



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

(10) **DE 196 55 261 B4 2009.09.24**

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **196 55 261.3**  
 (22) Anmeldetag: **14.11.1996**  
 (43) Offenlegungstag: **04.12.1997**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **24.09.2009**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F02D 41/00 (2006.01)**  
**F02D 41/14 (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. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:  
**8-140439 03.06.1996 JP**

(62) Teilung aus:  
**196 47 161.3**

(73) Patentinhaber:  
**Mitsubishi Denki K.K., Tokyo, JP**

(74) Vertreter:  
**HOFFMANN & EITLE, 81925 München**

(72) Erfinder:  
**Takahashi, Yasuhiro, Tokyo, JP; Fukui, Wataru, Tokyo, JP**

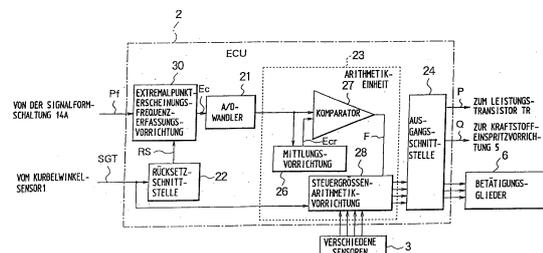
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

<b>DE</b>	<b>44 10 063</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>31 28 027</b>	<b>A1</b>
<b>JP</b>	<b>07-2 43 346</b>	<b>A</b>
<b>DE</b>	<b>40 37 943</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>43 03 241</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>43 39 592</b>	<b>A1</b>
<b>JP</b>	<b>02-1 04 978</b>	<b>A</b>
<b>JP</b>	<b>04-0 54 283</b>	<b>A</b>

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

(57) Hauptanspruch: Steuervorrichtung für eine Brennkraftmaschine, umfassend:

- a) eine Ionenstrommessvorrichtung (D1, R, DZ, D2, 9) zur Erfassung der Menge an Ionen, die in einem momentan gesteuerten Brennkraftmaschinenzylinder erzeugt werden, als Ionenstrom (i) unmittelbar nach der Zündung in dem betreffenden Brennkraftmaschinenzylinder;
- b) eine Wertermittlungsvorrichtung (2) zur Ermittlung eines Entscheidungswertes (EG) auf der Grundlage eines Ionenstrommesssignals (Ei), mit Hilfe dessen der Verbrennungszustand im Zylinder bestimmt werden kann; und
- c) eine Korrektursteuervorrichtung (2) zur Korrektur eines Steuerparameters zum Steuern des Betriebsablaufs der Brennkraftmaschine, wenn das Ergebnis des Vergleichs des ermittelten Entscheidungswertes (EG) mit einem zugehörigen Bezugswert (ER) entweder das Absinken der Ausgangsleistung der Brennkraftmaschine oder eine Verschlechterung des Verbrennungszustands in dem Brennkraftmaschinenzylinder anzeigt; dadurch gekennzeichnet, dass
- d) die Wertermittlungsvorrichtung (2) dafür ausgelegt ist, den Entscheidungswert auf der Grundlage einer Frequenz (C) von in dem Ionenstrommesssignal (Ei) auftretenden Extremalpunkten zu ermitteln.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Steuervorrichtung zum Steuern einer Brennkraftmaschine auf Grundlage eines Ionenstroms gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

**[0002]** Die DE 40 37 943 A1 beschreibt für die Steuerung einer Brennkraftmaschine die Erfassung des Ionenstroms und die Auswertung davon, um einen Klopfzustand zu bestimmen. Bei klopfender Verbrennung wird der Zündzeitpunkt nach spät verschoben. Wenn ein Zielwert für die Spätverschiebung überschritten wird, dann wird ein Steuerparameter korrigiert bzw. eingestellt, so dass die Kraftstoffversorgung unterbrochen wird.

**[0003]** Die DE 43 03 241 A1 beschreibt die Bestimmung von Fehlzündungsbedingungen auf Grundlage eines Ionenstroms. Es wird hier lediglich erwähnt, dass die Fehlzündungsrate auf Grundlage der Anzahl von Fehlzündungserfassungssignalen innerhalb einer bestimmten Periode bestimmt wird. Ein Ionenstromdetektor wird zum Erfassen des Verbrennungszustands verwendet und auf Grundlage des Ausgangssignals der Verbrennungszustands-Erfassungseinrichtung wird ein Fehlzündungserfassungssignal erzeugt. Dann wird ein Intervall des Fehlzündungserfassungssignals erzeugt, nämlich das sogenannte Fehlzündungsintervall. Dieses Intervall zeigt dann einen bestimmten Verbrennungszustand im Fehlzündungsintervall an. Das Fehlzündungsintervall wird dann mit einem vorgegebenen Intervall verglichen und eine Steuerung der Brennkraftmaschine wird vorgenommen. Ferner wird ein Fehlzündungsintervallzähler und eine Fehlzündungsraten-Erfassungseinrichtung beschrieben.

**[0004]** Die DE 42 39 592 A1 beschreibt einen Klopfdetektor für eine Brennkraftmaschine, bei dem nach Ablauf einer vorgegebenen Zeit nach dem Auftreten einer abfallenden Flanke im Kurbelwinkelsignal entschieden wird, ob ein Verbrennungsimpuls aufgetreten ist oder nicht. Die Zeit, nach der eine Erfassung des Verbrennungsimpulses vorgenommen wird, wird dabei vorgegeben, d. h. es wird nicht explizit bestimmt, wann ein Ionenstromimpuls bezüglich einer abfallenden Flanke eines Kurbelwinkelsignals auftritt. Es wird hier nicht bestimmt, wie oft maximal und minimal in dem Ionenstromsignal auftreten und es wird auch nicht bestimmt, nach welcher Zeit ein Spitzenwert im Ionenstrom auftritt.

**[0005]** DE 31 28 027 A1 beschreibt eine Vorrichtung zum Identifizieren des Klopfens bei Mehrzylinder-Brennkraftmaschinen mit zumindest zwei Sensoren, die in Ionenstrom detektieren, und ein mit dem Ausgangssignal des Sensoren versorgtes Vergleichsmittel. Einer der Sensoren ist mit einem gezündeten Zylinder assoziiert und ein anderer mit ei-

nem nicht-gezündeten Zylinder, wodurch eine Identifikation des Klopfens unabhängig von Motorbedingungen bewirkt werden kann, wodurch die Möglichkeit von Fehlfunktionen aufgrund von Zündungen ausgeschlossen wird.

**[0006]** DE 44 10 063 A1 beschreibt eine Steuereinheit zum Bestimmen des Verbrennungszustandes in einen Brennkraftmotor auf Basis eines in einen Zylinder des Brennkraftmotors nach Verbrennung detektierten Ionenstromwertes, um die Steuerparameter des Verbrennungsmotor gemäß dem bestimmten Verbrennungszustand einzustellen. Der Verbrennungszustand wird unter Erwägung von Spitzenwert IP und Impulsbreite IW bestimmt. Der gesteuerte Parameter des Verbrennungsmotors wird so verändert, dass das Produkt aus Spitzenwert IP und Impulsbreite IW maximiert wird.

**[0007]** JP 07243346 A lehrt ein Klopfdetektionsverfahren durch Ionenstrom und beschreibt allgemein die Differenzierbarkeit von Klopf Frequenzkomponenten wie auch Klopfdetektion unter Beschränkung von für die Klopfdetektion verwendeten Ionenstromwerten auf Betriebszeitperioden des Verbrennungsmotors, in denen Rauschkomponenten klein sind.

**[0008]** Im allgemeinen wird bei einer Brennkraftmaschine eine Luft-Kraftstoffmischung in einen Brennraum eingebracht, der innerhalb jedes der Brennkraftmaschinenzylinder vorgesehen ist, und dann während eines Verdichtungshubes dadurch verdichtet, dass sich ein Kolben in dem Zylinder hin- und herbewegt. Daraufhin wird Hochspannung an eine Zündkerze des Zylinders angelegt, wodurch ein Funken zwischen Elektroden der Zündkerze infolge einer elektrischen Entladung erzeugt wird. Hierdurch wird die Verbrennung der komprimierten Luft-Kraftstoffmischung ausgelöst. Explosionsenergie infolge der Verbrennung wird dann in eine Bewegung oder einen Hub des Kolbens in entgegengesetzter Richtung zum Verdichtungshub umgewandelt, und diese Bewegung wird in ein Drehmoment umgewandelt, welches von der Brennkraftmaschine über eine Kurbelwelle abgegeben wird.

**[0009]** Bei der Verbrennung der komprimierten Luft-Kraftstoffmischung innerhalb des Brennkraftmaschinenzylinders während des Expansionshubes werden Moleküle innerhalb des Brennraums ionisiert. Wenn Hochspannung an eine Ionenstromerfassungselektrode angelegt wird, die so angebracht ist, dass sie zum Innern des Brennraums hin frei liegt, und zwar unmittelbar nach dem Expansionshub, kann eine Anzahl an elektrische Ladungen tragenden Ionen als Ionenstrom festgestellt werden.

**[0010]** Bekanntlich ändert sich die Stärke des Ionenstroms sehr empfindlich in Abhängigkeit vom Verbrennungszustand innerhalb des Brennraums. Unter

Ausnutzung dieses Effekts kann der Verbrennungszustand innerhalb des Brennkraftmaschinenzyinders identifiziert oder festgestellt werden, nämlich durch Feststellung des Zustands oder Pegels des Ionenstroms, etwa von dessen Spitzenwert, oder dergleichen.

**[0011]** In diesem Zusammenhang wurde eine Vorrichtung zur Feststellung des Auftretens einer Fehlzündung in der Brennkraftmaschine auf der Grundlage der Pegeländerung des Ionenstroms vorgeschlagen, wobei die Zündkerze als Elektrode zur Feststellung des Ionenstroms verwendet wurde. Eine derartige Vorrichtung ist beispielsweise in der JP 02104978 A und der JP 04054283 A beschrieben, welche weitere Einzelheiten einer derartigen konventionellen Fehlzündungserfassungsvorrichtung zeigen.

**[0012]** Die konventionellen Vorrichtungen, etwa jene, die in den voranstehend erwähnten Veröffentlichungen beschrieben wurden, sind im allgemeinen so ausgelegt, dass sie einen anormalen Verbrennungszustand innerhalb des Brennkraftmaschinenzyinders feststellen, etwa das Auftreten einer Fehlzündung, wenn der unmittelbar nach der Verbrennung festgestellte Ionenstrom einen niedrigeren Pegel aufweist als ein Bezugswert, der vorher dazu festgelegt wird, eine Entscheidung in Bezug auf das Auftreten einer Fehlzündung zu treffen. Wenn auf diese Weise eine anormale Verbrennung oder Fehlzündung festgestellt wird, können verschiedene Korrekturvorgänge durchgeführt werden, um die Anormalität oder die Fehlzündung zu vermeiden, beispielsweise eine Unterbrechung der Kraftstoffzufuhr zu dem Brennkraftmaschinenzyinder, bei welchem die Fehlzündung auftrat, und dergleichen.

**[0013]** Bei der voranstehend geschilderten Anordnung der konventionellen Steuervorrichtung für die Brennkraftmaschine mit innerer Verbrennung (nachstehend auch als Brennkraftmaschinensteuervorrichtung bezeichnet) kann das Auftreten der Fehlzündung auf der Grundlage der Änderung des Ionenstroms sicher festgestellt werden. Allerdings wird eine wirksamere Nutzung des festgestellten Ionenstroms für die Steuerung oder Regelung der Brennkraftmaschine in diesem Zusammenhang nicht überlegt, und daher ist die konventionelle Steuervorrichtung verbesserungswürdig, insbesondere in Bezug auf die Optimierung von Parametern, die zum Steuern des Motorbetriebs verwendet werden, durch Erfassung des Ausgangszustands der Brennkraftmaschine mit hoher Genauigkeit, und auch um eine derartige Motorsteuerung zu erzielen, welche eine Verringerung der Kraftstoffkosten ermöglicht, ohne das Fahrverhalten einer von der Brennkraftmaschine angetriebenen Last, etwa eines Kraftfahrzeugs, zu beeinträchtigen, und ohne die Steuerfähigkeit oder die Fähigkeit zur Sicherstellung einer hohen Ausgangsleistung der Brennkraftmaschine zu beein-

trächtigen.

**[0014]** Angesichts des voranstehend geschilderten Stands der Technik besteht ein Ziel der vorliegenden Erfindung in der Bereitstellung einer Steuer- oder Regel-Vorrichtung für eine Brennkraftmaschine, welche die voranstehend geschilderten Schwierigkeiten in zufriedenstellender Art und Weise lösen können.

**[0015]** Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung besteht in der Bereitstellung einer Steuervorrichtung für eine Brennkraftmaschine, welche einen oder mehrere Parameter optimieren kann, die zum Steuern des Betriebs der Brennkraftmaschine verwendet werden, unter Nutzung der Messinformation in Bezug auf einen Ionenstrom, der sich mit hoher Empfindlichkeit in Abhängigkeit vom Verhalten oder Zustand der Verbrennung innerhalb eines oder mehrerer Zylinder der Brennkraftmaschine ändert.

**[0016]** Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung besteht in der Bereitstellung einer Steuervorrichtung für eine Brennkraftmaschine, welche eine Optimierung der Steuerparameter erzielen kann, ohne hierdurch die Verfügbarkeit einer hohen Ausgangsleistung zu opfern, oder die Fähigkeiten der Brennkraftmaschine und das Fahrverhalten einer Last, etwa eines von der Brennkraftmaschine angetriebenen Kraftfahrzeuges, zu beeinträchtigen, wobei eine wenig kostenaufwendige Lösung angestrebt ist.

**[0017]** Insbesondere besteht ein Ziel der vorliegenden Erfindung in der Bereitstellung eines Ansatzes zum Steuern einer Brennkraftmaschine, welcher einen oder mehrere Parameter optimieren kann, die im Steuerbetrieb der Brennkraftmaschine verwendet werden, auf der Grundlage von Information, welche den Verbrennungszustand der Brennkraftmaschine betrifft, wobei ein gemessener Ionenstrom eingesetzt wird, der sich hochempfindlich in Abhängigkeit vom Verbrennungszustand innerhalb eines oder mehrerer Brennkraftmaschinenzyinder ändert, um hierdurch eine derartige Brennkraftmaschinenbetriebssteuerung zu erzielen, welche die Kraftstoffkosten verringert, ohne eine merkliche Verschlechterung der Steuerleistung hervorzurufen, während eine hohe Motorleistung sichergestellt wird, und das Antriebsvermögen für eine Last, etwa ein von der Brennkraftmaschine angetriebenes Kraftfahrzeug.

**[0018]** Die Aufgabe der Erfindung ist es somit eine Steuervorrichtung bereitzustellen, so dass eine feinfühligere Steuerung von Steuerparametern der Brennkraftmaschine erfolgen kann.

**[0019]** Diese Aufgabe wird durch eine Steuervorrichtung gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Weitere Vorteile und Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen und nachstehend angegeben.

**[0020]** Bei der voranstehend geschilderten Ausbildung der Brennkraftmaschinensteuervorrichtung kann der Steuerparameter für die Brennkraftmaschine mit hoher Genauigkeit dadurch optimiert werden, dass die Ionenstrommessinformation verwendet wird, die sich in Abhängigkeit vom Verbrennungszustand und dem Ausgangszustand der Brennkraftmaschine ändert. Es kann daher eine Steuerung mit magerer Verbrennung erzielt werden, um die Kraftstoffkosten zu verringern, ohne dass entweder eine Beeinträchtigung der maximalen Ausgangsleistung oder der MET-Steuerung (minimales Vorstellen der Zündung zur Erzielung des besten Drehmoments) auftritt, um eine hohe Ausgangsleistung der Brennkraftmaschine sicherzustellen, oder eine Beeinträchtigung des Fahrverhaltens des Kraftfahrzeugs zu verhindern, welches von der Brennkraftmaschine angetrieben wird, die mit der Steuervorrichtung versehen ist.

**[0021]** Bei der Erfindung wird ein gemessener Spitzenwert des Ionenstroms als Entscheidungswert verwendet. Unter Verwendung des Spitzenwerts des Ionenstromsignals als Entscheidungswert können der Verbrennungszustand und auch der Ausgangszustand der Brennkraftmaschine äußerst wirksam mit hoher Verlässlichkeit bestimmt werden, was vorteilhaft ist.

**[0022]** Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann die Ionenstrommessvorrichtung so ausgebildet sein, dass sie eine Verstärkungsumschalterschaltung aufweist, um selektiv die Verstärkung in Abhängigkeit vom Pegel des Ionenstrommesswertes zu ändern. In diesem Fall kann die Entscheidungswertfassungsvorrichtung den Spitzenwert als endgültigen Entscheidungswert bestimmen, auf der Grundlage des Ionenstrommesswertes und eines Verstärkungssignals, welches von der Verstärkungsumschalterschaltung geliefert wird. Bei der voranstehend geschilderten Ausbildung können der Verbrennungszustand und der Ausgangszustand der Brennkraftmaschine durch einen vereinfachten Aufbau der Steuervorrichtung bestimmt oder festgestellt werden. Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, bei welcher der Steuerparameter zum Steuern des Zündzeitpunktes für den Brennkraftmaschinenzylinder dient, kann die Korrektursteuervorrichtung so ausgelegt sein, dass sie den Zündzeitpunkt auf solche Weise steuert oder regelt, dass eine maximale Ausgangsleistung der Brennkraftmaschine erzielt werden kann, wenn das Ergebnis der Vergleichs zwischen dem Spitzenwert und dem Bezugswert, der als Bezugs-Spitzenwert vorliegt, anzeigt, dass die Ausgangsleistung der Brennkraftmaschine absinkt. Mit der voranstehend geschilderten Ausbildung kann wirksam eine MBT-Steuerung oder -Regelung (Regelung mit minimaler Zündzeitpunktvorstellung zur Erzielung des besten Drehmoments) realisiert wer-

den.

**[0023]** Wenn der Steuerparameter zum Steuern einer Kraftstoffeinspritzmenge dient, welche ein Luft-Kraftstoffverhältnis festlegt, kann die Korrektursteuervorrichtung so ausgebildet sein, dass sie die Kraftstoffeinspritzmenge korrigiert, so dass der Verbrennungszustand der Brennkraftmaschine optimiert werden kann, wenn das Ergebnis des Vergleichs zwischen dem Spitzenwert und dem als Bezugs-Spitzenwert vorliegenden Bezugswert eine Beeinträchtigung des Verbrennungszustands anzeigt. Die Motorsteuervorrichtung mit der voranstehend geschilderten Ausbildung ist in der Hinsicht vorteilhaft, dass wirksam eine Steuerung in Richtung auf eine magere Verbrennung im Betrieb der bkm

**[0024]** Bei der Erfindung wird der Entscheidungswert auf der Grundlage der Zeit des Auftretens eines Spitzenwertes bestimmt, also der Zeit, zu welcher bei dem Ionenstrommesswert ein Spitzenwert auftritt. Verwendet man den Zeitpunkt des Auftretens eines Spitzenwertes als Entscheidungswert wie voranstehend geschildert, können der Verbrennungszustand und der Ausgangszustand der Brennkraftmaschine mit hoher Genauigkeit wirksam bestimmt werden.

**[0025]** In diesem Zusammenhang sollte, wenn der Steuerparameter zum Steuern des Zündzeitpunktes der Brennkraftmaschine dient, die Korrektursteuervorrichtung vorzugsweise so ausgelegt sein, dass sie auf solche Weise den Zündzeitpunkt steuert, dass eine maximale Ausgangsleistung der Brennkraftmaschine erhalten werden kann, wenn das Ergebnis des Vergleichs zwischen dem Zeitpunkt des Auftretens des Spitzenwertes und dem Zeitpunkt des Auftretens des Bezugs-Spitzenwertes eine Verringerung der Ausgangsleistung der Brennkraftmaschine anzeigt. Die voranstehend geschilderte Ausbildung gestattet eine wirksame Realisierung der voranstehend erläuterten MBT-Steuerung.

