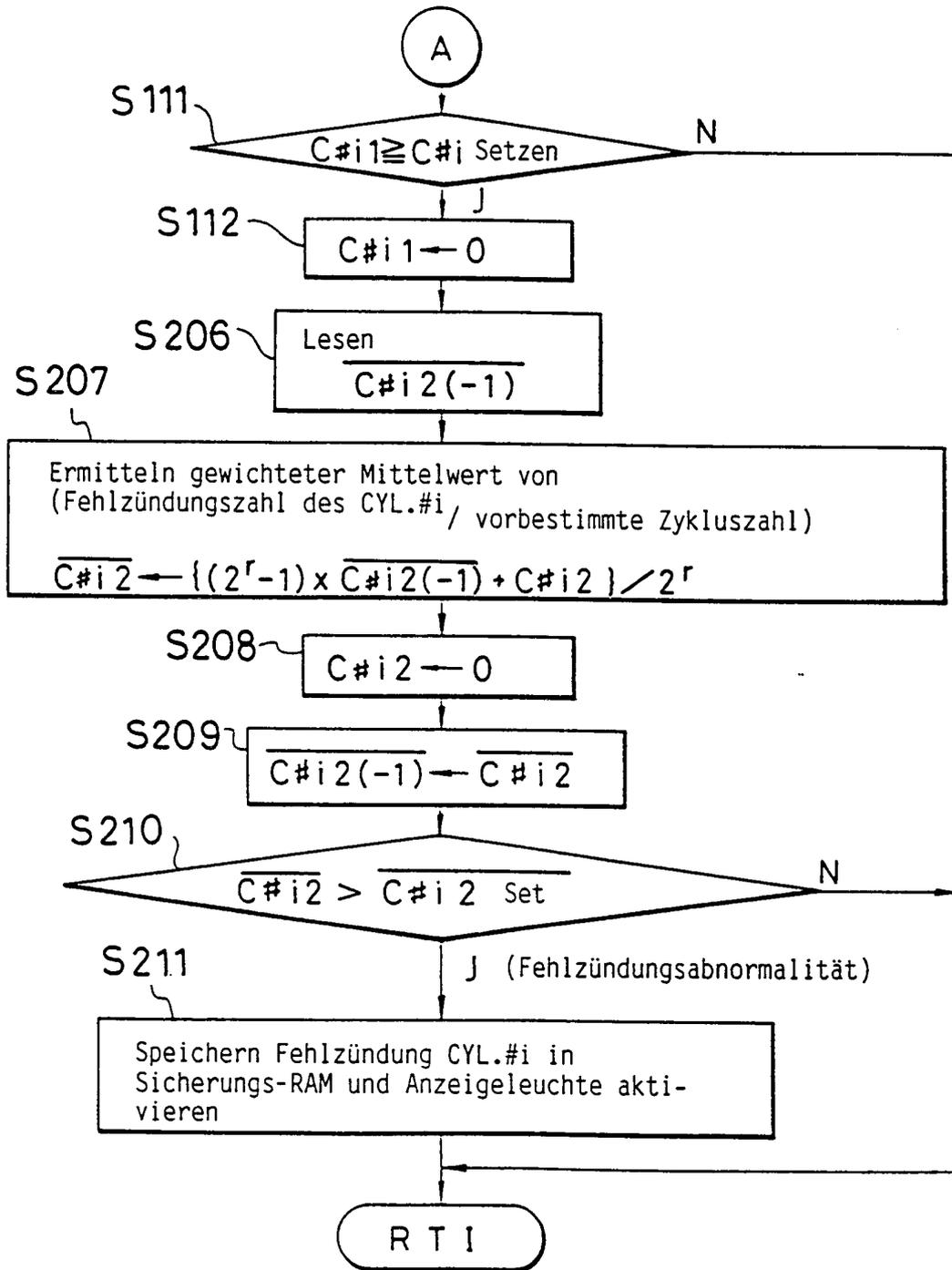


FIG.10

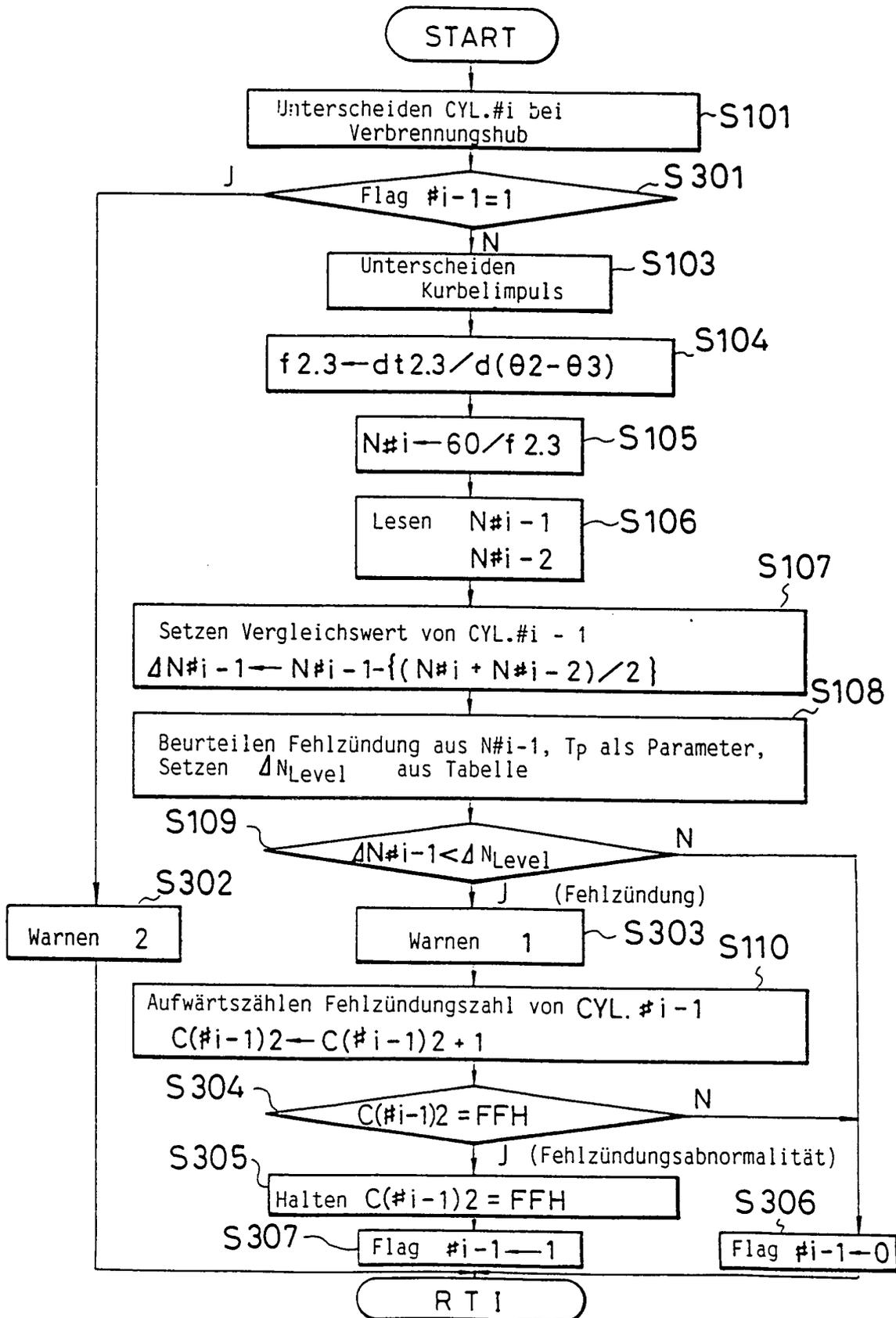