**[0026]** Wenn andererseits der Steuerparameter dazu dient, die Kraftstoffeinspritzmenge zu kontrollieren, welche das Luft-Kraftstoffverhältnis festlegt, sollte vorzugsweise die Korrektursteuervorrichtung so ausgelegt sein, dass sie die Kraftstoffeinspritzmenge auf solche Weise korrigiert, dass der Verbrennungszustand der Brennkraftmaschine optimiert werden kann, wenn das Ergebnis des Vergleichs zwischen dem Zeitpunkt des Auftretens des Spitzenwertes und dem Zeitpunkt des Auftretens des Bezugs-Spitzenwertes eine Verschlechterung des Verbrennungszustands anzeigt. Auch die voranstehend geschilderte Ausbildung gestattet eine hochwirksame Durchführung einer Steuerung der Brennkraftmaschine im Hinblick auf eine magere Verbrennung.

**[0027]** Bei einer weiteren bevorzugten Ausführ-

rungsform der Erfindung kann der Entscheidungswert auf der Grundlage einer Frequenz oder Häufigkeit von Extremalpunkten festgelegt werden, die bei dem Ionenstrommesswert auftreten. Verwendet man die Frequenz des Auftretens von Extremalpunkten des Ionenstrommesssignals wie voranstehend geschildert als den Entscheidungswert, so können der Verbrennungszustand und der Ausgangszustand der Brennkraftmaschine äußerst wirksam bewertet werden.

**[0028]** Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann die Entscheidungswertfassungsvorrichtung eine Frequenzkomponentenherausziehvorrichtung aufweisen, um aus dem Ionenstrommesswert Frequenzkomponenten abzuziehen, welche Extremalpunkt-komponenten entsprechen, sowie eine Signalformvorrichtung zum Formen der Frequenzkomponenten, die von der Frequenzkomponentenherausziehvorrichtung ausgegeben werden, in ein Impulssignal, welches Impulse entsprechend den Frequenzkomponenten enthält, wobei die Frequenz des Auftretens von Extremalpunkten auf der Grundlage des Impulssignals bestimmt wird. Durch die voranstehend geschilderte Ausbildung kann die Frequenz des Auftretens von Extremalpunkten mit hoher Wirksamkeit und Verlässlichkeit bestimmt werden.

**[0029]** Wird in diesem Zusammenhang der Steuerparameter zum Steuern des Zündzeitpunkts verwendet, kann die Korrektursteuervorrichtung so ausgelegt werden, dass sie den Zündzeitpunkt auf solche Weise steuert, dass von der Brennkraftmaschine eine maximale Ausgangsleistung erhalten werden kann, wenn das Ergebnis dieses Vergleichs zwischen der Frequenz des Auftretens von Extremalpunkten und der Frequenz des Auftretens von Bezugs-Extremalpunkten eine Verringerung der Ausgangsleistung der Brennkraftmaschine anzeigt. Die voranstehend geschilderte Ausbildung gestattet eine wirksame Realisierung der sogenannten MBT-Steuerung.

**[0030]** Wird andererseits der Steuerparameter zum Steuern einer Kraftstoffeinspritzmenge verwendet, welche das Luft-Kraftstoffverhältnis festlegt, kann die Korrektursteuervorrichtung so ausgelegt sein, dass sie die Kraftstoffeinspritzmenge auf solche Weise steuert, dass der Verbrennungszustand der Brennkraftmaschine optimiert werden kann, wenn das Ergebnis des Vergleichs zwischen der Frequenz des Auftretens von Extremalpunkten und der Frequenz des Auftretens von Bezugs-Extremalpunkten eine Beeinträchtigung des Verbrennungszustands anzeigt. Mit der voranstehend geschilderten Ausbildung lässt sich eine wirksame Realisierung einer Steuerung oder Regelung im Hinblick auf eine magere Verbrennung erzielen.

**[0031]** Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann der Entscheidungswert dadurch erhalten werden, dass der Startzeitpunkt festgestellt wird, zu welchem mit der Messung des Ionenstroms begonnen wird. Mit der voranstehend geschilderten Ausbildung können der Verbrennungszustand und der Ausgangszustand der Brennkraftmaschine äußerst wirksam festgestellt werden.

**[0032]** Ist in diesem Zusammenhang der Steuerparameter zum Steuern des Zündzeitpunkts gedacht, kann die Korrektursteuervorrichtung so ausgelegt werden, dass sie den Zündzeitpunkt auf solche Weise steuert, dass die Brennkraftmaschine eine maximale Ausgangsleistung liefert, wenn das Ergebnis des Vergleichs zwischen dem Messstartpunkt für den Ionenstrom und dem Bezugs-Messstartzeitpunkt eine Verringerung der Ausgangsleistung der Brennkraftmaschine anzeigt. Auf diese Weise lässt sich die MBT-Steuerung wirksam realisieren.

**[0033]** Dient andererseits der Steuerparameter zum Steuern der Kraftstoffeinspritzmenge, welche das Luft-Kraftstoffverhältnis festlegt, kann die Korrektursteuervorrichtung so ausgelegt sein, dass sie die Kraftstoffeinspritzmenge auf solche Weise steuert, dass der Verbrennungszustand der Brennkraftmaschine optimiert werden kann, wenn das Ergebnis des Vergleichs zwischen dem Messstartzeitpunkt für den Ionenstrom und dem Bezugs-Messstartzeitpunkt eine Beeinträchtigung des Verbrennungszustands anzeigt. Mit der voranstehend geschilderten Ausbildung lässt sich eine wirksame Realisierung einer Steuerung im Hinblick auf eine magere Verbrennung erzielen.

**[0034]** Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann die voranstehend geschilderte Brennkraftmaschinensteuervorrichtung zusätzlich eine Vorrichtung zur Bestimmung des Auftretens von Klopfen bei der Brennkraftmaschine enthalten. In diesem Fall kann die Korrektursteuervorrichtung eine Vorrichtung aufweisen, welche feststellt, ob die Brennkraftmaschine in einem MBT-Steuerbetriebsbereich arbeitet oder nicht, so dass die Korrektur auf solche Art und Weise durchgeführt werden kann, dass der Zündzeitpunkt für den jeweils gesteuerten Brennkraftmaschinenzylinder schrittweise um einen vorbestimmten Winkel innerhalb eines Bereiches vorgestellt wird, in welchem kein Klopfen auftreten kann, wenn das Ergebnis des Vergleichs eine Verringerung der Ausgangsleistung der Brennkraftmaschine über einen zulässigen Wert in dem MBT-Steuerbetriebsbereich hinaus anzeigt. Entsprechend lässt sich eine wirksame MBT-Steuerung erzielen.

**[0035]** Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung enthält die Korrektursteuer-

vorrichtung eine Vorrichtung zur Feststellung, ob die Brennkraftmaschine in einem Betriebsbereich mit magerem Kraftstoffanteil arbeitet oder nicht. In diesem Fall kann die Korrektur auf solche Weise durchgeführt werden, dass die Kraftstoffeinspritzmenge für den momentan gesteuerten Brennkraftmaschinenzylinder um einen vorbestimmten Betrag schrittweise verringert wird, wenn das Ergebnis des Vergleichs einen zufriedenstellenden Verbrennungszustand in dem Betriebsbereich mit magerem Kraftstoffanteil der Brennkraftmaschine anzeigt, wogegen die Kraftstoffeinspritzmenge für den jeweils gesteuerten Zylinder um einen vorbestimmten Betrag schrittweise erhöht wird, wenn das Ergebnis des Vergleichs eine Verschlechterung unter einen vorbestimmten Wert herunter innerhalb des Betriebsbereichs mit magerem Kraftstoffanteil der Brennkraftmaschine anzeigt. Hierdurch kann gleichfalls eine wirksame Steuerung im Hinblick auf eine magere Verbrennung erzielt werden.

[0036] Die Erfindung wird nachstehend anhand zeichnerisch dargestellter Ausführungsbeispiele näher erläutert, aus welchen weitere Vorteile hervorgehen. Es zeigt:

[0037] [Fig. 1](#) ein Blockschaltbild des Aufbaus einer Steuervorrichtung für eine Brennkraftmaschine gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0038] [Fig. 2](#) ein Zeitablaufdiagramm zur Erläuterung des Betriebs der Brennkraftmaschinensteuervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der Erfindung;

[0039] [Fig. 3](#) ein Funktionsblockdiagramm des Aufbaus einer elektronischen Steuereinheit, die in der Brennkraftmaschinensteuervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der Erfindung vorgesehen ist;

[0040] [Fig. 4](#) ein Eigenschaftsdiagramm, in welchem grafisch die Beziehung zwischen einem Spitzenwert eines Ionenstroms und dem Brennkraftmaschinenausgangsdrehmoment dargestellt ist;

[0041] [Fig. 5](#) ein Flussdiagramm zur Erläuterung einer Verarbeitung, die von einer Mittlungsvorrichtung durchgeführt wird, um einen Bezugsspitzenwert bei der ersten Ausführungsform der Erfindung zu bestimmen;

[0042] [Fig. 6](#) ein Flussdiagramm zur Erläuterung der Vergleichs-/Korrekturverarbeitungsoperation, die von der Brennkraftmaschinensteuervorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der Erfindung durchgeführt wird;

[0043] [Fig. 7](#) ein Funktionsblockdiagramm des Auf-

baus einer elektrischen Steuereinheit;

[0044] [Fig. 8](#) ein Blockschaltbild, welches schematisch und allgemein den grundlegenden Aufbau einer Brennkraftmaschinensteuervorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0045] [Fig. 9](#) ein Zeitablaufdiagramm zur Erläuterung von Operationen der Brennkraftmaschinensteuervorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform der Erfindung;

[0046] [Fig. 10](#) ein Funktionsblockdiagramm des Aufbaus einer elektronischen Steuereinheit, die in der Brennkraftmaschinensteuervorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform der Erfindung vorgesehen ist;

[0047] [Fig. 11](#) ein Eigenschaftsdiagramm, in welchem grafisch die Beziehung zwischen der Zeit des Auftretens eines Spitzenwertes eines Ionenstroms und einem von der Brennkraftmaschine abgegebenen Drehmoment dargestellt ist;

[0048] [Fig. 12](#) ein Flussdiagramm zur Erläuterung der Vergleichs-/Korrekturverarbeitung, die von der Motorsteuervorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform der Erfindung durchgeführt wird;

[0049] [Fig. 13](#) ein Blockschaltbild, welches schematisch den grundlegenden Aufbau einer Brennkraftmaschinensteuervorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0050] [Fig. 14](#) ein Zeitablaufdiagramm zur Erläuterung von Betriebsabläufen bei der in [Fig. 13](#) gezeigten Brennkraftmaschinensteuervorrichtung;

[0051] [Fig. 15](#) ein Funktionsblockdiagramm des Aufbaus einer elektronischen Steuereinheit, die in der Brennkraftmaschinensteuervorrichtung gemäß der dritten Ausführungsform der Erfindung vorgesehen ist;

[0052] [Fig. 16](#) ein Eigenschaftsdiagramm, in welchem grafisch die Beziehung zwischen der Frequenz des Auftretens eines Extrempunktes eines Ionenstroms und dem von der Brennkraftmaschine abgegebenen Drehmoment gezeigt ist;

[0053] [Fig. 17](#) ein Flussdiagramm zur Erläuterung der Vergleichs-/Korrekturverarbeitungsoperation, die von der Brennkraftmaschinensteuervorrichtung gemäß der dritten Ausführungsform der Erfindung durchgeführt wird;

[0054] [Fig. 18](#) ein Funktionsdiagramm des Aufbaus einer elektronischen Steuereinheit gemäß einer vierten Ausführungsform der Erfindung;

**[0055]** [Fig. 19](#) ein Blockschaltbild des grundlegenden Aufbaus einer Brennkraftmaschinensteuervorrichtung gemäß einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**[0056]** [Fig. 20](#) ein Zeitablaufdiagramm zur Erläuterung von Betriebsabläufen bei der Brennkraftmaschinensteuervorrichtung gemäß der fünften Ausführungsform der Erfindung;

**[0057]** [Fig. 21](#) ein Funktionsblockdiagramm, welches den Aufbau einer elektronischen Steuereinheit zeigt, die in der Brennkraftmaschinensteuervorrichtung gemäß der fünften Ausführungsform der Erfindung vorgesehen ist; und

**[0058]** [Fig. 22](#) ein Flussdiagramm zur Erläuterung der Vergleichs-/Korrekturverarbeitung, die von der Brennkraftmaschinensteuervorrichtung gemäß der fünften Ausführungsform der Erfindung durchgeführt wird.

**[0059]** In der folgenden Beschreibung bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder entsprechende Bauteile in den Zeichnungen.

**[0060]** [Fig. 1](#) ist ein Blockschaltbild, welches allgemein den Aufbau einer Steuervorrichtung für eine Brennkraftmaschine mit innerer Verbrennung gemäß der Erfindung zeigt, wobei angenommen wird, dass über einen Verteiler eine Hochspannung an Zündkerzen der jeweiligen Brennkraftmaschinenzylinder verteilt wird. [Fig. 2](#) ist ein Zeitablaufdiagramm, welches Signalformen (Spannungen) zeigt, die bei der in [Fig. 1](#) gezeigten Anordnung auftreten, unter der Annahme, dass die Luft-Kraftstoffmischung in den einzelnen Brennkraftmaschinenzylindern eine normale Verbrennung erfährt.

**[0061]** In [Fig. 1](#) ist einer (nicht dargestellten) Kurbelwelle einer Brennkraftmaschine mit innerer Verbrennung (ebenfalls nicht dargestellt und meist kurz gefasst als Brennkraftmaschine bezeichnet) ein Kurbelwinkelsensor **1** zugeordnet, der so ausgebildet ist, dass er ein Kurbelwinkelsignal SGT ausgibt, welches eine Anzahl an Impulsen mit einer Frequenz enthält, die von der Drehzahl (Umdrehungen pro Minute) der Brennkraftmaschine abhängt.

**[0062]** Die Vorderflanken der in dem Kurbelwinkelsignal SGT enthaltenen Impulse geben Winkelbezugspositionen für die einzelnen Brennkraftmaschinenzylinder ausgedrückt in Kurbelwinkeln an. Das Kurbelwinkelsignal SGT wird einer elektronischen Steuereinheit **2** zugeführt, die durch einen Mikrocomputer gebildet werden kann, um dort für verschiedene Steuerungen und zugehörige arithmetische Operationen eingesetzt zu werden, wie dies nachstehend noch im einzelnen verdeutlicht wird.

**[0063]** Die elektronische Steuereinheit **2** ist so programmiert, dass sie ein Zündsignal P erzeugt, welches an einen Leistungstransistor TR zum Treiben einer Zündspule **4** angelegt werden soll, ein Kraftstofffeinspritzsignal Q erzeugt, welches an jede der Kraftstofffeinspritzvorrichtungen **5** angelegt wird, die jeweils einem einzelnen Brennkraftmaschinenzylinder zugeordnet sind, und dass sie Treibersignale ausgibt, die verschiedenen Betätigungsgliedern zugeführt werden, die allgemein durch das Bezugszeichen **6** bezeichnet sind, und für ein Drosselventil, ein ISC-Ventil und dergleichen vorgesehen sind, auf der Grundlage des von dem Kurbelwinkelsensor **1** ausgegebenen Kurbelwinkelsignals SGT und der Brennkraftmaschinenbetriebsinformationssignale, die von den verschiedenen Sensoren **3** erhalten werden, beispielsweise einem Einlassluftsensor, einem Drosselklappenpositionssensor und anderen, an sich bekannten Sensoren.

**[0064]** Das Zündsignal P, welches von der elektronischen Steuereinheit **2** ausgegeben wird, wird an die Basis des Leistungstransistors TR angelegt, um diesen ein- oder auszuschalten. Genauer gesagt wird der Leistungstransistor TR in Reaktion auf das Zündsignal P ausgeschaltet, wodurch ein Primärstrom  $i_1$  unterbrochen wird, der durch die Primärwicklung **4a** der Zündspule **4** fließt. Infolgedessen steigt eine Primärspannung  $V_1$ , die an der Primärwicklung **4a** anliegt, steil an, wodurch eine Sekundärspannung  $V_2$  mit einem hohen Spannungspegel (einige zehn Kilovolt) in der Sekundärwicklung **4b** der Zündspule **4** induziert wird.

**[0065]** Ein an eine Ausgangsklemme der Sekundärwicklung **4b** angeschlossener Verteiler **7** verteilt die Sekundärspannung  $V_2$  an Zündkerzen **8a**, ..., **8d**, wodurch eine Funkenentladung in Brennkammern auftritt, die jeweils in einem Brennkraftmaschinenzylinder vorgesehen sind, um die Verbrennung der Luft-Kraftstoffmischung auszulösen, die sich in der Brennkammer oder dem Brennraum jedes Zylinders befindet.

**[0066]** Zwischen ein Ende der Primärwicklung **4a** der Zündspule **4** und Masse ist eine Reihenschaltung eingefügt, die aus einer Gleichrichterdiode D1, einem Strombegrenzungswiderstand R, einer Spannungsbegrenzungs-Zenerdiode DZ und einer Gleichrichterdiode D2 besteht, wobei die Reihenschaltung einen Ladestrompfad bildet, der zu einer Stromversorgungsquelle zur Feststellung eines Ionenstroms führt. Die Stromversorgungsquelle kann beispielsweise durch einen Kondensator gebildet werden, wie nachstehend noch erläutert wird.

**[0067]** Parallel zwischen beide Enden der Zenerdiode DZ ist ein Kondensator **9** geschaltet, der durch einen Ladestrom auf einen vorbestimmten Pegel aufgeladen wird, und wie voranstehend erwähnt als

Stromversorgungsquelle zur Feststellung des Ionenstroms dient. Der Kondensator **9** wird unmittelbar nach dem Zündsteuervorgang entladen, so dass ein Ionenstrom  $i$  durch ihn hindurchfließen kann.

**[0068]** Zwischen ein Ende des Kondensators **9** und eine Klemme der Zündkerzen **8a**, ..., **8d** sind jeweils Dioden **11a**, ..., **11d** eingefügt, während eine Strom-Spannungswandlerschaltung **12** zwischen das andere Ende des Kondensators **9** und Massepotential eingefügt ist, wodurch jede der Dioden **11a**, ..., **11d** und die Strom-Spannungswandlerschaltung **12** mit dem Kondensator so zusammenarbeiten, dass eine Ionenstromerfassungsvorrichtung gebildet wird, durch welche der Ionenstrom  $i$  fließen kann.

**[0069]** Die Strom-Spannungswandlerschaltung **12** weist einen Strommesswiderstand (nicht gezeigt) auf, um den Ionenstrom  $i$  in eine entsprechende Spannung umzuwandeln, die als Ionenstrommesssignal  $E_i$  von der Strom-Spannungswandlerschaltung **12** ausgegeben wird, um der elektronischen Steuereinheit **2** zugeführt zu werden. Eine Verstärkungsumschaltschaltung **13** ist in Kombination mit der Strom-Spannungswandlerschaltung **12** vorgesehen, um den Pegel für die Spannungsumwandlung einzustellen, die von der Strom-Spannungswandlerschaltung **12** durchgeführt wird, entsprechend dem Pegel des Ionenstroms  $i$ . Anders ausgedrückt dient die Verstärkungsumschaltschaltung **13** zur Einstellung der Verstärkung der Strom-Spannungswandlerschaltung **12** in Abhängigkeit von dem Pegel des Ionenstroms. Ein Verstärkungsumschaltsignal  $G$ , welches den momentan wirksamen Verstärkungswert anzeigt, wird von der Verstärkungsumschaltschaltung **13** erzeugt, um in die elektronische Steuereinheit **2** eingegeben zu werden. [Fig. 3](#) ist ein Funktionsblockdiagramm, welches eine beispielhafte Ausbildung der elektronischen Steuereinheit **2** zeigt, die bei der in [Fig. 1](#) dargestellten Brennkraftmaschinensteuervorrichtung verwendet wird. Die elektronische Steuereinheit **2** ist so ausgelegt, dass der Verbrennungszustand unterscheidbar bestimmt oder identifiziert werden kann, auf der Grundlage des Ionenstrommesssignals  $E_i$  und des Verstärkungsumschaltsignals  $G$ .