FIG.11A

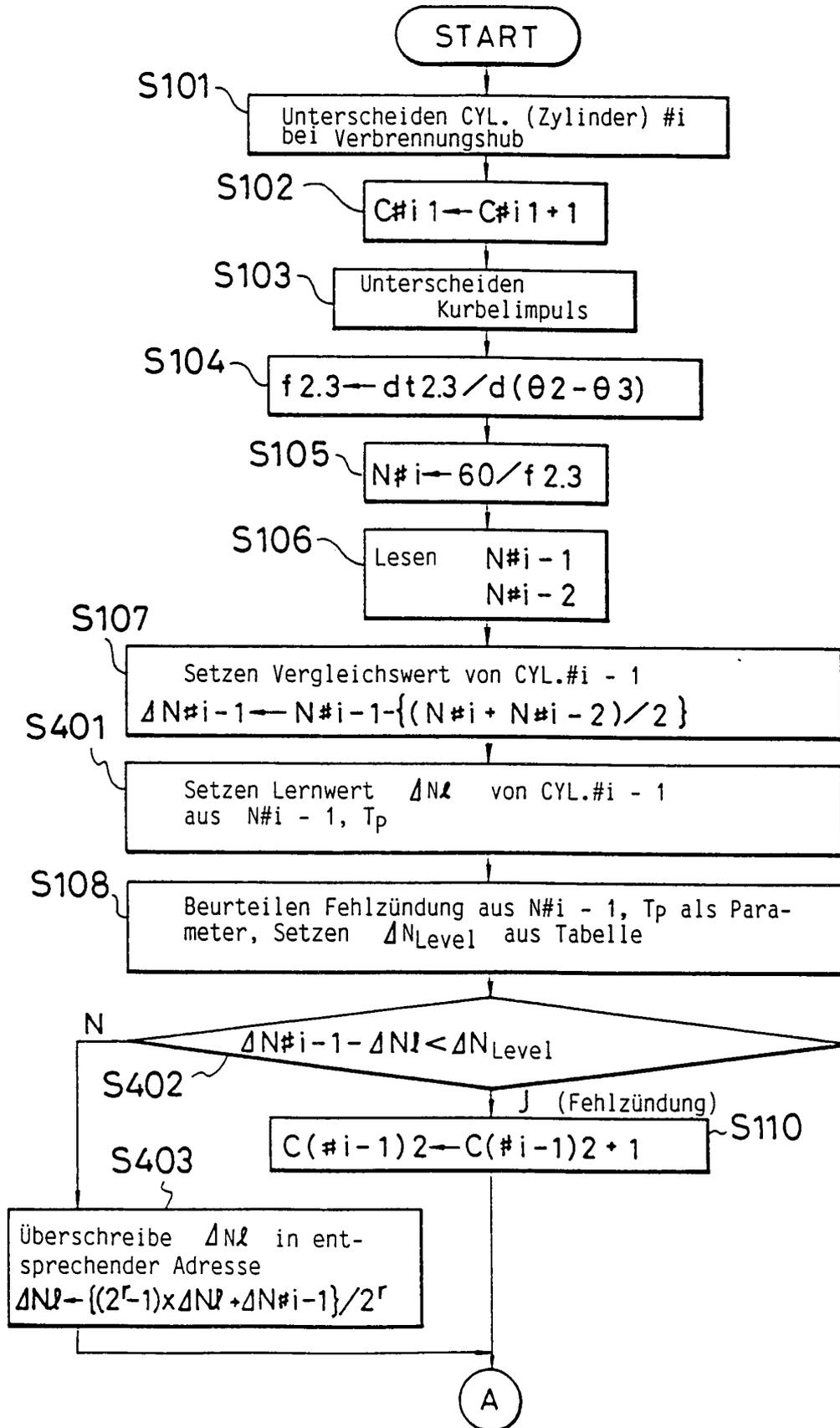


FIG.11B

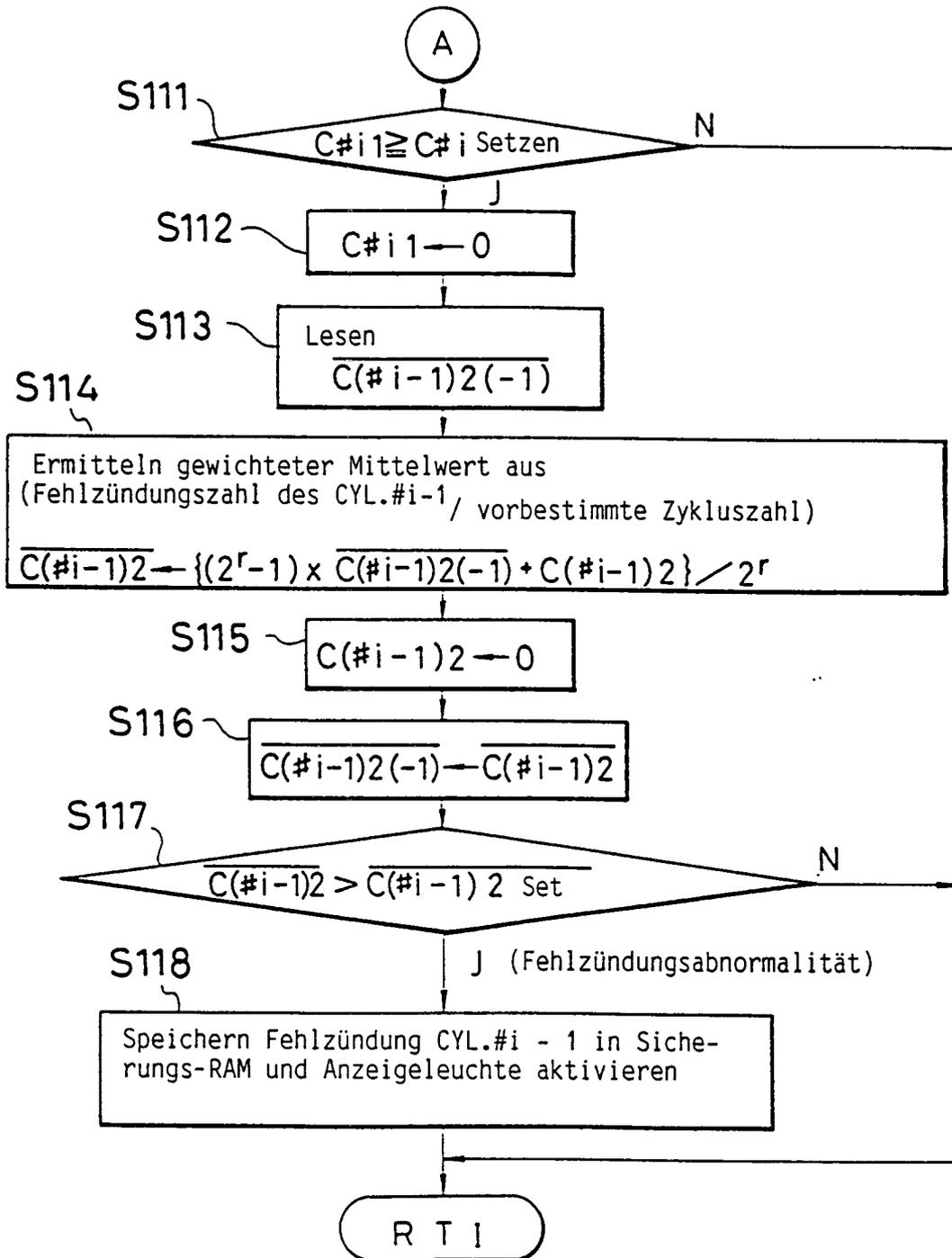


FIG.13A

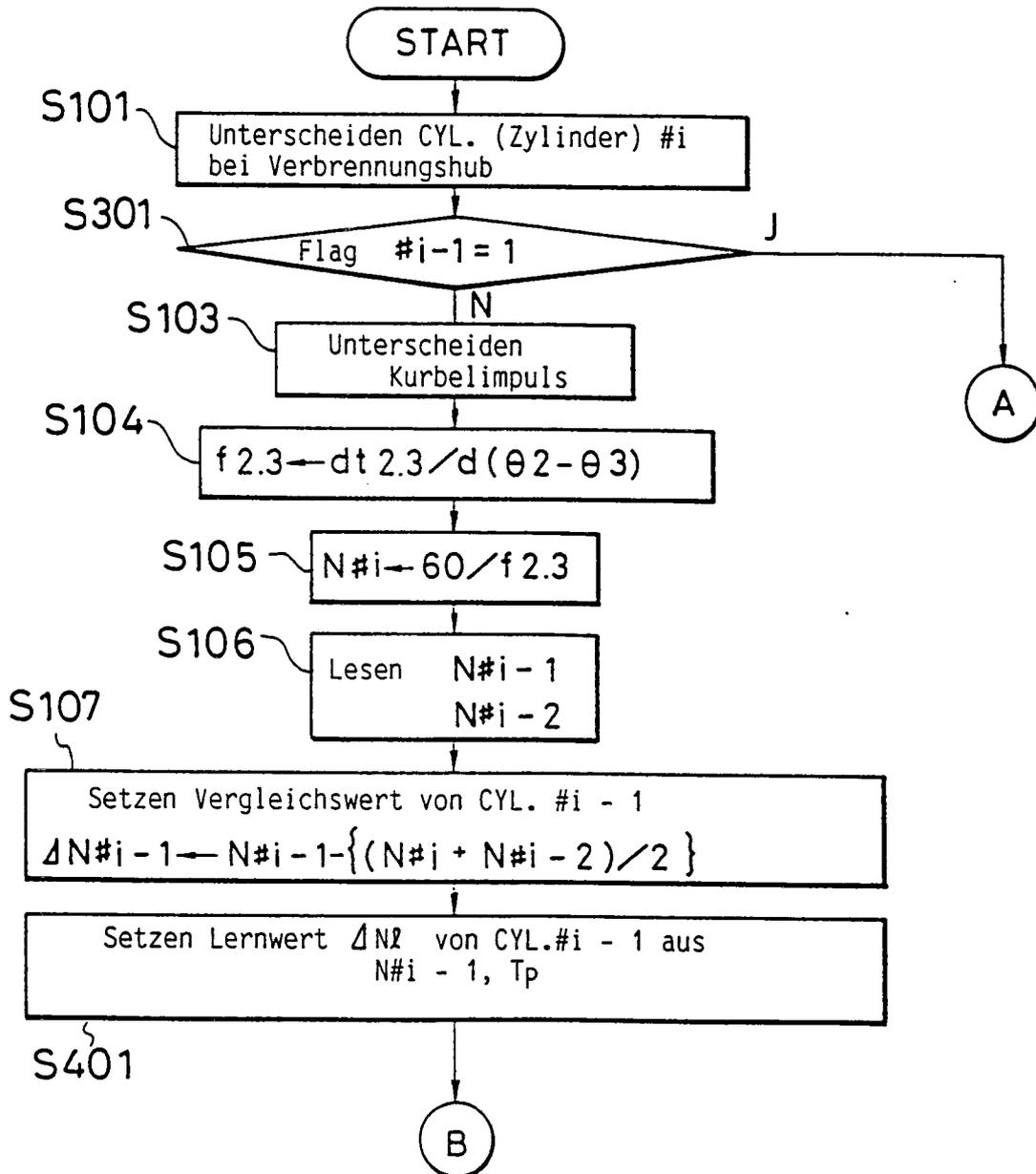


FIG.13B