**[0070]** Wie aus [Fig. 3](#) hervorgeht, weist die elektronische Steuereinheit **2** eine Spitzenwerthaltevorrichtung **20** zum Festhalten eines Spitzenwertes  $E_p$  des Ionenstrommesssignals  $E_i$  auf, einen Analog/Digital- oder A/D-Wandler **21** zur Umwandlung des Spitzenwertes  $E_p$  bzw. des Verstärkungsumschaltsignals  $G$  in ein jeweiliges Digitalsignal, eine Rücksetzschnittstelle (auch als Rücksetz-I/F bezeichnet) **22** zur Ausgabe eines Rücksetzsignals  $RS$  an die Spitzenwerthaltevorrichtung **20** in Reaktion auf das Kurbelwinkelsignal  $SGT$ , eine Arithmetikeinheit **23**, die durch eine zentrale Verarbeitungseinheit oder kurzgefasst CPU gebildet wird, und eine Ausgangsschnittstelle (auch als Ausgangs-I/F bezeichnet) **24** zur Ausgabe ver-

schiedener Steuerparameter, die von der Arithmetikeinheit **23** arithmetisch bestimmt werden.

**[0071]** Wie weiterhin aus [Fig. 3](#) hervorgeht, weist die Arithmetikeinheit **23** eine Entscheidungswertarithmetikvorrichtung **25** auf, um einen Spitzenwert  $E_G$  zu bestimmen, der als endgültiger Entscheidungswert verwendet werden soll, auf der Grundlage eines Produkts des Spitzenwertes  $E_p$  des Stroms und des Verstärkungsumschaltsignals  $G$ , welches von dem A/D-Wandler **21** eingegeben wird, eine Mittelungsvorrichtung **26** zur Bestimmung eines Bezugs-Spitzenwertes  $E_r$  auf der Grundlage des Mittelwertes der Spitzenwerte  $E_G$ , die über einen vorbestimmten vorherigen Zeitraum erfasst wurden, einen Komparator **27** zum Vergleichen des Entscheidungswertspitzenwertes  $E_G$ , der von der Arithmetikvorrichtung **25** ausgegeben wird, mit dem von der Mittelungsvorrichtung **26** ausgegebenen Bezugs-Spitzenwert  $E_r$ , um hierdurch ein Vergleichsergebnissignal  $F$  auszugeben, und eine Steuergrößenarithmetikvorrichtung **28** zur arithmetischen Bestimmung verschiedener Steuerparameter (beispielsweise Zündzeitpunkt, Kraftstoffeinspritzmenge, usw.) auf der Grundlage des Kurbelwinkelsignals  $SGT$ , welches von dem Kurbelwinkelsensor **1** ausgegeben wird und die Kurbelwinkelpositionen für jeden Zylinder anzeigt, und von Brennkraftmaschinenbetriebsinformationssignalen, die von den verschiedenen Sensoren erhalten werden, die in den [Fig. 1](#) und [Fig. 3](#) gemeinsam durch das Bezugszeichen **3** bezeichnet werden, wobei die Steuerparameter dadurch korrigiert werden, dass das voranstehend erwähnte Vergleichsergebnissignal  $F$  berücksichtigt wird.

**[0072]** Unter Bezugnahme auf die [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) wird nachstehend der allgemeine Betrieb der Brennkraftmaschinensteuervorrichtung gemäß der Erfindung beschrieben.

**[0073]** In [Fig. 1](#) gibt der Kurbelwinkelsensor **1** das Kurbelwinkelsignal  $SGT$  (siehe [Fig. 2](#)) aus, welches eine Impulssignalform hat, die von der Drehzahl (Umdrehungen pro Minute) der Brennkraftmaschine abhängt, während die elektronische Steuereinheit **2** verschiedene Treibersignale erzeugt, beispielsweise das Zündsignal  $P$  zum Ein-/Ausschalten des Leistungstransistors  $TR$  wie voranstehend geschildert, auf der Grundlage des Kurbelwinkelsignals  $SGT$ , welches die Kurbelwinkelpositionen der einzelnen Brennkraftmaschinenzylinder anzeigt, und der Brennkraftmaschinenbetriebszustandssignale, die von den Sensoren **3** stammen.

**[0074]** Der Leistungstransistor  $TR$  nimmt den elektrisch leitenden Zustand an, wenn das Zündsignal  $P$  auf dem hohen oder Pegel "H" liegt, so dass hierdurch der Primärstrom  $i_1$  durch die Primärwicklung **4a** der Zündspule **4** fließen kann. Ändert das Zündsignal  $P$  seinen Wert vom Pegel "H" auf den niedrigen

Pegel "L", so wird der durch die Primärwicklung **4a** der Zündspule **4** fließende Primärstrom  $i_1$  unterbrochen.

**[0075]** Nach Unterbrechung des Primärstroms  $i_1$  taucht die Primärspannung  $V_1$  über der Primärwicklung **4a** auf, wodurch der Kondensator **9** über den Ladestrompfad geladen wird, der durch die Gleichrichterdiode  $D_1$ , den Strombegrenzungswiderstand  $R$  und die Gleichrichterdiode  $D_2$  gebildet wird. Selbstverständlich hört die Aufladung des Kondensators **9** auf, wenn die am Kondensator **9** auftretende Spannung die Rückwärtsdurchbruchsspannung der Zenerdiode  $DZ$  erreicht hat.

**[0076]** Andererseits wird die Sekundärspannung  $V_2$  mit einigen zehn Kilovolt in der Sekundärwicklung **4b** der Zündspule **4** nach Unterbrechung des Primärstroms  $i_1$  erzeugt. Diese Sekundärspannung  $V_2$  wird über den Verteiler **7** an die Zündkerzen **8a**, ..., **8d** der einzelnen Brennkraftmaschinenzylinder angelegt, was zur Erzeugung einer Funkenentladung in jedem der Brennräume der Brennkraftmaschinenzylinder führt, wodurch die Luft-Kraftstoffmischung verbrannt wird.

**[0077]** Bei der Verbrennung der Luft-Kraftstoffmischung werden Ionen innerhalb des Brennraumes der Brennkraftmaschinenzylinder erzeugt. Daher kann der Ionenstrom  $i$  zum Kondensator **9** fließen, der auf einen Spannungspegel entsprechend der Durchbruchsspannung der Zenerdiode  $DZ$  aufgeladen wird, und als Stromversorgungsquelle dient. Es wird beispielsweise angenommen, dass die Verbrennung der Luft-Kraftstoffmischung innerhalb des Brennraums des Brennkraftmaschinenzylinders auftritt, der mit der Zündkerze **8a** ausgerüstet ist. Dann fließt der Ionenstrom  $i$  entlang einem Strompfad, der von dem Kondensator **9** bis zu der Strom-Spannungswandlerschaltung **12** reicht, über die Diode **11a** und die Zündkerze **8a**, in dieser Reihenfolge. Hierbei wandelt die Strom-Spannungswandlerschaltung **12** den Ionenstrom  $i$  in ein Spannungssignal um, welches als das Ionenstrommesssignal  $E_i$  ausgegeben wird, um der elektronischen Steuereinheit **2** zugeführt zu werden. Andererseits schaltet die Verstärkungsumschaltschaltung **13**, die mit der Strom-Spannungswandlerschaltung **12** zusammenarbeitet, die Verstärkung für die Strom-Spannungswandlung in Abhängigkeit von dem Spannungspegel des Ionenstrommesssignals  $E_i$  um, wodurch das Verstärkungsumschaltsignal  $G$ , welches die momentan wirksame Verstärkung angibt, der elektronischen Steuereinheit **2** eingegeben wird.

**[0078]** Hierbei wird darauf hingewiesen, dass mehrere unterschiedliche Pegel für das Verstärkungsumschaltsignal  $G$  eingestellt sind, wodurch jedes mal dann, wenn die Verstärkung schrittweise um einen Pegel verringert wird, das von der Strom-Spannungs-

wandlerschaltung **12** ausgegebene Spannungssignal um einen vorbestimmten Wert schrittweise erhöht wird.

**[0079]** In **Fig. 2** ist ein Zustand gezeigt, in welchem die Verstärkung um eine Stufe oder einen Pegel schrittweise verringert wird, wenn der Spannungspegel des Ionenstrommesssignals  $E_i$  einen vorbestimmten Pegel (siehe die gestrichelte Linie) erreicht hat, wodurch das Strom-Spannungswandlerverhältnis für das Ionenstrommesssignal  $E_i$  entsprechend von der Verstärkungsumschaltschaltung **13** schrittweise verringert wird. In diesem Fall nimmt die Spannung des Verstärkungsumschaltsignals  $G$  schrittweise um einen vorbestimmten Wert zu.

**[0080]** Wenn im Gegensatz hierzu der Spannungspegel des Ionenstrommesssignals  $E_i$  niedriger wird als ein vorbestimmter Pegel (nicht gezeigt), der unterhalb des voranstehend erwähnten vorbestimmten oder voreingestellten Pegels liegt, setzt die Verstärkungsumschaltschaltung **13** die Verstärkung für die Strom-Spannungswandlung schrittweise um einen Schritt oder Pegel herauf.

**[0081]** Als nächstes wird die Korrekturverarbeitungsoperation der Brennkraftmaschinensteuervorrichtung gemäß der Erfindung, wie in den **Fig. 1** und **Fig. 3** gezeigt, unter Bezugnahme auf die **Fig. 4** bis **Fig. 6** zusammen mit **Fig. 2** beschrieben, wobei **Fig. 4** ein Eigenschaftsdiagramm zur grafischen Darstellung der Beziehung zwischen dem Spitzenwert  $EG$  des Ionenstroms  $i$  und des von der Brennkraftmaschine abgegebenen Drehmoments  $T_e$  ist (welches zumindest annähernd mit dem Verbrennungszustand korreliert ist). Wie aus der Figur hervorgeht, nimmt das Brennkraftmaschinenausgangsdrehmoment  $T_e$  zu, was anzeigt, dass sich der Verbrennungszustand verbessert, wenn der Spitzenwert  $EG$  höher wird, innerhalb eines Bereiches des Ionenstroms  $i$  von  $50 \mu A$  bis  $150 \mu A$ .

**[0082]** **Fig. 5** ist ein Flussdiagramm zur Erläuterung des Mittlungsvorgangs, der von der Mittlungsvorrichtung **26** durchgeführt wird, und zeigt ein Mittlungsprogramm zur Bestimmung des Bezugs-Spitzenwertes  $E_r$ . Weiterhin ist **Fig. 6** ein Flussdiagramm zur Erläuterung von Operationen des Komparators **27** und der Steuergrößenarithmetikvorrichtung **28**, und zeigt ein Vergleichs-/Korrekturverarbeitungsprogramm zur Korrektur der Steuerparameter auf der Grundlage des Vergleichsergebnisanzeigesignals  $F$ . Bei der Brennkraftmaschinensteuervorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nunmehr angenommen, dass die Sensoren **3** einen Klopfsensor (nicht gezeigt) enthalten, und dass die Elektroniksteuereinheit **2** eine Vorrichtung oder Einrichtung aufweist, um eine Entscheidung in Bezug auf das Auftreten von Klopfen bei der Brennkraftmaschine durchzuführen, wodurch der

Zündzeitpunkt so gesteuert wird, dass er beim Auftreten von Klopfen verzögert wird, um hierdurch das Auftreten von Klopfen zu unterdrücken.

**[0083]** Die Arithmetikeinheit **23**, die in der elektronischen Steuereinheit **2** vorgesehen ist, dient nicht nur zur arithmetischen Festlegung des Zündzeitpunktes und der Kraftstoffeinspritzmenge auf der Grundlage des Kurbelwinkelsignals SBT und der Brennkraftmaschinenbetriebszustandssignale, die von den Sensoren **3** ausgegeben werden, um hierdurch das Zündsignal P und das Kraftstoffeinspritzsignal Q auszugeben, sondern dient auch dazu, als Ausgangssignale das Zündsignal P und das Kraftstoffeinspritzsignal Q auszugeben, die endgültig auf der Grundlage des Spitzenwertes EG korrigiert werden, der arithmetisch aus dem Ionenstrommesssignal Ei und dem Verstärkungsumschaltsignal G bestimmt wird. Im einzelnen wird aus dem Verstärkungsumschaltsignal G und dem Ionenstrommesssignal Ei, die in die elektronische Steuereinheit **2** eingegeben werden, der Spitzenwert Ep des Ionenstrommesssignals Ei festgestellt, und durch die Spitzenwerthaltevorrichtung **20** gehalten, worauf der Spitzenwert Ep in ein Digitalsignal umgewandelt wird, ebenso wie das Verstärkungsumschaltsignal G, mit Hilfe des A/D-Wandlers **21**.

**[0084]** Zu diesem Zeitpunkt sperrt, wenn das Kurbelwinkelsignal SGT den Pegel "H" aufweist, die Rücksetzschnittstelle **22** die Spitzenwerthaltevorrichtung **20**, während sie das Rücksetzsignal RS zur Freischaltung der Spitzenwerthaltevorrichtung **20** ausgibt, wenn das Kurbelwinkelsignal SGT den Pegel "L" aufweist. Daher wird die Spitzenwerthaltevorrichtung **20** zurückgesetzt, wenn das Kurbelwinkelsignal SGT den Pegel "H" aufweist, und hält daher den Spitzenwert Ep nur während des Zeitraums, in welchem das Kurbelwinkelsignal SGT den Pegel "L" aufweist.

**[0085]** Das Verstärkungsumschaltsignal G und der Spitzenwert Ep, die durch den A/D-Wandler **21** in einen Digitalwert umgewandelt wurden, werden dann miteinander durch die Entscheidungswertarithmetikvorrichtung **25** multipliziert, welche wie voranstehend erwähnt einen Teil der Arithmetikeinheit **23** bildet, wodurch ein endgültiger Entscheidungswert, nämlich der Spitzenwert EG, der die von dem Verstärkungsumschaltsignal G angezeigte Verstärkung widerspiegelt, erhalten werden kann.

**[0086]** Da der Spannungspegel des Ionenstrommesssignals Ei in Abhängigkeit vom Verstärkungsumschaltsignal G niedrig wird, wie aus [Fig. 2](#) hervorgeht, kann der aktuelle oder tatsächliche Spitzenwert EG dadurch erhalten werden, dass der Spitzenwert Ep, der anfänglich gehalten wird, mit der Verstärkung multipliziert wird, die durch das Verstärkungsumschaltsignal G angezeigt wird.

**[0087]** Die Mittelungsvorrichtung **26** dient zum Mitteln der Spitzenwerte EG über einen vorbestimmten Zeitraum in der Vergangenheit (siehe [Fig. 5](#)). Genauer gesagt wird mit Hilfe der Mittelungsvorrichtung **26** ein Strombezugsspitzenwert Er(n) auf der Grundlage des Spitzenwertes EG(n) und des vorherigen Bezugs-Spitzenwertes Er(n - 1) auf der Grundlage des folgenden Ausdrucks (1) erhalten (Schritt S1):

$$Er(n) = EG(n)/K + Er(n - 1) \times (K - 1)/K \quad (1)$$

wobei der Koeffizient K die Anzahl an Daten in der Vergangenheit angibt, mit welchen der Mittlungsvorgang durchgeführt wird.

**[0088]** Nach Beendigung des Mittlungsprogramms ([Fig. 5](#)) führt dann die Arithmetikeinheit **23** das in [Fig. 6](#) gezeigte Vergleichs-/Korrekturverarbeitungsprogramm durch.

**[0089]** In [Fig. 6](#) wird zuerst in einem Schritt S11 auf der Grundlage der Betriebszustandsinformation, die von den Ausgängen der verschiedenen Sensoren **3** herkommt, entschieden, ob der momentane Brennkraftmaschinenbetriebssteuerzustand innerhalb eines MBT-Steuerbetriebsbereiches liegt (MBT: minimum-spark-advance-for-best-torque, minimales Vorstellen der Zündung zur Erzielung des besten Drehmoments) (maximale Brennkraftmaschinenausgangsleistung). Ist die Antwort bei diesem Entscheidungsschritt S11 bejahend, also "JA", so wird dann im Schritt S12 eine Entscheidung getroffen, ob Klopfen auftritt.

**[0090]** Wenn im Schritt S12 festgestellt wird, dass Klopfen auftritt (also wenn der Schritt S12 das Ergebnis "JA" ergibt), so wird der Zündzeitpunkt um einen Zeitraum entsprechend einem vorbestimmten Kurbelwinkel verzögert, um das Klopfen zu unterdrücken, im Schritt S13, um hierdurch das Klopfen zu verhindern, worauf die Verarbeitung des in [Fig. 6](#) dargestellte Programm verlässt.

**[0091]** Wird im Gegensatz festgestellt, dass kein Klopfen auftritt (also wenn die Antwort auf den Entscheidungsschritt S12 negativ "NEIN" ist), dann vergleicht der Komparator **27** den Bezugs-Spitzenwert Er(n), der entsprechend dem Ausdruck (1) bei dem Mittlungsvorgang erhalten wird, mit dem momentan festgestellten Spitzenwert EG(n), um hierdurch eine Entscheidung zu treffen, ob die Differenz zwischen den beiden genannten Werten Er(n) und EG(n) größer oder gleich einem zulässigen Wert  $\alpha$  ist, oder nicht, was einen Zustand mit unvollständiger Verbrennung anzeigt, und zwar durch Überprüfung, ob die durch den folgenden Ausdruck (2) vorgegebene Bedingung erfüllt ist oder nicht (Schritt S14):

$$Er(n) - EG(n) \geq \alpha \quad (2)$$

**[0092]** Der Komparator **27** gibt dann ein Signal, welches das Ergebnis des Vergleichs anzeigt, ob nämlich die durch den Ausdruck (2) vorgegebene Bedingung erfüllt ist oder nicht, als das voranstehend erwähnte Vergleichsergebnisanzeigesignal F an die Steuergrößenarithmetikvorrichtung **28** aus.

**[0093]** Wenn die durch den Ausdruck (2) gegebene Bedingung nicht erfüllt ist, also die Bedingung  $Er(n) - EG(n) < \alpha$  erfüllt ist (also die Antwort bei dem Vergleichsentscheidungsschritt S14 negativ "NEIN" ist), so bedeutet dies, dass der Spitzenwert des Ionenstroms ausreichend groß ist, um die volle Verfügbarkeit des Brennkraftmaschinenausgangsrehmoments  $Te$  sicherzustellen, wie sich aus [Fig. 4](#) ergibt.

**[0094]** Die Steuergrößenarithmetikvorrichtung **28** sieht daher den Spitzenwert EG so an, dass er den normalen Verbrennungszustand anzeigt. Daher verlässt der Betriebsablauf das in [Fig. 6](#) gezeigte Programm, ohne eine Motorsteuergröße wie etwa den Zündzeitpunkt und/oder die Kraftstoffeinspritzmenge zu korrigieren.

**[0095]** Wird andererseits in dem Schritt S14 festgestellt, dass die durch den Ausdruck (2) vorgegebene Bedingung erfüllt ist (also wenn der Entscheidungsschritt S14 zu einem positiven Ergebnis "JA" kommt), bedeutet dies, dass der Ionenstromspitzenwert EG abnimmt, wobei das Brennkraftmaschinenausgangsrehmoment  $Te$  niedriger wird (infolge einer Beeinträchtigung des Verbrennungszustandes). Daher wird das Zündsignal P so korrigiert, dass der Zündzeitpunkt um einen vorbestimmten Winkel vorgestellt wird, um hierdurch eine maximale Brennkraftmaschinenausgangsleistung zu erhalten (Schritt S15), worauf die Verarbeitung das in [Fig. 6](#) gezeigte Programm verlässt.

**[0096]** Die Korrekturverarbeitung zum Vorstellen des Zündzeitpunkts wie voranstehend geschildert wird mehrfach um einen vorbestimmten Winkel solange durchgeführt, bis die Antwort bei dem Entscheidungsschritt S11 negativ ist, was anzeigt, dass sich der Verbrennungszustand verbessert hat.

**[0097]** Wenn im Schritt S11 festgestellt wird, dass der momentane Brennkraftmaschinenbetriebssteuerzustand nicht in dem Betriebsbereich für maximale Brennkraftmaschinenausgangsleistung oder in dem MBT-Betriebsbereich liegt (also wenn die Antwort beim Schritt S11 gleich "NEIN" ist), dann wird in einem Schritt S16 festgestellt, ob der momentane Betriebssteuerzustand innerhalb eines sogenannten Betriebsbereichs für magere Verbrennung liegt oder nicht (also in einem Brennkraftmaschinenbetriebsbereich, in welchem der Brennstoff, also die Luft-Kraftstoffmischung, mager ist).