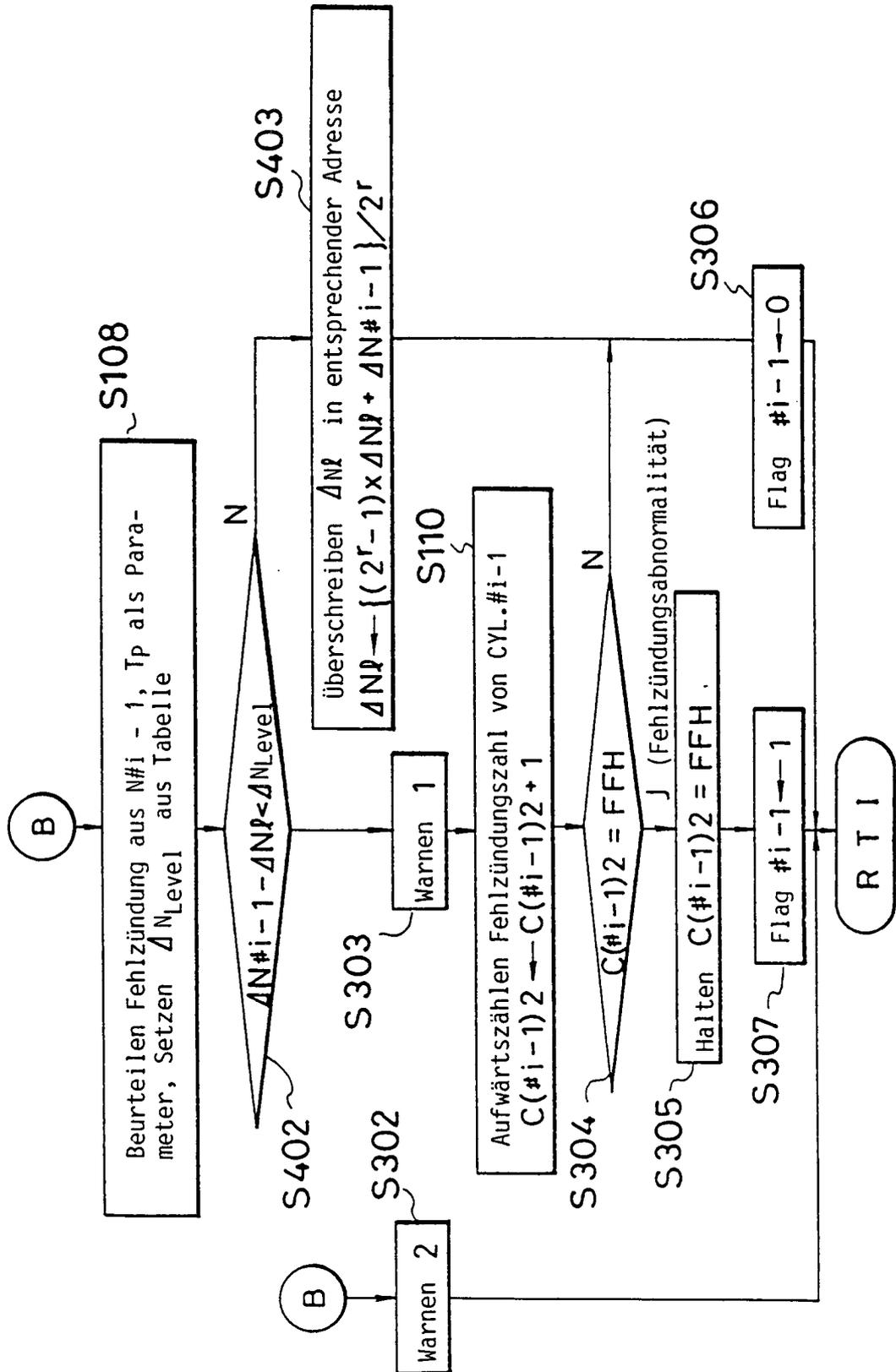


FIG.14

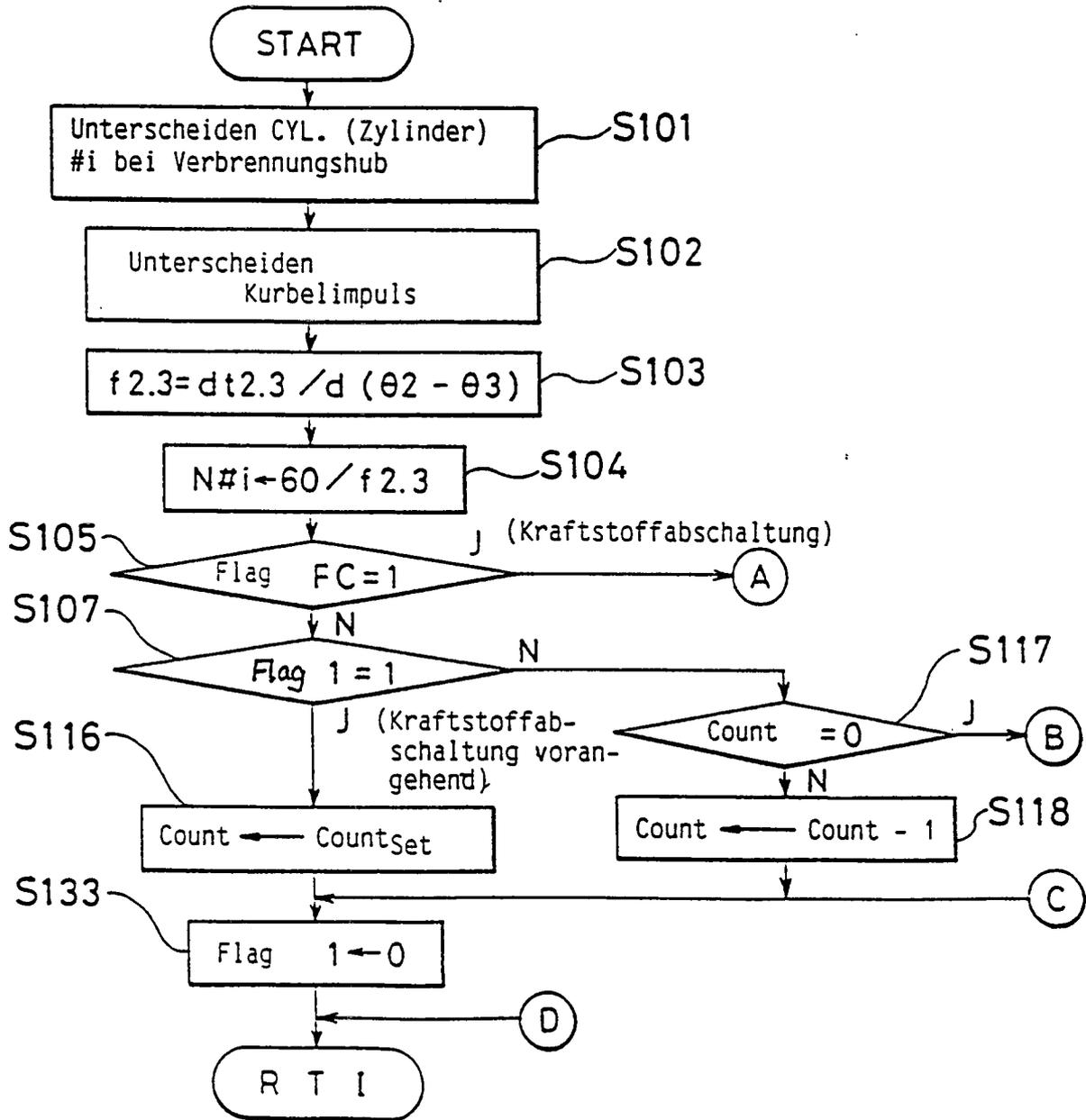


FIG. 15