**[0098]** Wenn festgestellt wird, dass der momentane

Steuerzustand außerhalb des Betriebsbereichs für magere Verbrennung liegt (also wenn die Antwort beim Schritt S16 gleich "NEIN" ist), so bedeutet dies, dass ausreichend viel Kraftstoff zugeführt wird, wobei die Kraftstoffeinspritzzeit ausreichend an den momentanen Brennkraftmaschinenbetriebszustand angepasst ist. Daher führt die Steuergrößenarithmetikvorrichtung **28** keine Korrektur der Kraftstoffeinspritzmenge durch. Daher verlässt die Verarbeitung das in [Fig. 6](#) gezeigte Programm, ohne irgendeine Korrektur des Steuerparameters (also im vorliegenden Fall der Kraftstoffeinspritzmenge) durchzuführen.

**[0099]** Wenn im Gegensatz hierzu im Schritt S16 festgestellt wird, dass der Brennkraftmaschinenbetriebszustand innerhalb des Betriebsbereichs für eine magere Verbrennung liegt (also wenn die Antwort beim Schritt S16 "JA" ist), dann wird im Schritt S17 eine Entscheidung getroffen, ob die durch den Ausdruck (2) vorgegebene Bedingung erfüllt ist oder nicht, wie voranstehend im Zusammenhang mit dem Schritt S14 bereits beschrieben wurde.

**[0100]** Wird in dem Schritt S17 ermittelt, dass  $Er(n) - EG(n) < \alpha$  ist, also wenn die Antwort bei dem Entscheidungsschritt S17 gleich "NEIN" ist, so bedeutet dies, dass der Verbrennungszustand zufriedenstellend ist (also innerhalb eines zulässigen Toleranzbereiches liegt). Daher wird das Kraftstoffeinspritzsignal Q in einem Schritt S18 so korrigiert, dass die Kraftstoffeinspritzzeit um einen vorbestimmten Zeitwert verringert wird (und daher die Kraftstoffeinspritzmenge um einen vorbestimmten Betrag abnimmt), im Hinblick auf eine Verringerung der Kraftstoffkosten durch Erzielung eines Betriebszustandes mit magerer Verbrennung (also eines Zustands, in welchem die Luft-Kraftstoffmischung mager ist, welche verbrannt wird), worauf die Verarbeitung das in [Fig. 6](#) gezeigte Programm verlässt.

**[0101]** Wenn andererseits im Schritt S17 festgestellt wird, dass die durch den Ausdruck (2) vorgegebene Bedingung erfüllt ist (also wenn die Antwort beim Schritt S17 gleich "JA" ist), so bedeutet dies, dass der Verbrennungszustand unzureichend oder nicht akzeptabel ist. Daher wird die Kraftstoffeinspritzzeit um einen vorbestimmten Zeitraum schrittweise erhöht (anders ausgedrückt wird die Kraftstoffeinspritzmenge um einen vorbestimmten Betrag schrittweise erhöht), in einem Schritt S19, um eine maximale Brennkraftmaschinenausgangsleistung durch Optimierung des Verbrennungszustandes sicherzustellen, worauf die Verarbeitung das in [Fig. 6](#) dargestellte Programm verlässt.

**[0102]** Die voranstehend geschilderte Korrekturverarbeitung zur Erhöhung der Kraftstoffeinspritzmenge wird wiederholt so lange durchgeführt, bis der Entscheidungsschritt S17 das Ergebnis "NEIN" ergibt, wodurch angezeigt wird, dass sich der Verbren-

nungszustand verbessert hat.

**[0103]** Aus der voranstehenden Beschreibung sollte deutlich geworden sein, dass dann, wenn die Differenz zwischen dem momentanen Spitzenwert  $E_G(n)$  und dem Bezugs-Spitzenwert  $E_r(n)$ , der durch Mittelung der Spitzenwerte in der Vergangenheit über einen vorbestimmten Zeitraum erhalten wird, größer oder gleich dem zulässigen Wert  $\alpha$  wird, was eine Beeinträchtigung des Verbrennungszustandes anzeigt, die Korrekturverarbeitung zum Vorstellen des Zündzeitpunkts (Schritt S15) oder zur Erhöhung der Kraftstoffeinspritzmenge (Schritt S19) durchgeführt wird, um hierdurch den Verbrennungszustand der Brennkraftmaschine zu optimieren. Auf diese Weise kann ein maximales Ausgangsdrehmoment der Brennkraftmaschine sichergestellt werden.

**[0104]** In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass der vorbestimmte Winkel, um welchen der Zündzeitpunkt vorgestellt wird, um den Verbrennungszustand im Schritt S15 zu verbessern, und ebenso der vorbestimmte Zeitwert, um welchen die Kraftstoffeinspritzzeit oder Kraftstoffeinspritzdauer verlängert wird, um den Verbrennungszustand durch schrittweise Erhöhung der Kraftstoffeinspritzmenge im Schritt S19 zu korrigieren, vorzugsweise auf relativ kleine Erhöhungs-/Verringerungswerte eingestellt werden sollten, so dass sich eine Feineinstellung des Zündzeitpunkts und der Kraftstoffeinspritzmenge erreichen lässt.

**[0105]** [Fig. 7](#) ist ein Funktionsblockdiagramm, welches den Aufbau der elektrischen Steuereinheit **2** zeigt.

**[0106]** Bei der oben beschriebenen Brennkraftmaschinensteuervorrichtung wird der Spitzenwert  $E_g$  des Ionenstroms  $i$  als der Entscheidungswert oder Entscheidungszielwert bei der Durchführung der Entscheidung verwendet, wie der Verbrennungszustand des Brennkraftmaschinenzylinders ist.

**[0107]** Allerdings sollte berücksichtigt werden, dass der Zeitpunkt, an welchem der Spitzenwert des Ionenstrommesssignals  $E_i$  auftritt, in einer Beziehung zum Verbrennungszustand der Brennkraftmaschine steht. Berücksichtigt man diese Tatsache, so kann der Zeitpunkt, an welchem der Spitzenwert bei dem Ionenstrommesssignal  $E_i$  auftaucht (nachstehend als Spitzenwerterscheinungszeit bezeichnet) als der Entscheidungswert verwendet werden.

**[0108]** [Fig. 8](#) ist ein Blockschaltbild, welches allgemein und schematisch den grundlegenden Aufbau der Brennkraftmaschinensteuervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt, bei welcher der Zeitpunkt, an welchem der Spitzenwert bei dem Ionenstrommesssignal (Spannungssignal)  $E_i$  auftritt, als der Entscheidungswert zur Durchführung der Ent-

scheidung in Bezug auf den Verbrennungszustand verwendet wird. [Fig. 9](#) ist ein Zeitablaufdiagramm zur Erläuterung der Formen verschiedener Signale, die im Betrieb der Brennkraftmaschinensteuervorrichtung von [Fig. 8](#) erzeugt werden, unter der Annahme, dass sich der Verbrennungszustand in einem folgenden Verbrennungszyklus verbessert. Weiterhin ist [Fig. 10](#) ein Funktionsblockschaltbild, welches beispielhaft die Ausbildung der elektronischen Steuereinheit (ECU) **2** zeigt, die in der in [Fig. 8](#) dargestellten Brennkraftmaschinensteuervorrichtung vorgesehen ist.

**[0109]** Nachstehend erfolgt eine Beschreibung der Brennkraftmaschinensteuervorrichtung unter Bezugnahme auf [Fig. 8](#), wobei jene Bauteile, die bereits voranstehend im Zusammenhang mit [Fig. 1](#) beschrieben wurden, durch gleiche Bezugszeichen bezeichnet sind, und insoweit hier nicht erneut beschrieben werden.

**[0110]** Eine Spitzenwertestellschaltung **13A** arbeitet mit der Strom-Spannungswandlerschaltung **12** so zusammen, dass der Spannungspegel des Ionenstrommesssignals (Spannungssignals)  $E_i$  feiner eingestellt wird als bei der voranstehend geschilderten Verstärkungsumschaltschaltung **13** (vgl. [Fig. 1](#)), so dass der Spitzenwert des Ionenstrommesssignals  $E_i$  bei jedem Zündzeitpunkt im wesentlichen konstant gehalten werden kann.

**[0111]** Eine an der Ausgangsseite der Strom-Spannungswandlerschaltung **12** eingefügte Signalformschaltung **14** dient zum Vergleichen des Ionenstrommesssignals  $E_i$  mit einer vorbestimmten Bezugsspannung  $E_{pr}$ , welche einem Spitzenwertpegel entspricht (siehe [Fig. 9](#)), um hierdurch die Signalform des Ionenstrommesssignals  $E_i$  zu formen. Das Ausgangssignal der Signalformschaltung **14** wird als ein Spitzenwertimpuls  $P_i$  der elektronischen Steuereinheit **2** zugeführt.

**[0112]** In [Fig. 9](#) ist ein Zeitraum zwischen einem Zeitpunkt, an welchem das Kurbelwinkelsignal SGT absinkt, und einem Zeitpunkt, an welchem der Spitzenwertimpuls  $P_i$  ansteigt, durch  $T_p$  bezeichnet und wird als Spitzenwerterscheinungszeit bezeichnet, ein Spannungssignal, welches durch Umwandlung der Spitzenwerterscheinungszeit  $T_p$  in eine Spannung erhalten wird, ist mit  $E_t$  bezeichnet und wird als Spitzenwerterscheinungszeitmesssignal bezeichnet, und ein Wert, der durch Mitteln der Spitzenwerterscheinungszeitmesssignale  $E_t$  erhalten wird, wird als Bezugsspitzenwerterscheinungszeitmesssignal  $E_{tr}$  bezeichnet.

**[0113]** Nunmehr erfolgt eine Beschreibung des Aufbaus der elektronischen Steuereinheit unter Bezugnahme auf [Fig. 10](#), bei welcher gleiche oder in der Funktion entsprechende Bauteile wie jene, die voran-

stehend im Zusammenhang mit [Fig. 3](#) beschrieben wurden, durch gleiche Bezugszeichen bezeichnet sind, und insoweit hier nicht erneut beschrieben werden.

**[0114]** Eine Spitzenwerterscheinungszeiterfassungsvorrichtung **29**, die in der elektronischen Steuereinheit **2** vorgesehen ist, arbeitet so, dass sie die Spitzenwerterscheinungszeit  $T_p$ , die zwischen der abfallenden Flanke des Kurbelwinkelsignals SGT und der Anstiegsflanke des Spitzenwertimpulses  $P_i$  liegt, in ein Spannungssignal umwandelt, welches als das Spitzenwerterscheinungszeitmesssignal  $E_t$  bezeichnet wird, welches dann in den Komparator **27** eingegeben wird, der einen Teil der Arithmetikeinheit **23** bildet, und zwar über den A/D-Wandler **21**.

**[0115]** Andererseits mittelt die Mittlungsvorrichtung **26** die Spitzenwerterscheinungszeitmesssignale, die in einem vorbestimmten Zeitraum  $T_p$  erzeugt werden, um so das Bezugsspitzenwerterscheinungszeitmesssignal  $E_{tr}$  zu erzeugen, und zwar durch Ausführung eines Verarbeitungsprogramms, welches jenem ähnelt, das voranstehend unter Bezugnahme auf [Fig. 5](#) beschrieben wurde. Das Bezugsspitzenwerterscheinungszeitmesssignal  $E_{tr}$  wird dann an eine Bezugseingangsklemme des Komparators **27** angelegt. Daher vergleicht der Komparator **27** das Spitzenwerterscheinungszeitmesssignal  $E_t$  mit dem Bezugsspitzenwerterscheinungszeitmesssignal  $E_{tr}$ , und gibt das Vergleichsergebnisanzeigesignal  $F$  aus, welches den Verbrennungszustand repräsentiert. Das Vergleichsergebnisanzeigesignal  $F$  wird dann der Steuergrößenarithmetikvorrichtung **28** zugeführt. Da die Spitzenwerterscheinungszeiterfassungsvorrichtung **29** durch das Rücksetzsignal RS zurückgesetzt wird, welches von der Rücksetzschnittstelle **22** während eines Zeitraums ausgegeben wird, in welchem das Kurbelwinkelsignal SGT auf hohem Pegel liegt, vergleicht in diesem Fall der Komparator **27** das momentane Spitzenwerterscheinungszeitmesssignal  $E_t$  mit dem Bezugsspitzenwerterscheinungszeitmesssignal  $E_{tr}$ , welches durch Mitteln der früheren Spitzenwerterscheinungszeitmesssignale  $E_t$  über einen vorbestimmten Zeitraum in der Vergangenheit erhalten wird, um auf diese Art und Weise eine Entscheidung zu treffen, in wie weit das Spitzenwerterscheinungszeitmesssignal  $E_t$  geeignet ist, und zwar während eines Zeitraums, in welchem das Kurbelwinkelsignal SGT auf dem niedrigen Pegel liegt, also dem Pegel "L".

**[0116]** Unter Bezugnahme auf die [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) zusammen mit [Fig. 9](#) richtet sich nunmehr die Beschreibung auf die Korrekturverarbeitung, die von der in den [Fig. 8](#) und [Fig. 10](#) dargestellten Brennkraftmaschinensteuervorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform der Erfindung durchgeführt wird. [Fig. 11](#) ist ein Eigenschaftsdiagramm, welches graphisch die Beziehung zwischen der Spitzenwer-

terscheinungszeit  $T_p$  des Ionenstroms  $i$  und dem Brennkraftmaschinenausgangsdrehmoment  $T_p$  zeigt. Wie aus dieser Figur deutlich wird, nimmt mit kürzer werdender Spitzenwerterscheinungszeit  $T_p$  innerhalb eines Kurbelwinkelbereichs von  $A10^\circ$  bis  $A40^\circ$  vor dem oberen Totpunkt (TDC) das Brennkraftmaschinenausgangsdrehmoment  $T_e$  zu, was anzeigt, dass sich der Verbrennungszustand der Brennkraftmaschine entsprechend verbessert.

**[0117]** [Fig. 12](#) ist ein Flussdiagramm zur Erläuterung von Operationen des Komparators **27** und der Steuergrößenarithmetikvorrichtung **28**, und dieses Flussdiagramm ist im wesentlichen gleich jenem, welches voranstehend unter Bezugnahme auf [Fig. 6](#) erläutert wurde, mit der Ausnahme, dass der Ausdruck, welcher die Bedingungen für die Entscheidung in den Vergleichsschritten S24 und S27 (entsprechend den Schritten S14 und S17) festlegt, sich von dem Ausdruck (2) unterscheidet.

**[0118]** Weiterhin wird in diesem Zusammenhang darauf aufmerksam gemacht, dass der Betriebsablauf der Mittlungsvorrichtung **26** dem Betriebsablauf entspricht, der voranstehend unter Bezugnahme auf das in [Fig. 5](#) dargestellte Flussdiagramm erläutert wurde, und daher durch den Ausdruck (1) ausgedrückt werden kann, abgesehen von einem Unterschied bezüglich der Variablen, die bei der arithmetischen Operation beteiligt sind.

**[0119]** Die Signalformschaltung **14** arbeitet mit der Strom-Spannungswandlerschaltung **12** so zusammen, dass sie die Signalform des Ionenstrommesssignals  $E_i$  formt, um hierdurch das Spitzenwertimpuls-signal  $P_i$  zu erzeugen (siehe [Fig. 9](#)).

**[0120]** Die Spitzenwerterscheinungszeitmessvorrichtung **29**, die in der elektronischen Steuereinheit **2** vorgesehen ist, beginnt ihren Betrieb in Reaktion auf das Rücksetzsignal RS, welches zu dem Zeitpunkt gelöscht wird, an welchem das Kurbelwinkelsignal SGT abfällt, um hierdurch das Spitzenwerterscheinungszeitmesssignal  $E_t$  festzustellen, und zwar durch Umwandlung der Spitzenwerterscheinungszeit  $T_p$  in ein Spannungssignal bis zu einem Zeitpunkt, an welchem das Spitzenwertimpuls-signal  $P_i$  ansteigt.

**[0121]** Das Spitzenwerterscheinungszeitmesssignal  $E_t$  wird dann durch den A/D-Wandler **21** in ein Digitalsignal umgewandelt, welches dann an eine Vergleichseingangsklemme des Komparators **27** angelegt werden soll. Weiterhin wird das Spitzenwerterscheinungszeitmesssignal  $E_t$  in das Bezugsspitzenwerterscheinungszeitmesssignal  $E_{tr}$  durch die Mittlungsvorrichtung **26** umgewandelt, worauf dann das Bezugsspitzenwerterscheinungszeitmesssignal  $E_{tr}$  an eine Bezugsklemme des Komparators **27** angelegt wird.

**[0122]** In diesem Fall vergleicht in dem Vergleichsentscheidungsschritt S24 oder S27 der Komparator **27** das Spitzenwerterscheinungszeitmesssignal  $E_t(n)$ , welches momentan festgestellt wird, mit dem Bezugsspitzenwerterscheinungszeitsignal  $E_{tr}(n)$ , welches sich aus dem voranstehend geschilderten Mittlungsvorgang ergibt, um auf diese Art und Weise eine Entscheidung zu treffen, ob die Differenz zwischen den beiden voranstehend erwähnten Eingangssignalen größer oder gleich dem zulässigen Wert  $\beta$  ist oder nicht, was anzeigt, dass der Zustand der Verbrennung unzureichend ist, durch Überprüfung, ob die sich aus der nachstehenden Beziehung (3) ergebende Bedingung erfüllt ist oder nicht:

$$E_t(n) - E_{tr}(n) \geq \beta \quad (3)$$

**[0123]** Das Vergleichsergebnisanzeigesignal  $F$ , welches bei der voranstehend geschilderten Entscheidungsverarbeitung erhalten wird, wird dann in die Steuergrößenarithmetikvorrichtung **28** eingegeben. Außer wenn die durch den Ausdruck (3) vorgegebene Bedingung erfüllt ist, also für  $E_t(n) - E_{tr}(n) < \beta$  (anders ausgedrückt, wenn die Antwort bei dem Vergleichsentscheidungsschritt negativ oder "NEIN" ist), bedeutet dies, dass die Spitzenwerterscheinungszeit  $T_p$  ausreichend früh liegt, um die vollständige Verfügbarkeit des Brennkraftmaschinenausgangs Drehmoments  $T_e$  sicherzustellen, wie sich auch aus [Fig. 11](#) ergibt.

**[0124]** Die Steuergrößenarithmetikvorrichtung **28** sieht daher das Spitzenwerterscheinungszeitmesssignal  $E_t$  als Anzeige für den normalen Verbrennungszustand an. Im Falle des Steuer Signals für maximale Brennkraftmaschinenleistung oder des MBT-Steuer Signals erfolgt daher keine Korrektur der Steuerparameter, wogegen in dem Betriebsbereich mit magerer Verbrennung die Kraftstoff einspritzmenge schrittweise verringert wird (Schritt S18), worauf die Verarbeitung das in [Fig. 12](#) gezeigte Programm verlässt.

**[0125]** Wird andererseits in dem Vergleichs/Entscheidungsschritt S24 oder S27 festgestellt, dass die durch den voranstehend angegebenen Ausdruck (3) vorgegebene Bedingung erfüllt ist (also wenn die Antwort bei dem Entscheidungsschritt S24 oder S27 positiv, also "JA" ist), so bedeutet dies, dass bei der Spitzenwerterscheinungszeit  $T_p$  eine Verzögerung auftritt, und dass der Verbrennungszustand beeinträchtigt ist (die Brennkraftmaschine ein niedriges Drehmoment  $T_e$  abgibt). Dementsprechend wird die Korrektur zum Vorstellen des Zündzeitpunkts (Schritt S15) oder die Korrektur zur Erhöhung der Kraftstoff einspritzmenge durchgeführt (Schritt S19).

**[0126]** Bei dem beispielhaft in [Fig. 9](#) gezeigten Fall nimmt das Spitzenwertimpulssignal  $P_i$ , welches am Anfang in dem Spitzenwerterscheinungszeitmesssignal  $E_t$  auftritt, einen hohen Pegel an, was einen

schlechten Verbrennungszustand anzeigt. Allerdings zeigt das zweite Spitzenwertimpulssignal  $P_i$  einen niedrigen Pegel, infolge der Korrektur der Steuergröße (Zündzeitpunkt oder Kraftstoff einspritzmenge). Anders ausgedrückt wird angezeigt, dass sich der Verbrennungszustand verbessert hat.

**[0127]** Durch Vergleichen des Spitzenwerterscheinungszeitmesssignals  $E_t$  mit dem Bezugsspitzenwerterscheinungszeitsignal  $E_{tr}$  und Eingabe des Vergleichsergebnisanzeigesignals  $F$ , welches den Verbrennungszustand anzeigt, in die Steuergrößenarithmetikvorrichtung **28** kann auf diese Art und Weise die Steuergröße für den Steuerparameter (Zündzeitpunkt oder Kraftstoff einspritzmenge) so optimiert werden, dass ein maximales Brennkraftmaschinenausgangs Drehmoment  $T_e$  sichergestellt wird.

**[0128]** Bei dieser Brennkraftmaschinensteuervorrichtung ist die Signalformschaltung **14** zur Bereitstellung des Spitzenwertimpulssignals  $P_i$  in der Ionenstrommessvorrichtung vorhanden. Allerdings wird darauf hingewiesen, dass mit im wesentlichen gleichen Auswirkungen die Signalformschaltung **14** auch in der elektronischen Steuereinheit **2** vorgesehen sein kann.

**[0129]** Zwar ist die Spitzenwerterscheinungszeitmessvorrichtung **29** als Anlogschaltung zur Umwandlung der Zeit  $T_p$  bis zur Anstiegsflanke des Spitzenwertimpulssignals  $P_i$  in ein entsprechendes Spannungssignal ausgebildet, jedoch kann im wesentlichen derselbe Effekt auch dadurch erzielt werden, dass eine Zeitzählvorrichtung (nicht dargestellt) eingesetzt wird, die in der Arithmetikeinheit **23** vorgesehen ist. In diesem Fall kann der Digitalwert, der die Zeit darstellt, die beispielsweise seit der Vorderflanke des Kurbelwinkelsignals SGT oder jener des Zündsignals  $P$  bis zur Anstiegsflanke des Spitzenwertimpulssignals  $P_i$  gemessen wird, in die Mittlungsvorrichtung **26** oder den Komparator **27** eingegeben werden. In diesem Fall ist der A/D-Wandler **21** entbehrlich, was wiederum einen Vorteil darstellt.

**[0130]** Bei der obigen Brennkraftmaschinensteuervorrichtung wird die Spitzenwerterscheinungszeit  $T_p$  des Ionenstrommesssignals  $E_i$  (das Spitzenwerterscheinungszeitmesssignal  $E_t$ ) als der Entscheidungswert bei der Durchführung der Entscheidung in Bezug auf den Verbrennungszustand des Brennkraftmaschinenzylinders eingesetzt. In diesem Zusammenhang wird darüber hinaus darauf hingewiesen, dass die Frequenz, mit welcher Extremalpunkte (also Extremwerte mit positiver Polarität (Plus-Vorzeichen) und/oder Extremalpunkte mit negativer Polarität (Minus-Vorzeichen)) in dem Ionenstrommesssignal  $E_i$  auftreten, in einem Zusammenhang mit dem Verbrennungszustand der Brennkraftmaschine steht. Berücksichtigt man diese Tatsache, so kann die Frequenz, mit welcher Extremalpunkte in dem Ionen-

strommesssignal  $E_i$  auftreten (nachstehend auch als Extrempunkterscheinungsfrequenz bezeichnet), als der Entscheidungswert zur Durchführung einer Entscheidung bezüglich des Verbrennungszustands der Brennkraftmaschine verwendet werden.

[0131] **Fig. 13** ist ein Blockschaltbild, welches schematisch und allgemein den grundlegenden Aufbau einer Brennkraftmaschinensteuervorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt, bei welcher die Extrempunkterscheinungsfrequenz des Ionenstrommesssignals  $E_i$  als der Entscheidungswert bei der Durchführung  $E_i$  als der Entscheidungswert bei der Durchführung einer Entscheidung in Bezug auf den Verbrennungszustand verwendet wird. **Fig. 14** ist ein Zeitablaufdiagramm, welches die Formen verschiedener Signale zeigt, die im Betrieb der in **Fig. 13** dargestellten Brennkraftmaschinensteuervorrichtung erzeugt werden, unter der Annahme, dass in dem nächstfolgenden Verbrennungszyklus der Verbrennungszustand sich verbessert hat. **Fig. 15** ist ein Funktionsblockschaltbild, welches einen beispielhaften Aufbau der elektronischen Steuereinheit (ECU) **2** zeigt, die in der in **Fig. 13** dargestellten Brennkraftmaschinensteuervorrichtung vorgesehen ist. In **Fig. 13** werden gleiche oder entsprechenden Bauteile wie jene, die voranstehend unter Bezugnahme auf **Fig. 8** beschrieben wurden, durch gleiche Bezugszeichen bezeichnet, und insoweit erfolgt hier keine erneute Beschreibung.

[0132] Bei der vorliegenden Brennkraftmaschinensteuervorrichtung ist die Spitzenwerteinstellschaltung **13B** so ausgelegt, dass die Wandlungsrate der Strom-Spannungswandlerschaltung **12** kontinuierlich oder stufenlos eingestellt werden kann, und dass die Frequenzkomponenten entsprechend den jeweiligen Extrempunktsignalformen des Ionenstrommesssignals  $E_i$  nicht abgeschnitten werden.

[0133] Eine Frequenzkomponentenabziehvorrichtung **15**, die an der Ausgangsseite der Strom-Spannungswandlerschaltung **12** eingefügt ist, ist so ausgebildet, dass sie nur jene Frequenzkomponenten abzieht und verstärkt, welche den Extrempunkten des Ionenstrommesssignals  $E_i$  entsprechen, um auf diese Art und Weise ein Frequenzkomponentensignal  $E_f$  (vgl. **Fig. 14**) auszugeben.

[0134] Andererseits ist die Signalformvorrichtung **14A** so ausgelegt, dass sie das Frequenzkomponentensignal  $E_f$  mit einem vorbestimmten Spannungspegel vergleicht (beispielsweise einem Spannungspegel, der geringfügig höher ist als der Rauschpegel), so dass ein Frequenzimpulssignal  $P_f$  ausgegeben wird, welches die Frequenz (oder Anzahl bzw. Häufigkeit) der Extrempunkte anzeigt (im dargestellten Fall, der Extrempunkte mit positiver Polarität). Die Signalformvorrichtung **14A** und die Frequenzkomponentenabziehvorrichtung **15** arbeiten mit der

Strom-Spannungswandlerschaltung **12** zusammen, und sind als Teile der Ionenstrommessvorrichtung ausgebildet.

[0135] In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass zwar nur die Extrempunkte mit positiver Polarität abgezogen werden, um auf diese Art und Weise das Frequenzimpulssignal  $P_f$  zu erzeugen, dass jedoch die Extrempunkte mit negativer Polarität (minus) in Impulse umgewandelt werden können, oder alternativ sowohl die Extrempunkte mit positiver als auch negativer Polarität (plus und minus) in Impulse umgewandelt werden können, die in dem Frequenzimpulssignal  $P_f$  enthalten sind. Wenn die Extrempunkte mit positiver und negativer Polarität in Impulse umgewandelt werden sollen, ist selbstverständlich die Signalformvorrichtung **14A** so ausgebildet, dass sie das Frequenzkomponentensignal  $E_f$  mit zwei vorbestimmten Spannungspegeln vergleicht, von denen einer eine positive und der andere eine negative Polarität aufweist, um die Signalformung durchzuführen.

[0136] Nachstehend wird unter Bezugnahme auf **Fig. 15** die elektronische Steuereinheit beschrieben, wobei jene Bauteile, die bereits voranstehend im Zusammenhang mit **Fig. 15** beschrieben wurden, durch gleiche Bezugszeichen bezeichnet sind, und insoweit hier keine erneute Beschreibung erfolgt.

[0137] Die Extrempunkterscheinungsfrequenzfassungsvorrichtung **30**, die in der elektronischen Steuereinheit **2** vorgesehen ist, erzeugt als Extrempunkterscheinungsfrequenzmesssignal  $E_c$  eine Spannung, welche der Extrempunkterscheinungsfrequenz entspricht, auf der Grundlage des Frequenzimpulssignals  $P_f$ , welches von der Signalformvorrichtung **14A** ausgegeben wird (vgl. **Fig. 14**).

[0138] In diesem Fall wird die Extrempunkterscheinungsfrequenzfassungsvorrichtung **30** durch das Rücksetzsignal  $RS$  zurückgesetzt, wenn das Kurbelwinkelsignal  $SGT$  den Pegel "H" aufweist. Daher ist die Extrempunkterscheinungsfrequenzfassungsvorrichtung **30** so ausgebildet oder so programmiert, dass die Extrempunkterscheinungsfrequenz in ein Spannungssignal umgewandelt wird, durch Zählung der Ereignisse des Auftretens eines Extrempunkts während eines Zeitraums, in welchem das Kurbelwinkelsignal  $SGT$  den Pegel "L" aufweist, um auf diese Art und Weise das Extrempunkterscheinungsfrequenzmesssignal  $E_c$  auszugeben (siehe **Fig. 14**).

[0139] Andererseits mittelt die Mittlungsvorrichtung **26** ein Digitalsignal, welches sich aus der A/D-Wandlung des Extrempunkterscheinungsfrequenzmesssignals  $E_c$  durch den A/D-Wandler **21** ergibt, um hierdurch ein Bezugsextrempunkterscheinungsfrequenzsignal  $E_{cr}$  zu erzeugen. Der Komparator **27**

vergleicht das Digitalsignal, welches durch die A/D-Wandlung des Extremalpunktfrequenzmesssignals  $E_c$  erhalten wird, mit dem Bezugsextremalpunkterscheinungsfrequenzsignal  $E_{cr}$ , so dass ein Vergleichsergebnisanzeigesignal  $F$  an die Steuergrößenarithmetikvorrichtung **28** ausgegeben wird. Die Steuergrößenarithmetikvorrichtung **28** kann daher die Steuergröße auf der Grundlage des Vergleichsergebnisanzeigesignals  $F$  korrigieren, welches in einer Beziehung zum Verbrennungszustand der Brennkraftmaschine steht, wie voranstehend bereits erwähnt wurde.

**[0140]** Unter Bezugnahme auf die [Fig. 16](#) und [Fig. 17](#) zusammen mit [Fig. 14](#) erfolgt nunmehr eine Beschreibung der Korrekturverarbeitung, die von der Brennkraftmaschinensteuervorrichtung gemäß dieser Ausführungsform der Erfindung durchgeführt wird, welche in den [Fig. 13](#) und [Fig. 15](#) dargestellt ist. [Fig. 16](#) ist ein Eigenschaftsdiagramm, in welchem graphisch die Beziehung zwischen der Extremalpunkterscheinungsfrequenz  $C$  des Ionenstroms  $i$  und dem Brennkraftmaschinenausgangsdrehmoment  $T_e$  dargestellt ist. Aus dieser Figur wird deutlich, dass dann, wenn die Extremalpunkterscheinungsfrequenz  $C$ , die durch das Signal  $E_c$  angegeben wird, innerhalb eines Bereiches abnimmt, in welchem die Extremalpunkterscheinungsfrequenz  $C$  weniger als 20 pro Zyklus beträgt, das Brennkraftmaschinenausgangsdrehmoment  $T_e$  zunimmt, wobei dann der Verbrennungszustand entsprechend verbessert ist.

**[0141]** [Fig. 17](#) ist ein Flussdiagramm zur Erläuterung von Operationen des Komparators **27** und der Steuergrößenarithmetikvorrichtung **28**, wobei dieses Flussdiagramm im wesentlichen jenem entspricht, welches voranstehend unter Bezugnahme auf [Fig. 12](#) erläutert wurde, jedoch mit der Ausnahme, dass sich die Formeln für die Entscheidung, die in den Vergleichsschritten S34 und S37 durchgeführt wird (entsprechend den voranstehend geschilderten Schritten S24 und S27) von dem Ausdruck (3) unterscheiden.

**[0142]** Weiterhin wird darauf hingewiesen, dass der Betriebsablauf der Mittlungsvorrichtung **26** ähnlich dem Betriebsablauf ist, der voranstehend unter Bezugnahme auf das in [Fig. 5](#) dargestellte Flussdiagramm erläutert wurde, und daher im wesentlichen durch den Ausdruck (1) gegeben ist, abgesehen von einem Unterschied in Bezug auf die bei den arithmetischen Operationen beteiligten Variablen. Wie aus dieser Figur deutlich wird, arbeitet die Frequenzkomponentenabziehvorrichtung **15** mit der Strom-Spannungswandlerschaltung **12** so zusammen, dass das Frequenzkomponentensignal  $E_f$  ausgegeben wird, welches die Extremalpunkte angibt, die in dem Ionenstrommesssignal  $E_i$  auftreten, während die Signalformvorrichtung **14A** das Frequenzimpulssignal  $P_f$  ausgibt.

**[0143]** Die in der elektronischen Steuereinheit **2** vorgesehene Extremalpunkterscheinungsfrequenzfassungsvorrichtung **30** reagiert auf das Rücksetzsignal  $RS$ , welches an der Abfallflanke des Kurbelwinkelsignals  $SGT$  gelöscht wird, um hierdurch das Extremalpunkterscheinungsfrequenzmesssignal  $E_c$  auszugeben, durch Umwandlung der Frequenz der Impulse oder Extremalpunkte, die in dem Frequenzimpulssignal  $P_f$  enthalten sind, in ein Signal mit entsprechendem Spannungspegel, wie aus [Fig. 14](#) deutlich wird.

**[0144]** Das Extremalpunkterscheinungsfrequenzmesssignal  $E_c$  erfährt dann eine Analog/Digitalwandlung durch den A/D-Wandler **21**, um darauf durch den Komparator **27** mit dem Bezugsextremalpunkterscheinungsfrequenzsignal  $E_{cr}$  verglichen zu werden.

**[0145]** In den Vergleichsentscheidungsschritten S34 oder S37 vergleicht der Komparator **27** das Extremalpunkterscheinungsfrequenzsignal  $E_c(n)$ , welches momentan festgestellt wird, und das Bezugsextremalpunkterscheinungsfrequenzsignal  $E_{cr}(n)$ , welches durch den voranstehend erwähnten Mittlungsvorgang erhalten wird, um auf diese Art und Weise eine Entscheidung durchzuführen, ob die Differenz zwischen beiden Eingangssignalen größer als ein zulässiger Wert  $\gamma$  ist oder nicht, wobei dieser Wert anzeigt, dass der Verbrennungszustand unzureichend ist, also durch Überprüfung, ob die durch den nachstehenden Ausdruck (4) vorgegebene Bedingung erfüllt ist oder nicht:

$$E_c(n) - E_{cr}(n) \geq \gamma \quad (4)$$

**[0146]** Da Vergleichsergebnisanzeigesignal  $F$ , welches sich aus der voranstehend geschilderten Entscheidung ergibt, wird dann in die Steuergrößenarithmetikvorrichtung **28** eingegeben. Außer wenn die durch den Ausdruck (4) gegebene Bedingung erfüllt ist, also für  $E_c(n) - E_{cr}(n) < \gamma$  (die Antwort bei dem Vergleichsentscheidungsschritt S34 ist negativ, also "NEIN"), bedeutet dies, dass die Extremalpunkterscheinungsfrequenz  $C$  ausreichend niedrig ist, um die volle Verfügbarkeit des Brennkraftmaschinenausgangsdrehmoments  $T_e$  sicherzustellen. Daher sieht die Steuergrößenarithmetikvorrichtung **28** das Extremalpunkterscheinungsfrequenzmesssignal  $E_c$  so an, dass dieses den normalen Verbrennungszustand anzeigt. Daher wird keine Korrektur der Steuerparameter durchgeführt, solange die Brennkraftmaschine in dem MBT-Steuerbereich arbeitet. Befindet sich andererseits die Brennkraftmaschine in dem Betriebsbereich mit magerer Verbrennung, so wird die Kraftstoffeinspritzmenge schrittweise verringert (Schritt S18), worauf die Verarbeitung das in [Fig. 17](#) gezeigte Programm verlässt.

**[0147]** Wird andererseits in dem Vergleichs/Entscheidungsschritt S34 oder S37 ermittelt, dass die

durch den voranstehend angegebenen Ausdruck (4) vorgegebene Bedingung erfüllt ist (also wenn die Antwort auf den Entscheidungsschritt S34 oder S37 positiv, also "JA" ist), so bedeutet dies, dass die Extremalpunkterscheinungsfrequenz C zunimmt, was anzeigt, dass der Verbrennungszustand beeinträchtigt ist (das Brennkraftmaschinenausgangsdrehmoment  $T_e$  verringert ist). Daher wird die Korrektur zum Vorstellen des Zündzeitpunkts in dem Schritt S15 durchgeführt, oder alternativ in dem Schritt S19 die Korrektur zur Erhöhung der Kraftstoffeinspritzmenge durchgeführt.

**[0148]** Bei dem in [Fig. 14](#) dargestellten, beispielhaften Fall nimmt das Extremalpunkterscheinungsfrequenz erfassungssignal  $E_c$ , welches die Extremalpunkterscheinungsfrequenz C des Frequenzimpuls signals  $P_f$  angibt, einen hohen Pegel bei der ersten Änderung des Ionenstrommesssignals  $E_i$  an, was anzeigt, dass die Verbrennung schlecht ist. Bei der zweiten Änderung des Ionenstrommesssignals  $E_i$  weist jedoch das Extremalpunkterscheinungsfrequenzmesssignal  $E_c$  einen niedrigen Pegel auf, infolge der Korrektur der Steuergröße (Zündzeitpunkt oder Kraftstoffeinspritzmenge) bzw. des Steuerparameters. Mit anderen Worten wird angezeigt, dass sich der Verbrennungszustand verbessert hat.

**[0149]** Auf diese Weise kann die Steuergröße oder der Steuerparameter (Zündzeitpunkt oder Kraftstoffeinspritzmenge) optimiert werden, wodurch das maximale Brennkraftmaschinenausgangsdrehmoment  $T_e$  zur Verfügung gestellt wird, nämlich durch Vergleichen des Extremalpunkterscheinungsfrequenzmesssignals  $E_c$  mit dem Bezugsextremalpunkterscheinungsfrequenzsignals  $E_{cr}$  und Eingabe des den Verbrennungszustand der Brennkraftmaschine wiedergebenden Vergleichsergebnisanzeigesignals  $F$  in die Steuergrößenarithmetikvorrichtung **28**.

**[0150]** Bezüglich der Brennkraftmaschinensteuervorrichtung gemäß der vierten Ausführungsform der Erfindung wurde beschrieben, dass die Signalformvorrichtung **14A** zur Bereitstellung des Frequenzimpuls signals  $P_f$  in der Ionenstrommessvorrichtung vorgesehen ist, jedoch wird darauf hingewiesen, dass die Signalformvorrichtung **14A** auch in der elektronischen Steuereinheit **2** vorgesehen werden kann, im wesentlichen mit denselben Auswirkungen.

**[0151]** Bei der Brennkraftmaschinensteuervorrichtung gemäß der obigen Ausführungsform der Erfindung wird die Extremalpunkterscheinungsfrequenzmessvorrichtung **30**, die zur Umwandlung des Impulsfrequenzsignals  $P_f$  in ein Spannungssignal ausgebildet ist, zur Ermittlung der Extremalpunkterscheinungsfrequenz C verwendet. Allerdings kann die Extremalpunkterscheinungsfrequenz C auch durch einfaches Zählen der Anzahl der Impulse oder der Frequenz der Extremalpunkte bestimmt werden, die in

dem Frequenzimpulssignal  $P_f$  enthalten sind, ohne die Extremalpunkterscheinungsfrequenz erfassungsvorrichtung **30** zu verwenden.

**[0152]** [Fig. 18](#) ist ein Funktionsdiagramm, welches den Aufbau der elektronischen Steuereinheit **2** gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung zeigt, bei welcher eine Extremalpunkterscheinungszählvorrichtung verwendet wird. Abgesehen davon, dass der A/D-Wandler **21** und die Rücksetzschnittstelle **22** (in [Fig. 15](#) gezeigt) weggelassen sind, ist die elektronische Steuereinheit **2** ebenso aufgebaut wie voranstehend geschildert. Weiterhin wird darauf hingewiesen, dass die mit dem Bezugszeichen **30A** bezeichnete Extremalpunkterscheinungsfrequenzzählvorrichtung in der Funktion der Funktion der Extremalpunkterscheinungsfrequenzmessvorrichtung **30** entspricht.