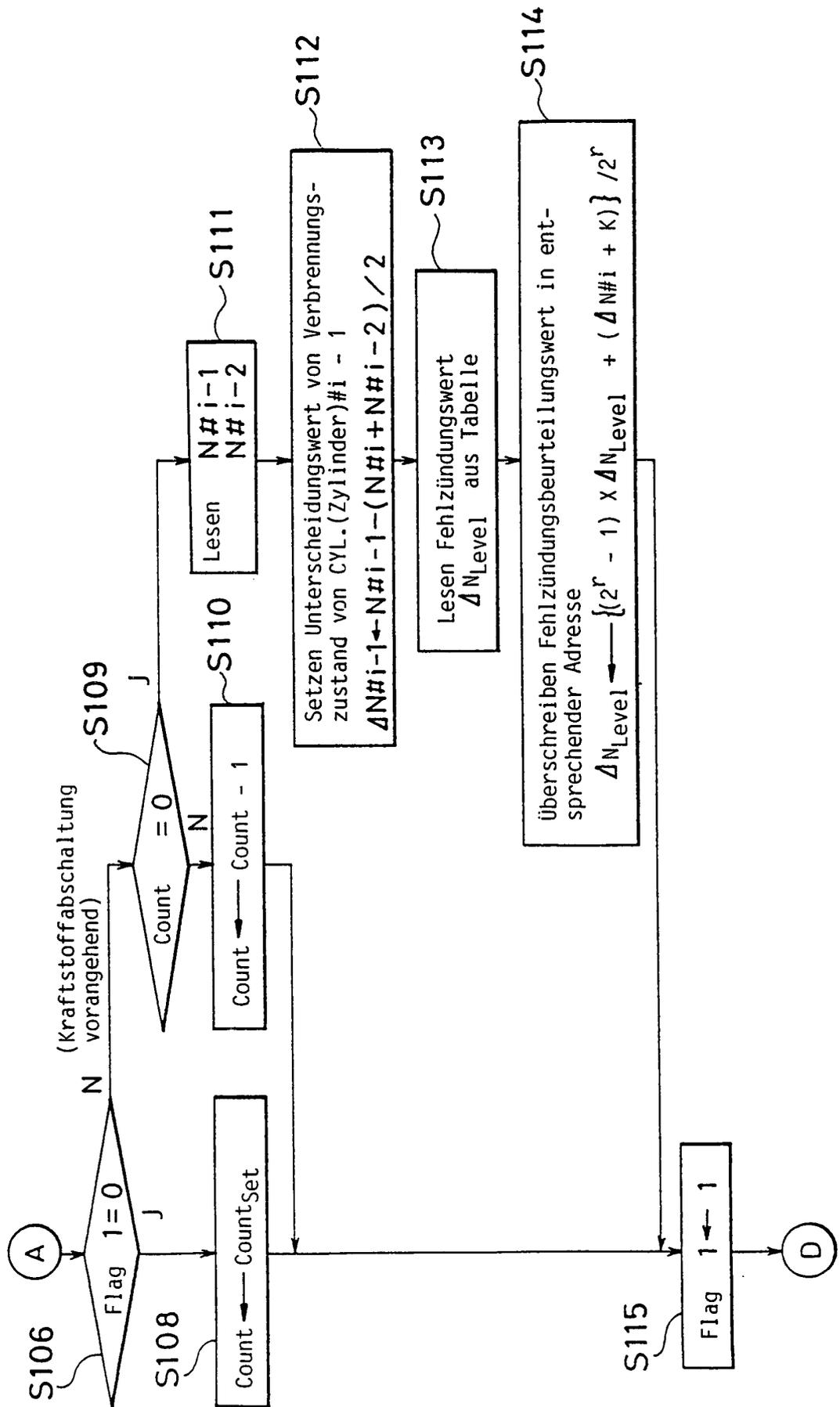


FIG.16

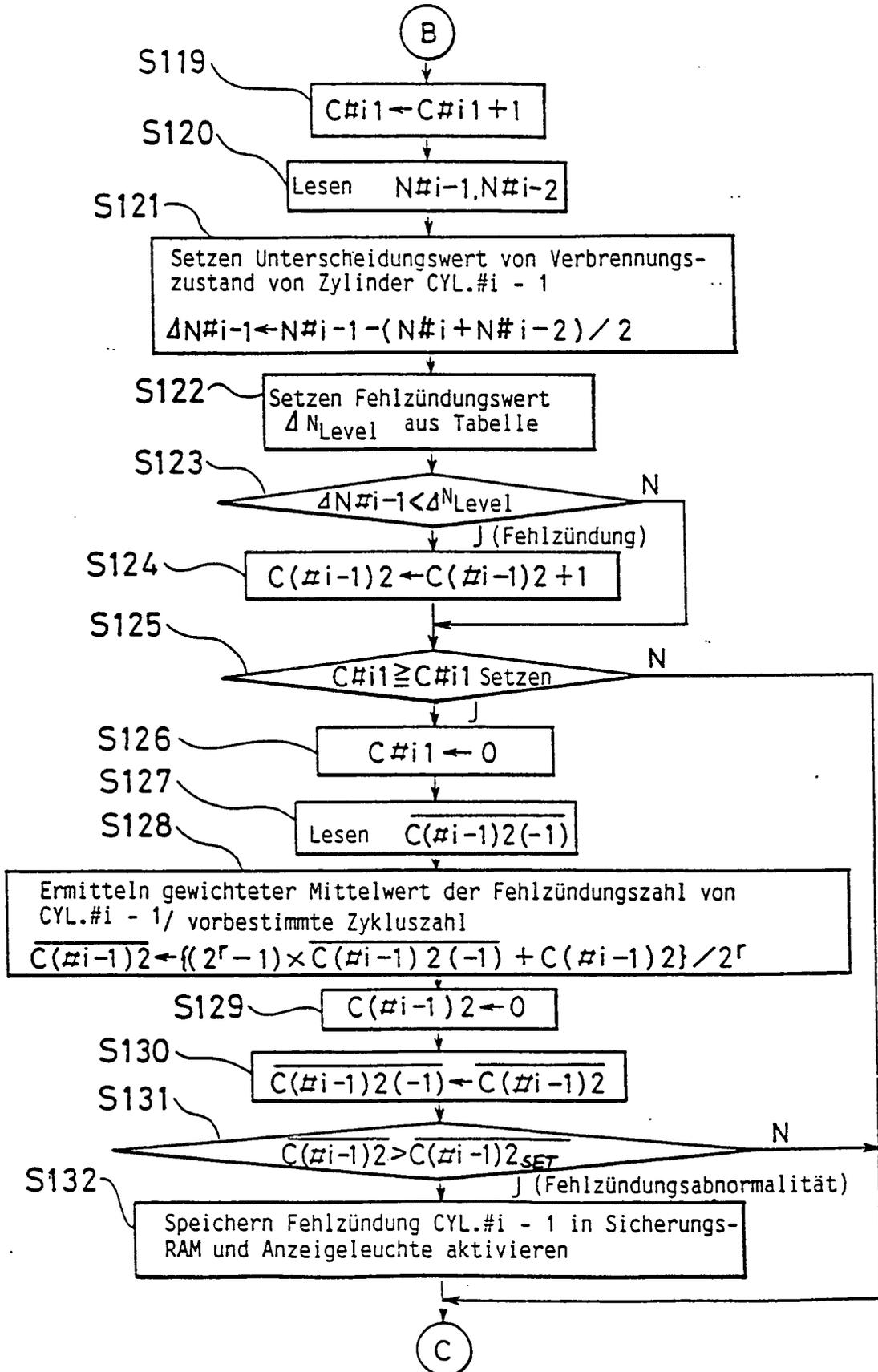