**[0153]** Bei der Brennkraftmaschinensteuervorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform der Erfindung ist eine Extremalpunkterscheinungszählvorrichtung **30A**, die zur Ausgabe der Extremalpunkterscheinungsfrequenz C als Digitalsignal ausgebildet ist, in der Arithmetikeinheit **23** anstelle der voranstehend erwähnten Extremalpunkterscheinungsfrequenz erfassungsvorrichtung **30** (vgl. [Fig. 15](#)) vorgesehen. Hierdurch wird der A/D-Wandler **21** entbehrlich. Da die Extremalpunkterscheinungszählvorrichtung **30A** direkt durch das Kurbelwinkelsignal SGT zurückgesetzt wird, kann darüber hinaus die Rücksetzschnittstelle **22** weggelassen werden.

**[0154]** Da die Extremalpunkterscheinungszählvorrichtung **30A** mittels Software intern in der Arithmetikeinheit **23** zurückgesetzt wird, wenn das Kurbelwinkelsignal SGT den Pegel "H" aufweist, wird die Frequenz C der Extremalpunkte, die in dem Frequenzimpulssignal  $P_f$  auftreten, nur gezählt und gehalten, wenn das Kurbelwinkelsignal SGT den Pegel "L" aufweist. Weiterhin wird darauf hingewiesen, dass die Extremalpunkterscheinungszählvorrichtung **30A** so ausgebildet ist, dass sie die Extremalpunkterscheinungsfrequenz C durch Zählen der Anstiegsflanken oder der Abfallflanken der Impulse bestimmt, die in dem Frequenzimpulssignal  $P_f$  enthalten sind, um auf diese Art und Weise die Extremalpunkte zu zählen.

**[0155]** Durch Vergleichen des Spitzenwerterscheinungszeitmesssignals  $E_t$  mit dem Bezugsspitzenwerterscheinungszeitsignal  $E_{tr}$  und Eingabe des Vergleichsergebnisanzeigesignals  $F$ , welches den Verbrennungszustand der Brennkraftmaschine angibt, in die Steuergrößenarithmetikvorrichtung **38** kann auf diese Art und Weise die Steuergröße oder der Steuerparameter (Zündzeitpunkt oder Kraftstoffeinspritzmenge) optimiert werden, um das maximale Brennkraftmaschinenausgangsdrehmoment  $T_e$  sicherzustellen.

**[0156]** Bei der Brennkraftmaschinensteuervorrichtung gemäß der obigen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Extremalpunkterscheinungsfrequenz C des Ionenstrommesssignals  $E_i$  als der Entscheidungswert zur Durchführung der Entscheidung bezüglich des Verbrennungszustands der Brennkraftmaschine verwendet. In diesem Zusammenhang wird darauf aufmerksam gemacht, dass der Messstartzeitpunkt für den Ionenstrom  $i$  ebenfalls in einer Beziehung zum Verbrennungszustand der Brennkraftmaschine steht. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache kann daher der Messstartzeitpunkt für den Ionenstrom  $i$  (also der Zeitpunkt des Anstiegs des Ionenstrommesssignals  $E_i$ ) als der Entscheidungswert oder Entscheidungszielwert verwendet werden.

**[0157]** [Fig. 19](#) zeigt als Blockschaltbild schematisch allgemein den grundlegenden Aufbau einer Brennkraftmaschinensteuervorrichtung gemäß noch einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, bei welcher der Messstartzeitpunkt (also der Anstiegszeitpunkt) des Ionenstroms  $i$  als der Entscheidungswert zur Durchführung einer Entscheidung in Bezug auf den Verbrennungszustand der Brennkraftmaschine verwendet wird. In [Fig. 19](#) sind jene Bauteile, die bereits voranehend im Zusammenhang mit [Fig. 13](#) beschrieben wurden, durch gleiche Bezugszeichen bezeichnet, und insoweit erfolgt hier keine erneute Beschreibung.

**[0158]** [Fig. 20](#) ist ein Zeitablaufdiagramm zur Erläuterung von Signalformen verschiedener Signale, die beim Betrieb der in [Fig. 19](#) gezeigten Brennkraftmaschinensteuervorrichtung erzeugt werden, unter der Annahme, dass das Ionenstrommesssignal  $E_i$  einen nicht zufriedenstellenden Verbrennungszustand in einem zweiten Verbrennungszyklus der Brennkraftmaschine anzeigt.

**[0159]** Hierbei ist die Signalformvorrichtung **14B** so ausgelegt, dass sie das Ionenstrommesssignal  $E_i$  mit einem vorbestimmten Spannungspegel (einem Spannungspegel geringfügig über dem Rauschpegel) vergleicht, um so ein Messstartimpulssignal Pd auszugeben.

**[0160]** In diesem Zusammenhang wird ebenfalls angemerkt, dass eine Spitzenwertinstellschaltung **13B** vorgesehen werden kann, die mit der Strom-Spannungswandlerschaltung **12** zusammenarbeitet, wie voranehend unter Bezugnahme auf [Fig. 13](#) bereits erläutert wurde, obwohl dies in [Fig. 19](#) nicht dargestellt ist.

**[0161]** [Fig. 21](#) ist ein Funktionsblockschaltbild, welches beispielhaft den Aufbau der elektronischen Steuereinheit (ECU) **2** zeigt, die bei der in [Fig. 19](#) dargestellten Brennkraftmaschinensteuervorrichtung vorgesehen ist. In dieser Figur sind Bauteile, die

gleich oder entsprechend ausgebildet sind wie jene, die voranehend unter Bezugnahme auf [Fig. 18](#) geschildert wurden, durch gleiche Bezugszeichen bezeichnet, und insoweit erfolgt hier keine erneute Beschreibung.

**[0162]** Bei der vorliegenden Ausführungsform der Erfindung bestimmt die Messstartzeitzählvorrichtung **30B**, die in der Arithmetikeinheit **23** vorgesehen ist, die Messstartzeit  $C_b$ , die zwischen einem Zeitpunkt entsprechend der Anstiegsflanke des Messstartimpulssignals Pd und der Impulsflanke des Kurbelwinkelsignals SGT liegt, die als Bezugsgröße dient. Die Messstartzeitpunktzählvorrichtung **30B** ist so ausgebildet, dass sie intern in der Arithmetikeinheit **23** mittels Software zurückgesetzt wird.

**[0163]** Andererseits ist die Mittlungsvorrichtung **26** so ausgebildet, dass sie den Bezugsmessstartzeitpunkt  $C_{br}$  ausgibt, der durch Mitteln der Messstartzeiten  $C_b$  über eine vorbestimmte Anzahl an Zyklen oder über einen vorbestimmten Zeitraum bestimmt wird, während der Komparator **37** den Messstartzeitpunkt  $C_b$  mit dem Bezugsmessstartzeitpunkt  $C_{br}$  vergleicht, um auf der Grundlage dieses Vergleichs das Vergleichsergebnisanzeigesignal F auszugeben. Die Steuergrößenarithmetikvorrichtung **28** wiederum optimiert die Steuergröße oder die Steuerparameter (beispielsweise den Zündzeitpunkt oder die Kraftstoffspritzmenge) auf der Grundlage des Vergleichsergebnisanzeigesignals F auf entsprechende Weise wie voranehend geschildert. Auf diese Weise kann das maximale Brennkraftmaschinenausgangsdrehmoment  $T_e$  sichergestellt werden.

**[0164]** Nachstehend erfolgt unter Bezugnahme auf das in [Fig. 22](#) gezeigte Flussdiagramm und das in [Fig. 20](#) gezeigte Zeitablaufdiagramm eine Beschreibung der Korrekturverarbeitung, die von der Brennkraftmaschinensteuervorrichtung gemäß der sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung durchgeführt wird, die in den [Fig. 19](#) und [Fig. 21](#) dargestellt ist. Gemäß [Fig. 21](#) wird die Messstartzeit  $C_b$ , die durch das von der Messstartzeitpunktzählvorrichtung **30B** ausgegebene Signal angegeben wird, kürzer, wenn das Brennkraftmaschinenausgangsdrehmoment  $T_e$  höher ist, was einen zufriedenstellenden Verbrennungszustand anzeigt, wogegen mit niedrigerem Brennkraftmaschinenausgangsdrehmoment  $T_e$  die Messstartzeit  $C_b$  länger wird, was einen nicht zufriedenstellenden Verbrennungszustand anzeigt.

**[0165]** [Fig. 22](#) ist ein Flussdiagramm zur Erläuterung von Betriebsabläufen des Komparators **27** und der Steuergrößenarithmetikvorrichtung **28**, wobei der Ablauf im wesentlichen ebenso ist wie voranehend unter Bezugnahme auf [Fig. 17](#) beschrieben, mit der Ausnahme, dass der Ausdruck, auf dessen Grundlage die in den Entscheidungsschritten S44 und S47 (entsprechend den Schritten S34 und S37) angege-

bene Entscheidung durchgeführt wird, sich von dem Ausdruck (4) unterscheidet.

**[0166]** Der Betriebsablauf der Mittlungsvorrichtung **26** erfolgt auf dieselbe Weise wie voranstehend im Zusammenhang mit dem Flussdiagramm von [Fig. 5](#) und dem Ausdruck (1) beschrieben.

**[0167]** Zuerst vergleicht die Signalformvorrichtung **14B** das von der Strom-Spannungswandlerschaltung **12** gelieferte Ionenstrommesssignal  $E_i$  mit der vorbestimmten Bezugsspannung  $E_{dr}$ , um hierdurch das Ionenstrommesssignal  $E_i$  in ein Impulssignal umzuwandeln, welches dann von der Signalformvorrichtung **14B** als das Messstartimpulssignal  $P_d$  (vgl. [Fig. 20](#)) ausgegeben wird.

**[0168]** Andererseits arbeitet die in der elektronischen Steuereinheit **2** vorgesehene Messstartzeitpunktzählvorrichtung **30B** in Reaktion auf die Flanke des Kurbelwinkelsignals  $SGT$  so, dass sie die Zeit bis zur Anstiegsflanke des Impulses misst, der in dem Messstartimpulssignal  $P_d$  enthalten ist. Das Signal, welches die Messstartzeit  $C_b$  anzeigt, wird daher von der Messstartzeitzählvorrichtung **30B** ausgegeben.

**[0169]** Daraufhin vergleicht in den VergleichsentscheidungsSchritten  $S_{44}$  oder  $S_{47}$  der Komparator **27** die Messstartzeit  $C_b(n)$  des momentan festgestellten Ionenstroms  $i$  mit der Bezugsmessstartzeit  $C_{br}(n)$ , um hierdurch festzulegen, ob die Differenz zwischen beiden Eingangssignalen, die voranstehend erwähnt wurden, größer als ein zulässiger Wert  $\delta$  ist oder nicht, was anzeigt, dass der Verbrennungszustand nicht zufriedenstellend ist, und zwar durch Ermittlung, ob die durch den nachstehenden Ausdruck (5) festgelegte Bedingung erfüllt ist oder nicht:

$$C_b(n) - C_{br}(n) \geq \delta \quad (5)$$

**[0170]** Das Vergleichsergebnisanzeigesignal  $F$ , welches sich aus der voranstehend geschilderten Vergleichs/Entscheidungsverarbeitung ergibt, wird dann in die Steuergrößenarithmetikvorrichtung **28** eingegeben. Außer wenn die Bedingung gemäß Ausdruck (5) erfüllt ist, also für  $C_b(n) - C_{br}(n) < \delta$  (wenn die Antwort beim VergleichsentscheidungsSchritt negativ, also "NEIN" ist), bedeutet dies, dass die Messstartzeit  $C_b(n)$  für den Ionenstrom  $i$  kurz ist, was einen ordnungsgemäßen Verbrennungszustand anzeigt, so dass die Verfügbarkeit des Brennkraftmaschinenausgangsdrehmoments  $T_e$  sichergestellt ist.

**[0171]** Daher sieht die Steuergrößenarithmetikvorrichtung **28** die Messstartzeit  $C_b$  so an, dass diese den normalen Verbrennungszustand anzeigt. Wenn die Brennkraftmaschine in der MBT-Steuerbetriebsart arbeitet, wird daher keine Korrektur der Steuerparameter durchgeführt. Andererseits wird in dem Betriebsbereich mit magerer Verbrennung die Kraftstoff-

feinspritzmenge schrittweise verringert (Schritt  $S_{18}$ ), worauf die Verarbeitung das in [Fig. 22](#) gezeigte Programm verlässt.

**[0172]** Wenn andererseits in dem Vergleichs/EntscheidungsSchritt  $S_{44}$  oder  $S_{47}$  festgestellt wird, dass die durch den voranstehend angegebenen Ausdruck (5) festgelegte Bedingung erfüllt ist (also wenn die Antwort bei dem EntscheidungsSchritt  $S_{44}$  oder  $S_{47}$  positiv, also "JA" ist), so bedeutet dies, dass die Anstiegszeit des Ionenstrommesssignals  $E_i$  verzögert auftritt, was anzeigt, dass der Verbrennungszustand verschlechtert oder beeinträchtigt ist (mit entsprechend niedrigem Brennkraftmaschinenausgangsdrehmoment  $T_e$ ). Daher wird die Korrektur zum Vorstellen des Zündzeitpunkts im Schritt  $S_{15}$  oder die Korrektur zur Erhöhung der Kraftstoffeinspritzmenge im Schritt  $S_{19}$  durchgeführt.

**[0173]** Durch Vergleichen der Messstartzeit  $C_b$  für den Ionenstrom  $i$  mit der Bezugsmessstartzeit  $C_{br}$  und Ausgabe des Vergleichsergebnisanzeigesignals  $F$ , welches den Verbrennungszustand der Brennkraftmaschine angibt, an die Steuergrößenarithmetikvorrichtung **28** kann daher die Steuergröße für den Steuerparameter (Zündzeitpunkt oder Kraftstoffeinspritzmenge) optimiert werden, um ein maximales Brennkraftmaschinenausgangsdrehmoment  $T_e$  sicherzustellen.

**[0174]** Zwar wurde voranstehend beschrieben, dass die Signalformvorrichtung **14B** zur Bereitstellung des Messstartimpulssignals  $P_d$  in der Ionenstrommessvorrichtung vorgesehen ist, jedoch kann die Signalformvorrichtung **14B** auch im wesentlichen mit den gleichen Auswirkungen in der elektronischen Steuereinheit **2** vorgesehen werden.

**[0175]** Weiterhin wurde zwar beschrieben, dass die Impulsflanke des Kurbelwinkelsignals  $SGT$  als Bezugszeitpunkt zur Messung der Zeit verwendet wird, die bis zur Anstiegsflanke des Messstartimpulses  $P_d$  vergeht (oder bis zum Anstieg des Ionenstrommesssignals  $E_i$ ), jedoch wird darauf hingewiesen, dass im wesentlichen mit derselben Auswirkung auch der Zündzeitpunkt auf der Grundlage des Zündsignals  $P$  verwendet werden kann.

**[0176]** Zwar wird die Messstartzeit  $C_b$  für den Ionenstrom  $i$  durch die digitale Arithmetikverarbeitung mit der Messstartzeitzählvorrichtung **30B** bestimmt, die in der Arithmetikeinheit **23** vorgesehen ist, jedoch kann auch eine solche Anordnung getroffen werden, dass eine Mess- oder Wandlerschaltung (nicht gezeigt) dazu vorgesehen ist, die Zeit (die Messstartzeit  $C_b$ ), die zwischen dem Bezugszeitpunkt und dem Messstartimpuls  $P_d$  vergeht, in ein Analogsignal umzuwandeln, wobei das Ausgangssignal der Mess- oder Wandlerschaltung in die Arithmetikeinheit **23** über einen A/D-Wandler (ebenfalls nicht gezeigt) ein-

gegeben werden kann.

**[0177]** Ferner lässt es sich beispielsweise überlegen, dass Speicher- oder Aufzeichnungsmedien, auf welchen die erfindungsgemäße Lehre in Form von Programmen aufgezeichnet ist, die von Computern einschließlich Mikroprozessoren ausgeführt werden können, von der vorliegenden Erfindung umfasst sein sollen. Selbstverständlich ist ein Mikrocomputer oder Mikroprozessor, der zur Ausführung der vorliegenden Erfindung programmiert ist, ebenfalls in die vorliegende Erfindung eingeschlossen.

### Patentansprüche

1. Steuervorrichtung für eine Brennkraftmaschine, umfassend:

a) eine Ionenstrommessvorrichtung (D1, R, DZ, D2, 9) zur Erfassung der Menge an Ionen, die in einem momentan gesteuerten Brennkraftmaschinenzylinder erzeugt werden, als Ionenstrom (i) unmittelbar nach der Zündung in dem betreffenden Brennkraftmaschinenzylinder;

b) eine Wertermittlungsvorrichtung (2) zur Ermittlung eines Entscheidungswertes (EG) auf der Grundlage eines Ionenstrommesssignals (Ei), mit Hilfe dessen der Verbrennungszustand im Zylinder bestimmt werden kann; und

c) eine Korrektursteuervorrichtung (2) zur Korrektur eines Steuerparameters zum Steuern des Betriebsablaufs der Brennkraftmaschine, wenn das Ergebnis des Vergleichs des ermittelten Entscheidungswertes (EG) mit einem zugehörigen Bezugswert (ER) entweder das Absinken der Ausgangsleistung der Brennkraftmaschine oder eine Verschlechterung des Verbrennungszustands in dem Brennkraftmaschinenzylinder anzeigt;

**dadurch gekennzeichnet, dass**

d) die Wertermittlungsvorrichtung (2) dafür ausgelegt ist, den Entscheidungswert auf der Grundlage einer Frequenz (C) von in dem Ionenstrommesssignal (Ei) auftretenden Extremalpunkten zu ermitteln.

2. Steuervorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch:

einen Strom/Spannungs-Wandler (12) mit einem einstellbaren Verstärkungsfaktor (G) zur Umwandlung des Ionenstroms (i) in eine Ionenstrom-Messspannung (Ei) als das Ionenstrommesssignal; und eine Verstärkungseinstellungs-Einrichtung (13) zur Einstellung des Verstärkungsfaktors (G) in Abhängigkeit vom Pegel des Ionenstromsignals (i).

3. Steuervorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Wertermittlungsvorrichtung (2) dafür ausgelegt ist, den Entscheidungswert (EG) auf der Grundlage des eingestellten Verstärkungsfaktors (G) des Strom/Spannungs-Wandlers (12) und der Ionenstrom-Messspannung (Ei) zu bestimmen.

4. Steuervorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch:

einen Strom/Spannungs-Wandler (12) mit einstellbarer Umwandlungsrate zur Umwandlung des Ionenstroms (i) in eine Ionenstrom-Messspannung (Ei) als das Ionenstrommesssignal;

eine Einstelleinrichtung (13B) zur Einstellung der Umwandlungsrate des Strom/Spannungs-Wandlers (12), so dass die Frequenzkomponenten an den Extrempunkten der Ionenstrom-Messspannung (Ei) nicht abgeschnitten werden;

eine Ausgabeeinrichtung (15, 14A, 30, 30A) zur Ausgabe eines Frequenzkomponenten-Auftrittssignals (Ec, C), das die Frequenz, mit der Extrempunkte in der Ionenstrom-Messspannung (Ei) auftreten, in jeder Kurbelwinkelperiode anzeigt,

wobei die Wertermittlungsvorrichtung (2) ausgelegt ist, eine Entscheidung über den Verbrennungszustand des Zylinders der Brennkraftmaschine auf der Grundlage des Frequenzkomponenten-Auftrittssignals (Ec, C) durchzuführen.

5. Steuervorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

die Wertermittlungsvorrichtung (2) aufweist:

eine Frequenzkomponentenextraktionsvorrichtung (15) zum Extrahieren von Frequenzkomponenten entsprechend Extremalpunktkomponenten aus dem Ionenstrommesssignal (Ei);

eine Signalformvorrichtung (14A) zum Formen der Frequenzkomponenten (Ef), die von der Frequenzkomponentenextraktionsvorrichtung (15) ausgegeben werden, in ein Impulssignal (Pf), welches Impulse entsprechend den Frequenzkomponenten (Ef) enthält;

wobei die Frequenz (C) von in dem Ionenstrommesssignal (Ei) auftretenden Extremalpunkten auf der Grundlage des Impulssignals (Pf) bestimmt wird.

6. Steuervorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Steuerparameter zum Steuern des Zündzeitpunkts ausgelegt ist,

wobei die Korrektursteuervorrichtung (2) dafür ausgelegt ist, den Zündzeitpunkt auf solche Weise zu steuern, dass von der Brennkraftmaschine die maximale Ausgangsleistung erhalten werden kann, wenn das Ergebnis des Vergleichs zwischen der Frequenz (C) von in dem Ionenstrommesssignal (Ei) auftretenden Extremalpunkten und dem zugehörigen Bezugswert in Form einer Bezugsfrequenz (Ecr), in der Extrempunkte auftreten, eine Verringerung der Ausgangsleistung der Brennkraftmaschine anzeigt.

7. Steuervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass

der Steuerparameter zum Steuern der Kraftstoffein-spritzmenge ausgelegt ist, welche das Luft-Kraftstoff-verhältnis festlegt,

wobei die Korrektursteuervorrichtung (2) dafür aus-

gelegt ist, die Kraftstoffeinspritzmenge auf solche Weise zu steuern, dass der Verbrennungszustand der Brennkraftmaschine optimiert werden kann, wenn das Ergebnis des Vergleichs zwischen der Frequenz (C) von in dem Ionenstrommesssignal (Ei) auftretenden Extrempunkten und dem zugehörigen Bezugswert in Form einer Bezugsfrequenz (ECr), in der Extrempunkte auftreten, eine Beeinträchtigung des Verbrennungszustandes anzeigt.

8. Steuervorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Vorrichtung zur Bestimmung des Auftretens von Klopfen in der Brennkraftmaschine vorgesehen ist; und die Korrektursteuervorrichtung (2) eine Einrichtung zur Entscheidung aufweist, ob die Brennkraftmaschine in einem Steuerbetriebsbereich mit minimaler Zündvorstellung zur Erzielung des besten Drehmoments arbeitet, wobei die Korrektursteuervorrichtung (2) dafür ausgelegt ist, den Zündzeitpunkt für den jeweils gesteuerten Brennkraftmaschinenzylinder schrittweise um einen vorbestimmten Winkel innerhalb eines Bereichs vorzustellen, in welchem kein Klopfen auftreten kann, wenn das Ergebnis des Vergleichs eine Verringerung der Ausgangsleistung der Brennkraftmaschine über einen zulässigen Wert hinaus in dem Steuerbetriebsbereich mit minimaler Zündvorstellung zur Erzielung des besten Drehmoments anzeigt.

9. Steuervorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrektursteuervorrichtung (2) eine Einrichtung zur Entscheidung aufweist, ob die Brennkraftmaschine in einem Betriebsbereich mit magerer Kraftstoffzufuhr arbeitet oder nicht, wobei die Korrektursteuervorrichtung (2) ausgelegt ist, die Kraftstoffeinspritzmenge für den jeweils gesteuerten Brennkraftmaschinenzylinder um ein vorbestimmtes Ausmaß schrittweise zu verringern, wenn das Ergebnis des Vergleichs einen zufriedenstellenden Verbrennungszustand in dem Betriebsbereich mit magerer Kraftstoffzufuhr der Brennkraftmaschine anzeigt, wogegen die Korrektursteuervorrichtung (2) ausgelegt ist, die Kraftstoffeinspritzmenge für den jeweils gesteuerten Zylinder um ein vorbestimmtes Ausmaß schrittweise zu erhöhen, wenn das Ergebnis des Vergleichs eine Verschlechterung über einen vorbestimmten Wert hinaus innerhalb des Betriebsbereichs mit magerer Kraftstoffzufuhr der Brennkraftmaschine anzeigt.