FIG.17

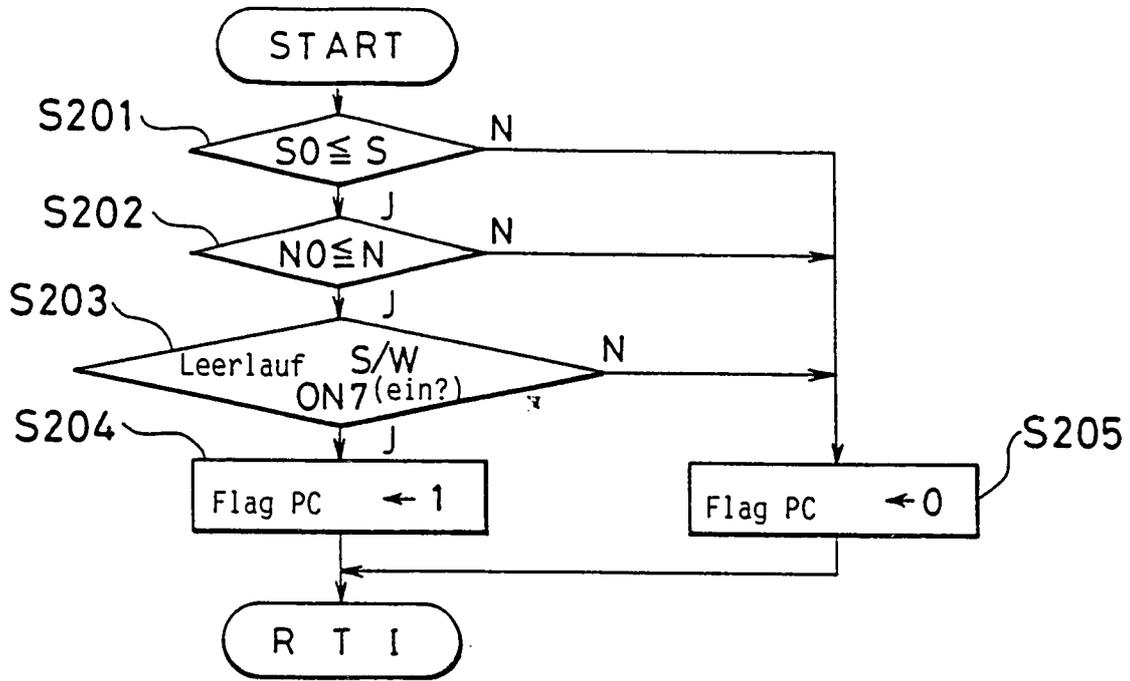


FIG.18

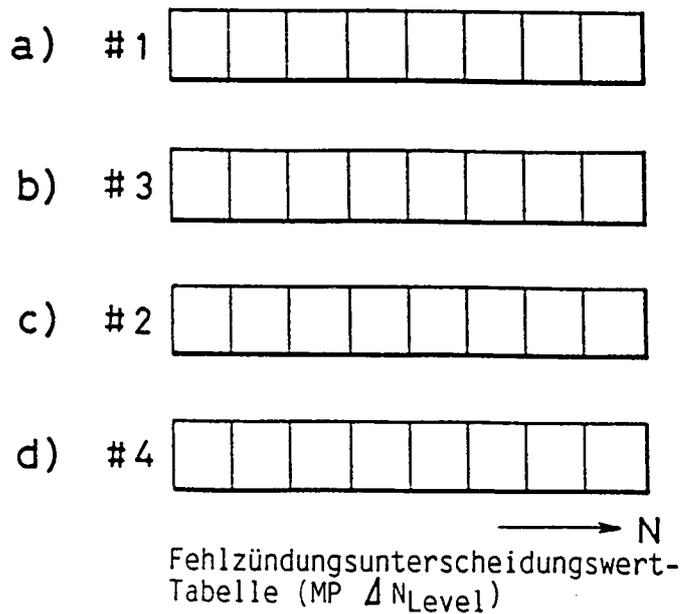


FIG.19

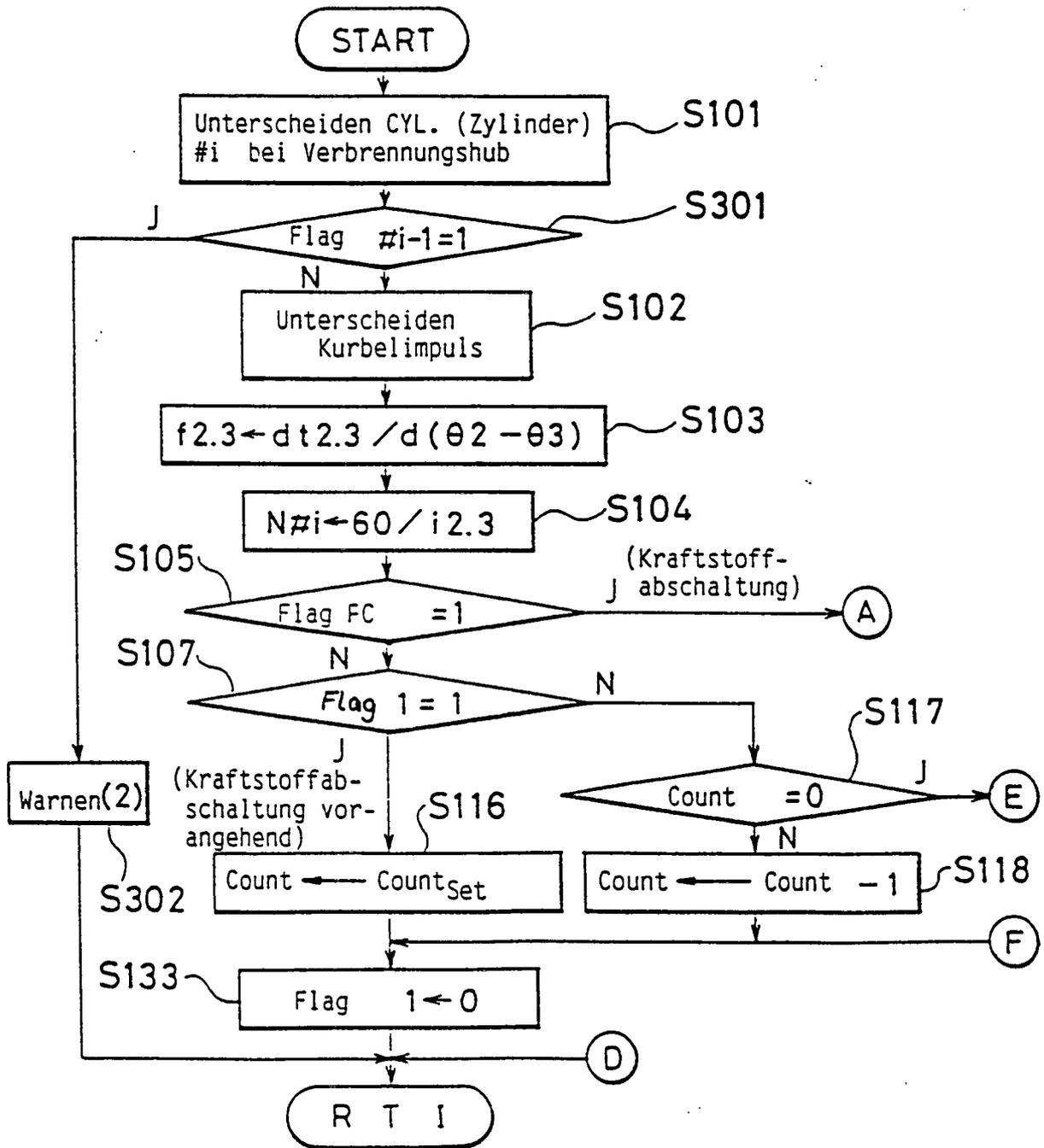


FIG.20

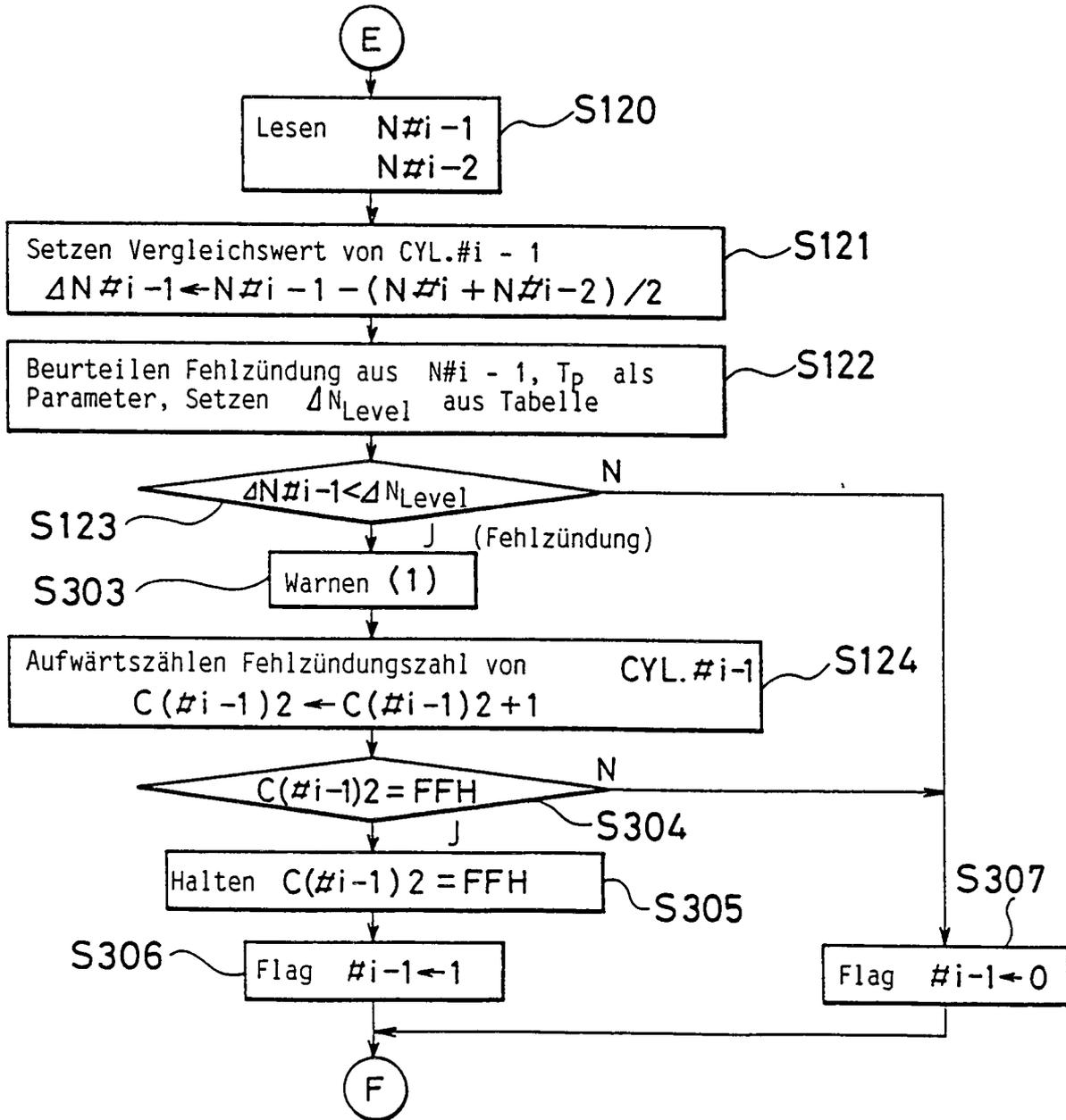


FIG. 21

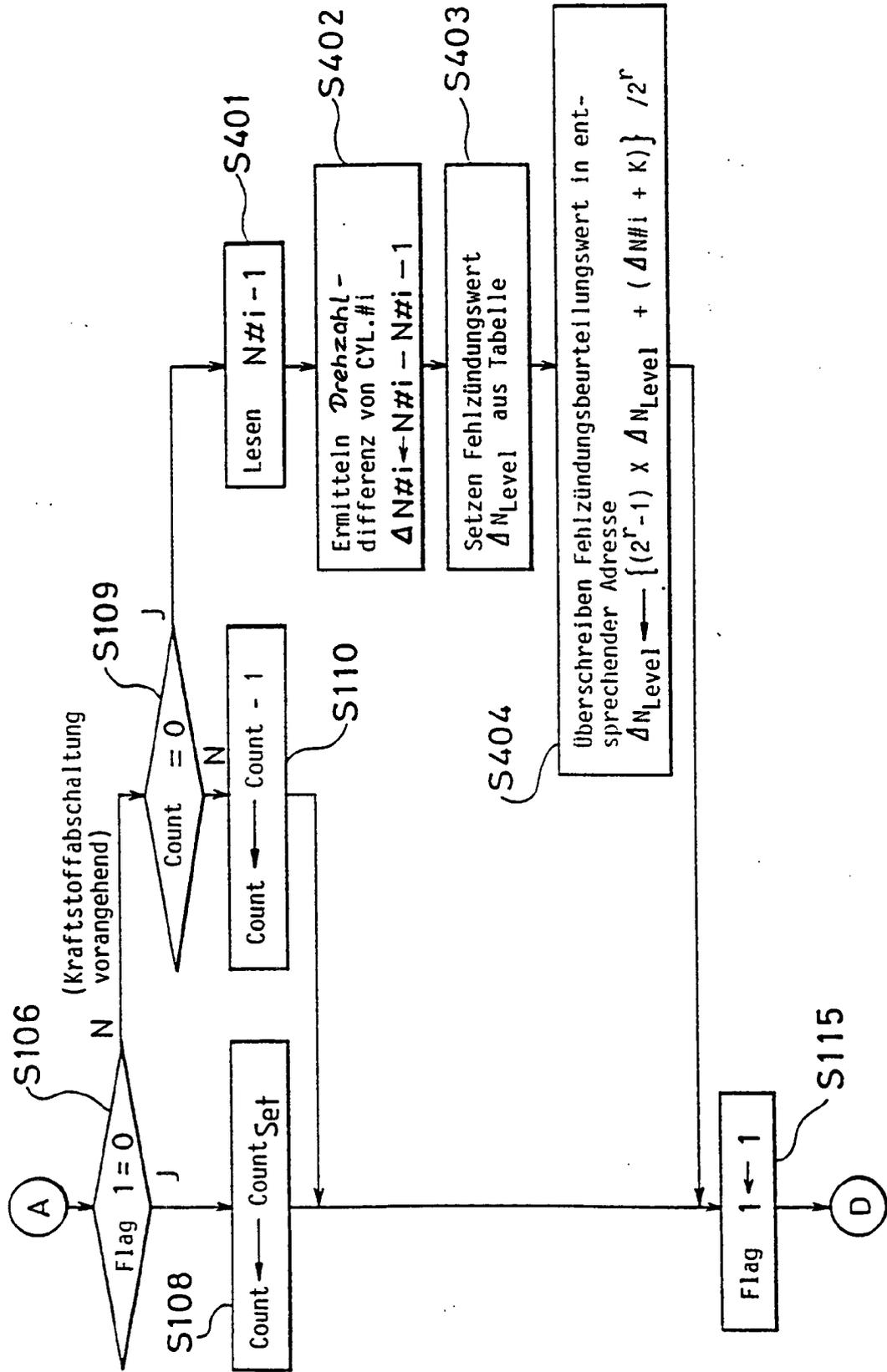


FIG.22