Es folgen 21 Blatt Zeichnungen



FIG. 2

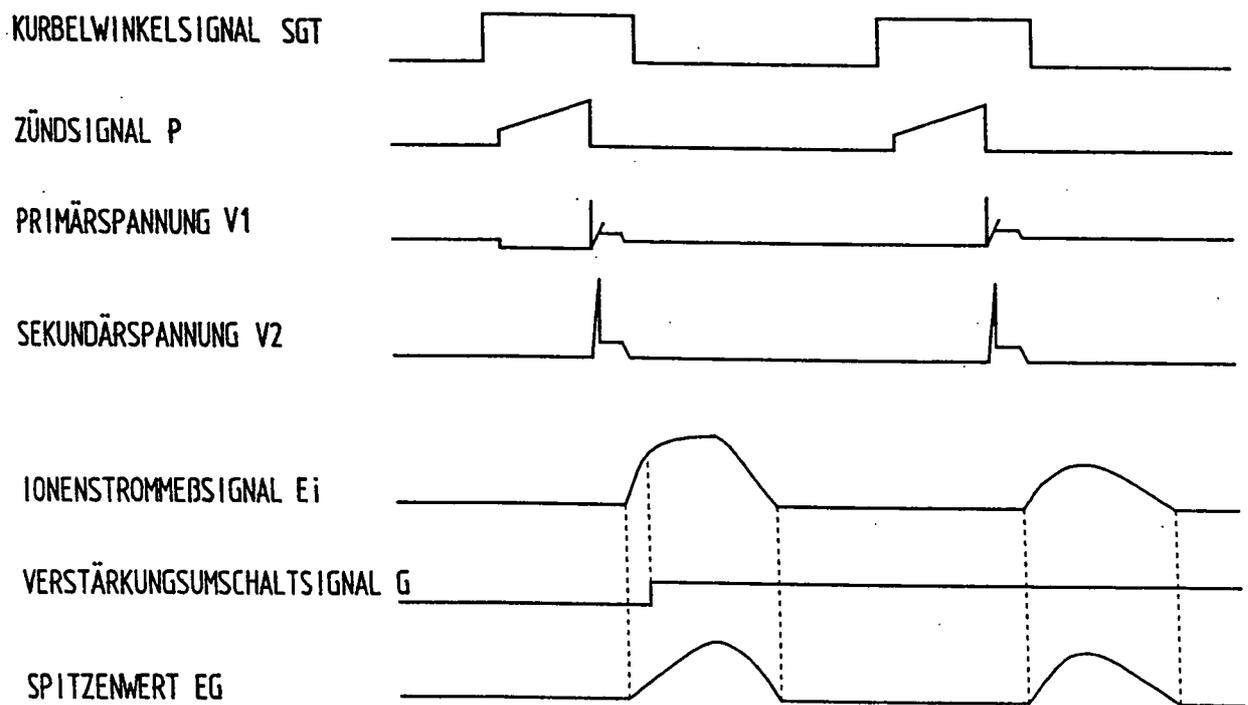


FIG. 3

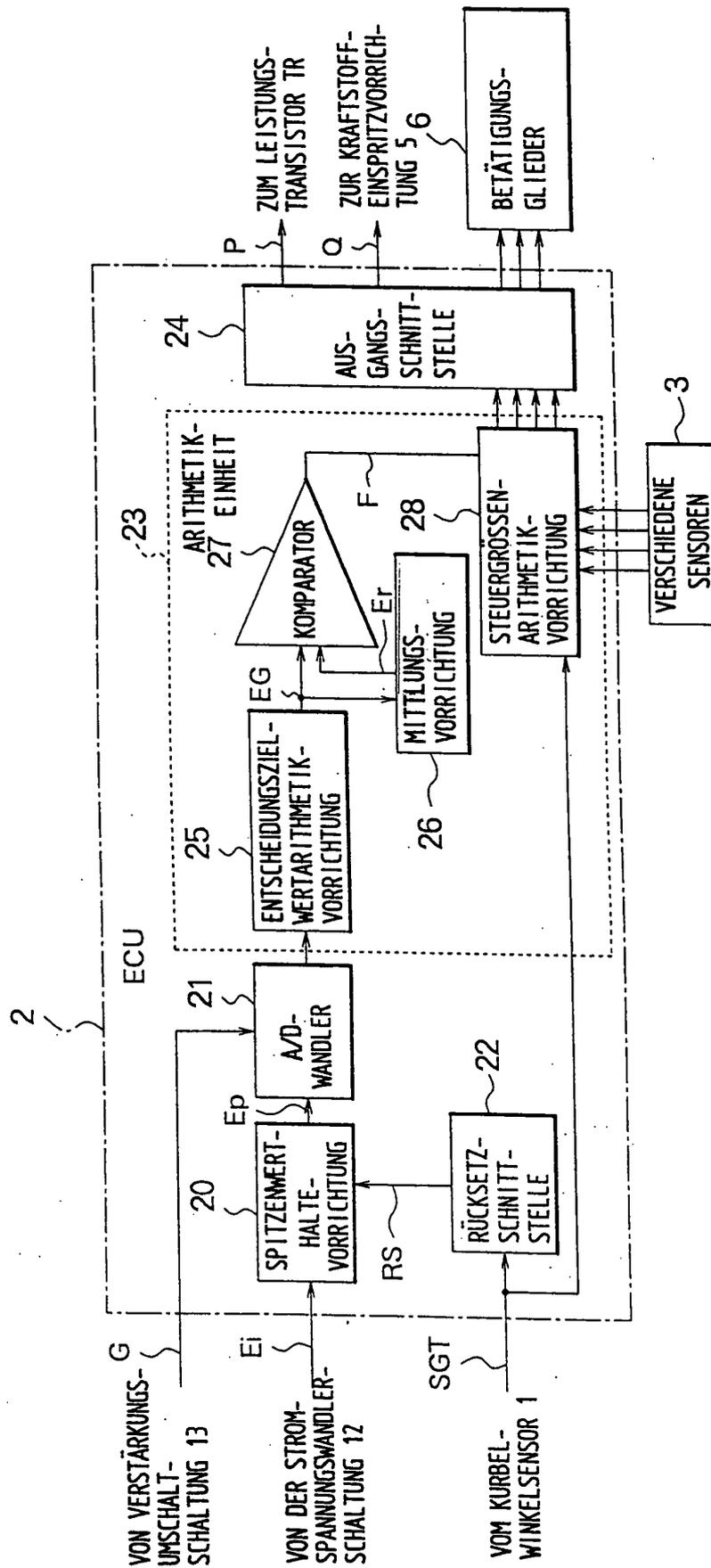


FIG. 4

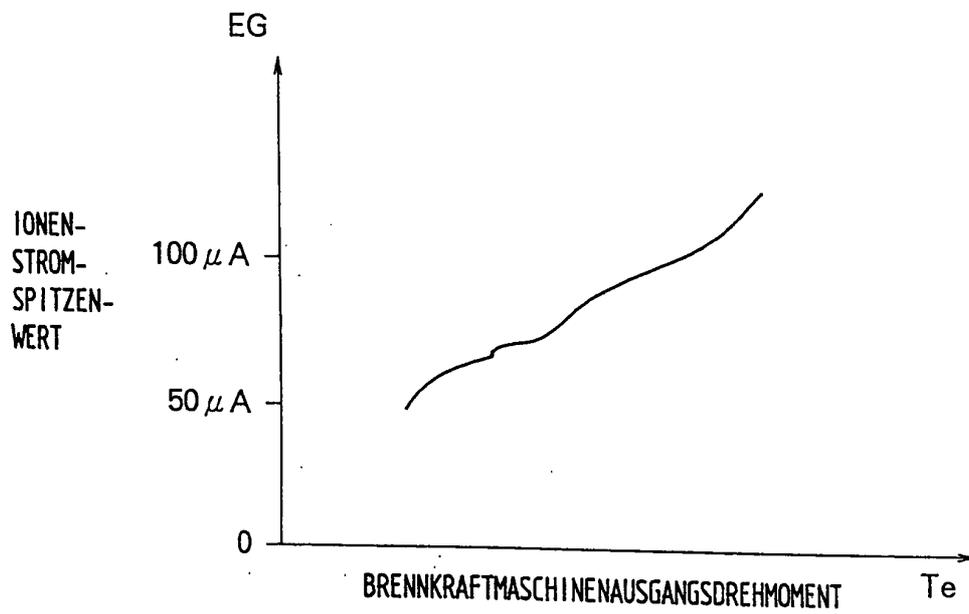


FIG. 5

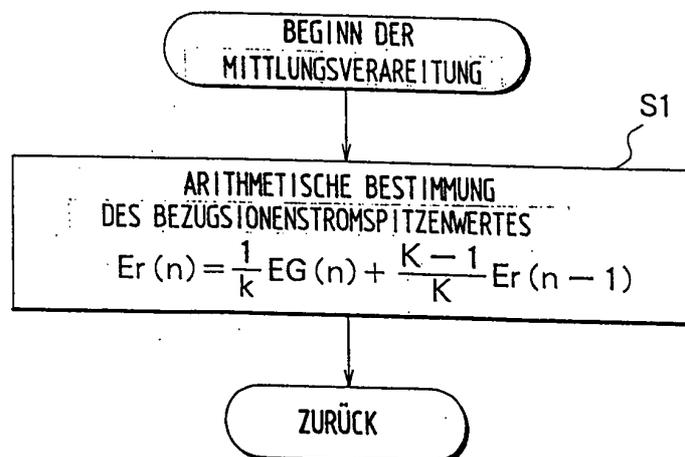


FIG. 6

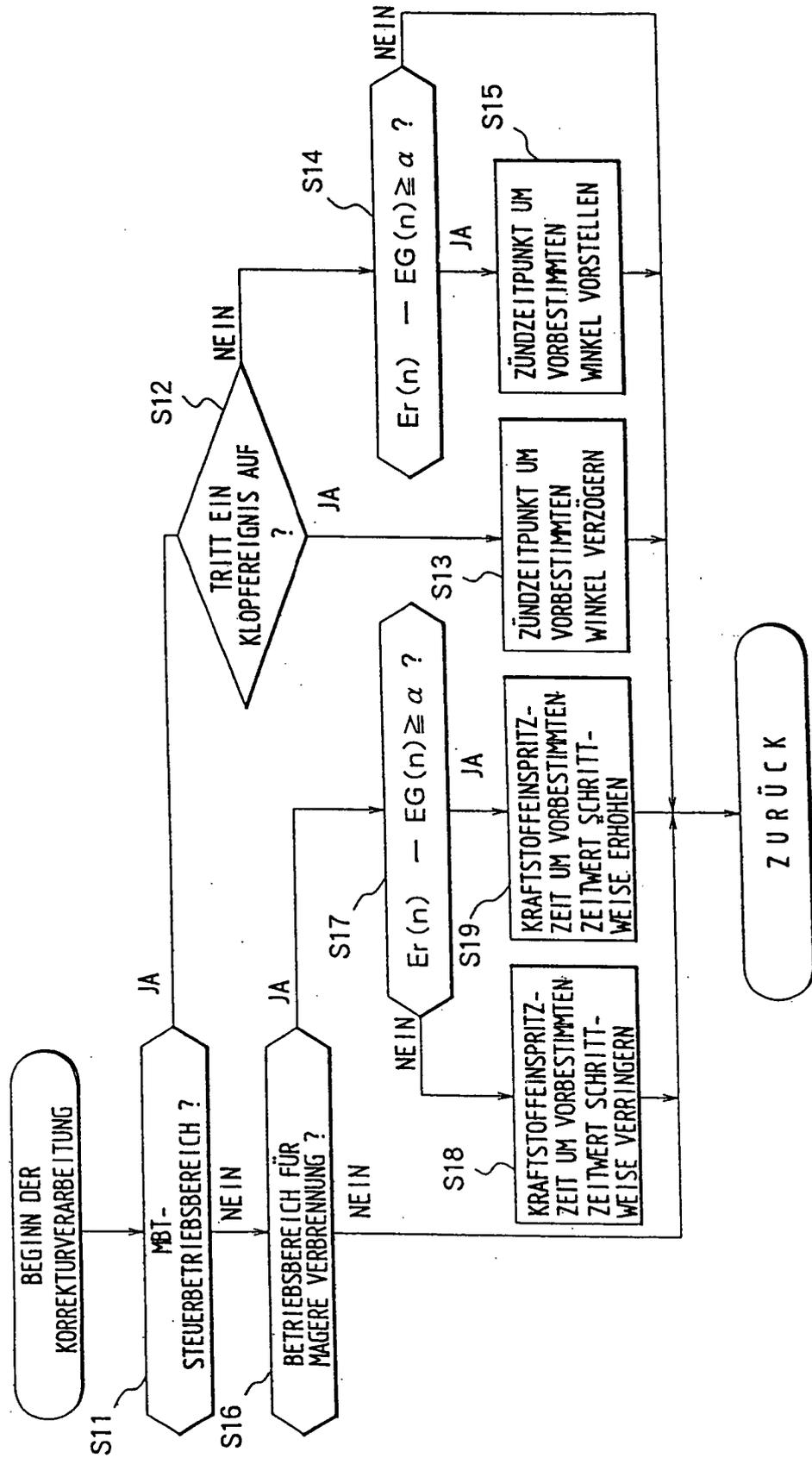


FIG. 7

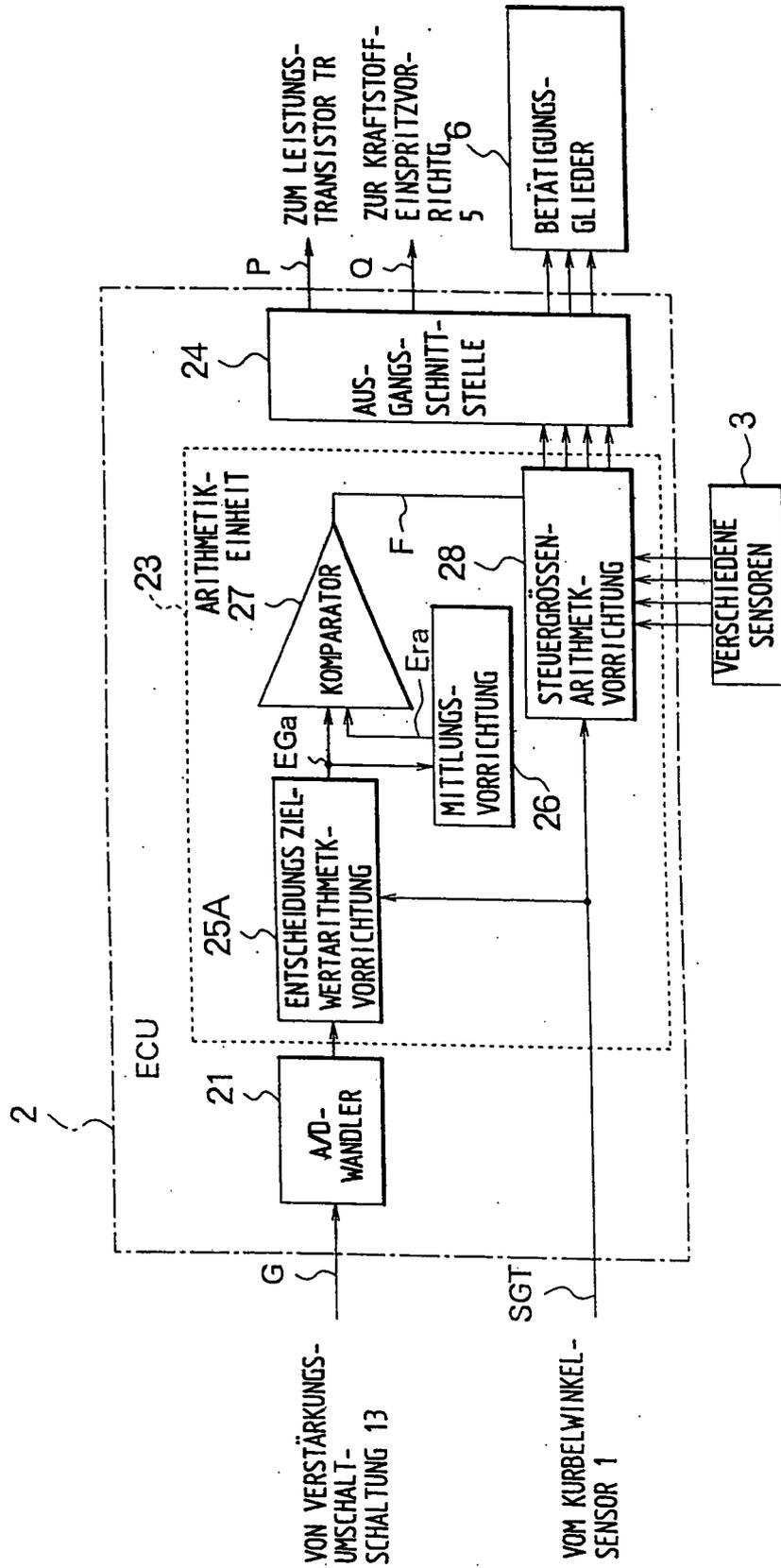


FIG. 8

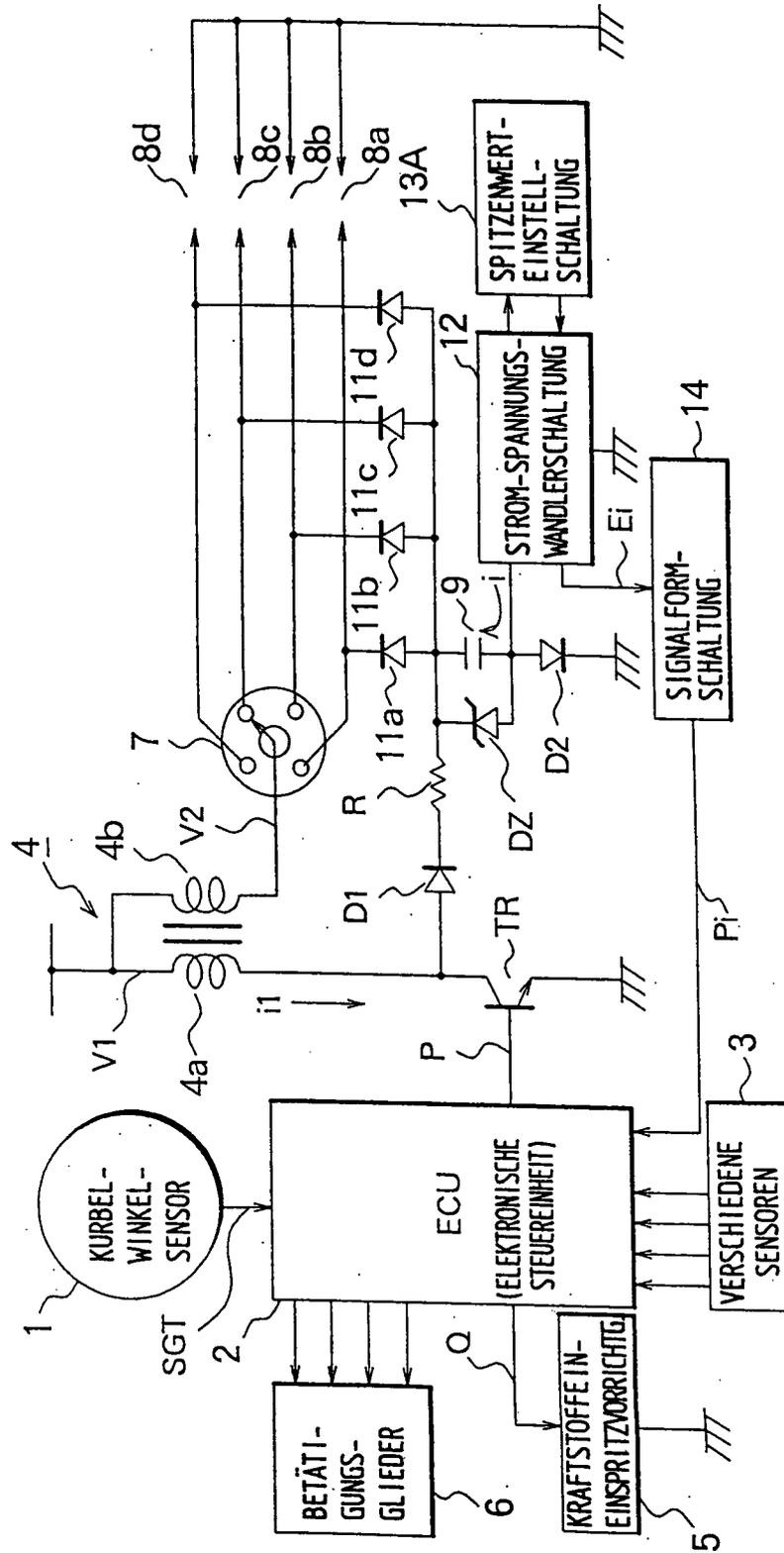


FIG. 9

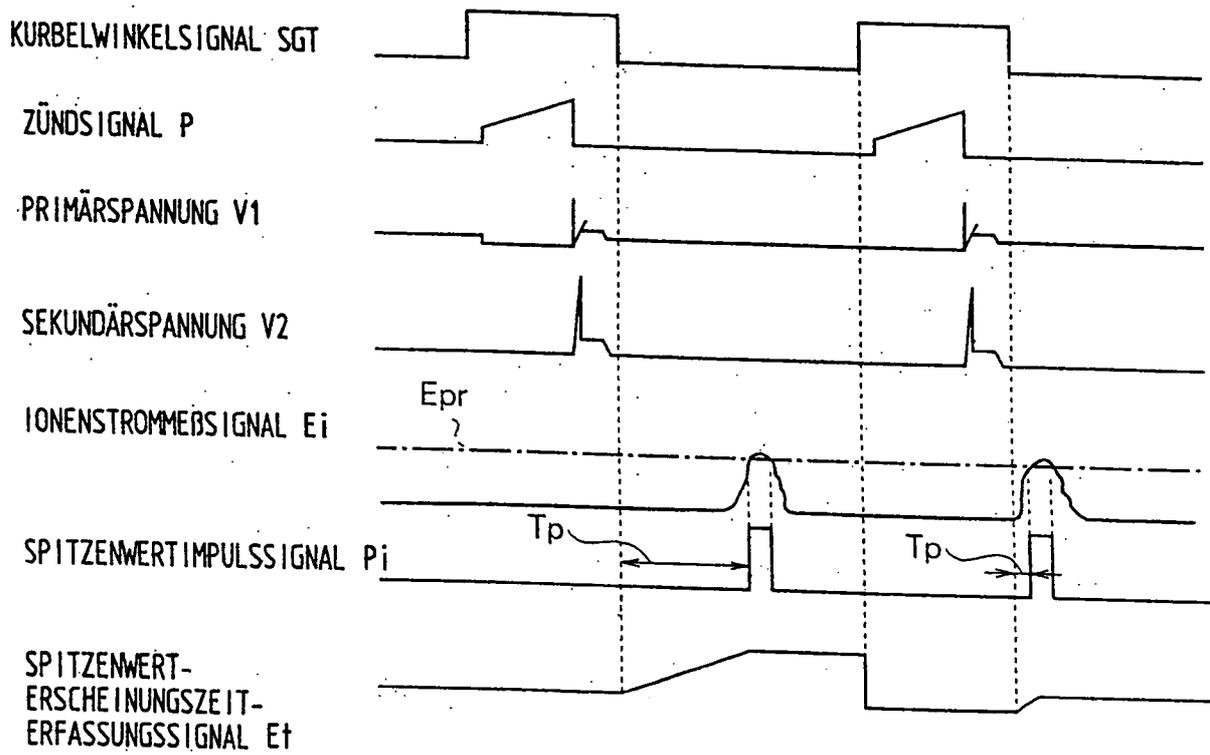


FIG. 10

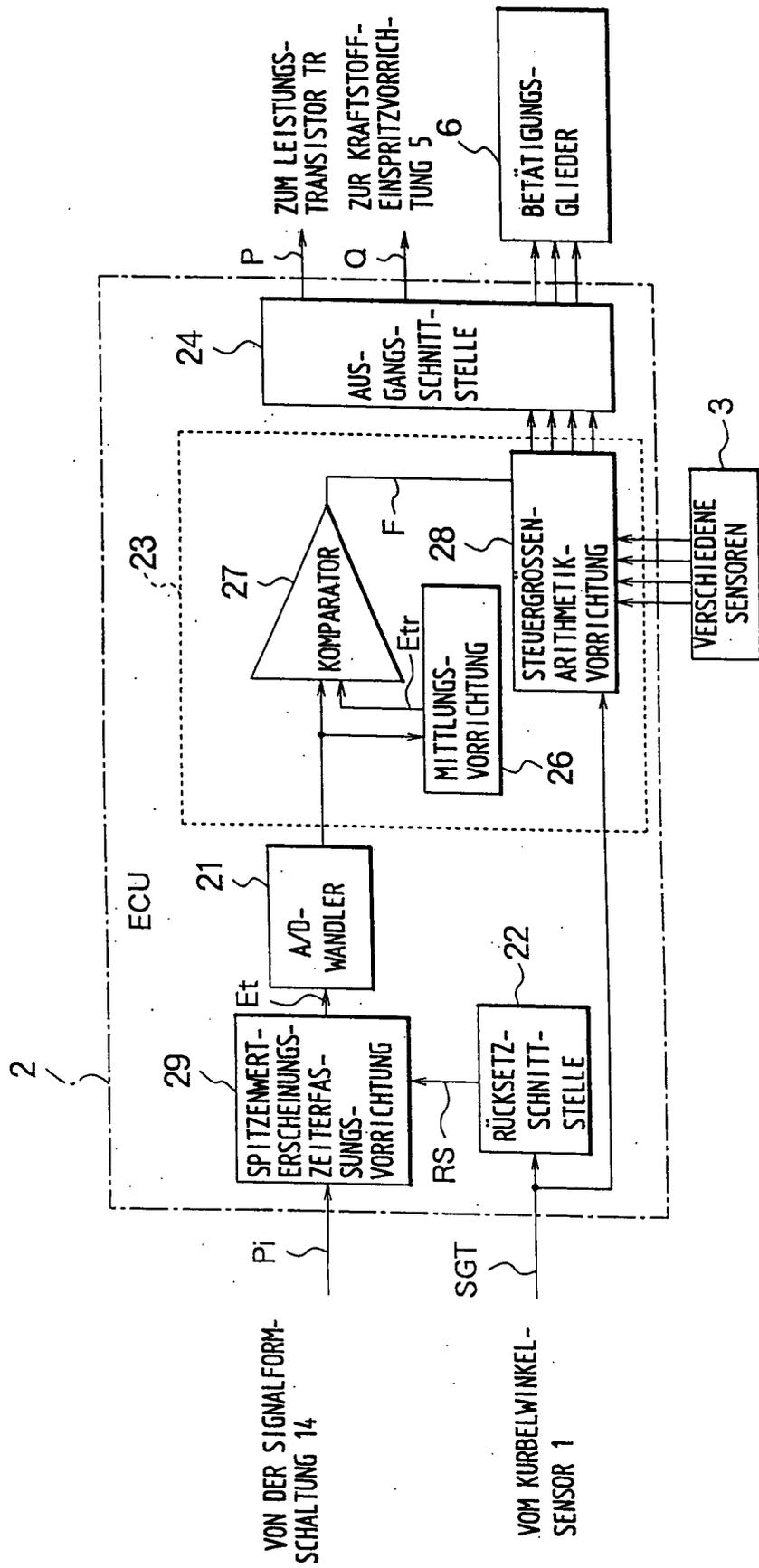


FIG. 11

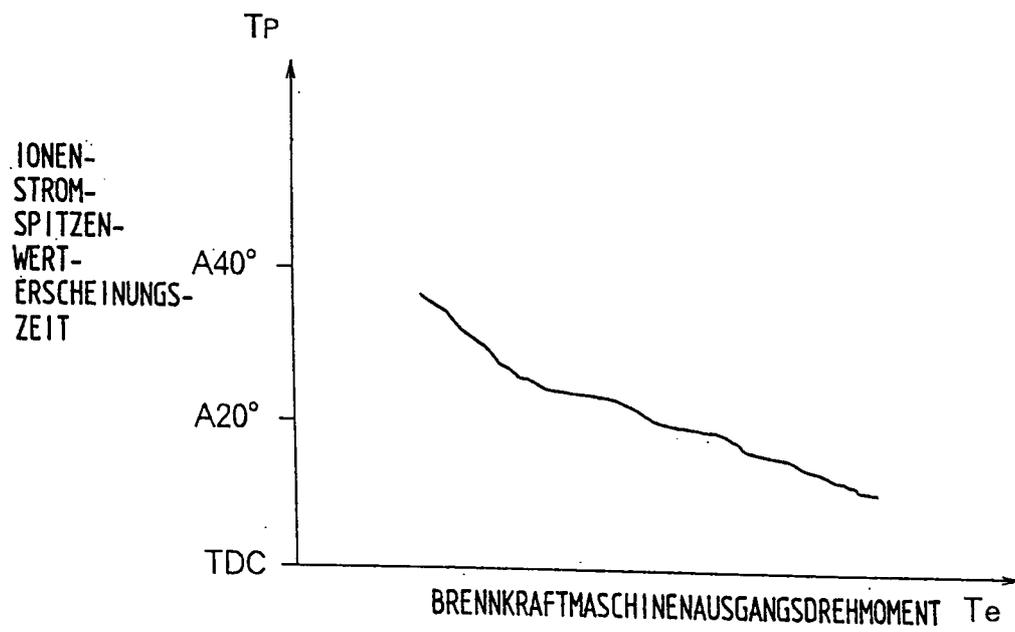


FIG. 12

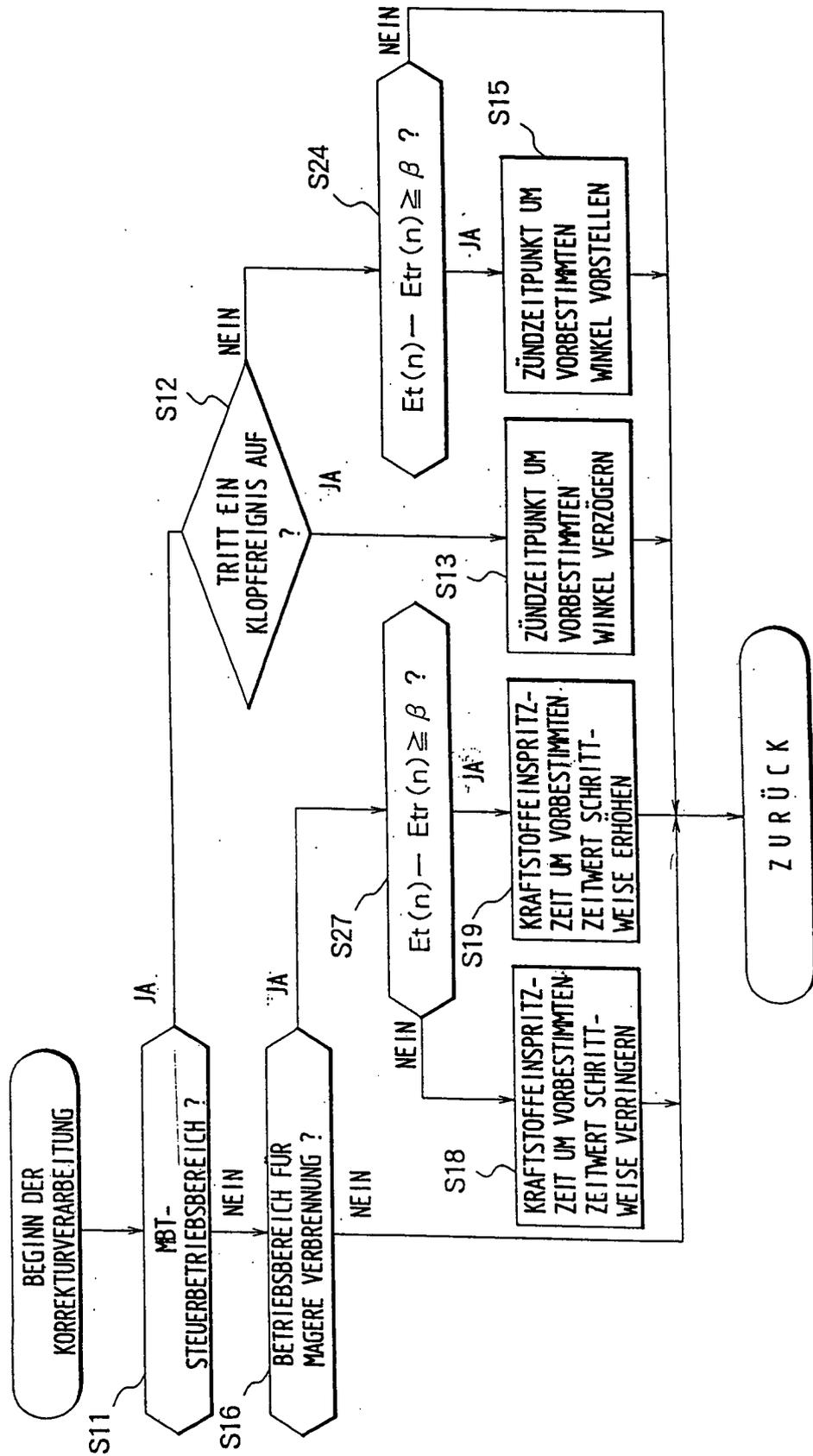


FIG. 13

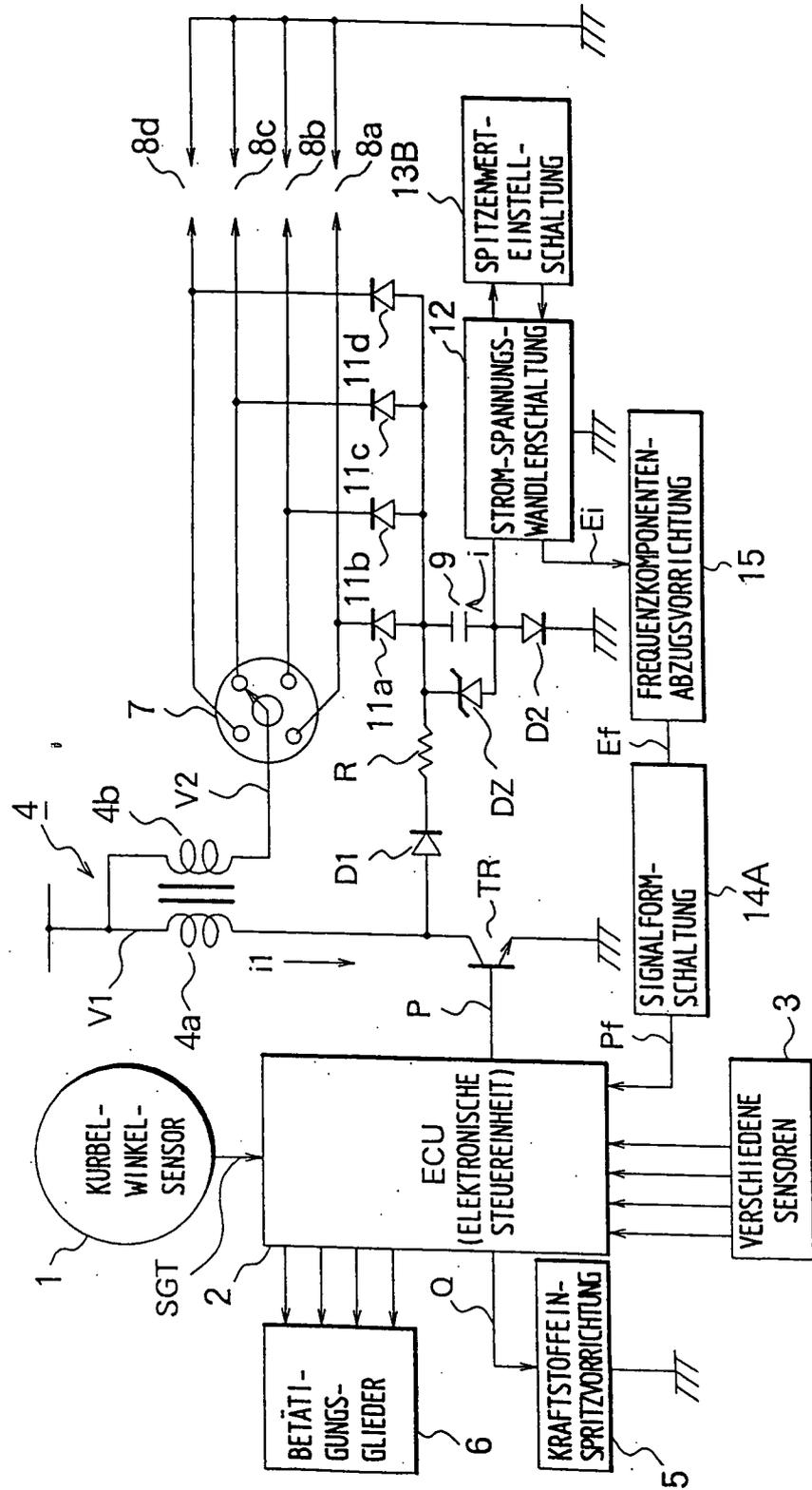


FIG. 14

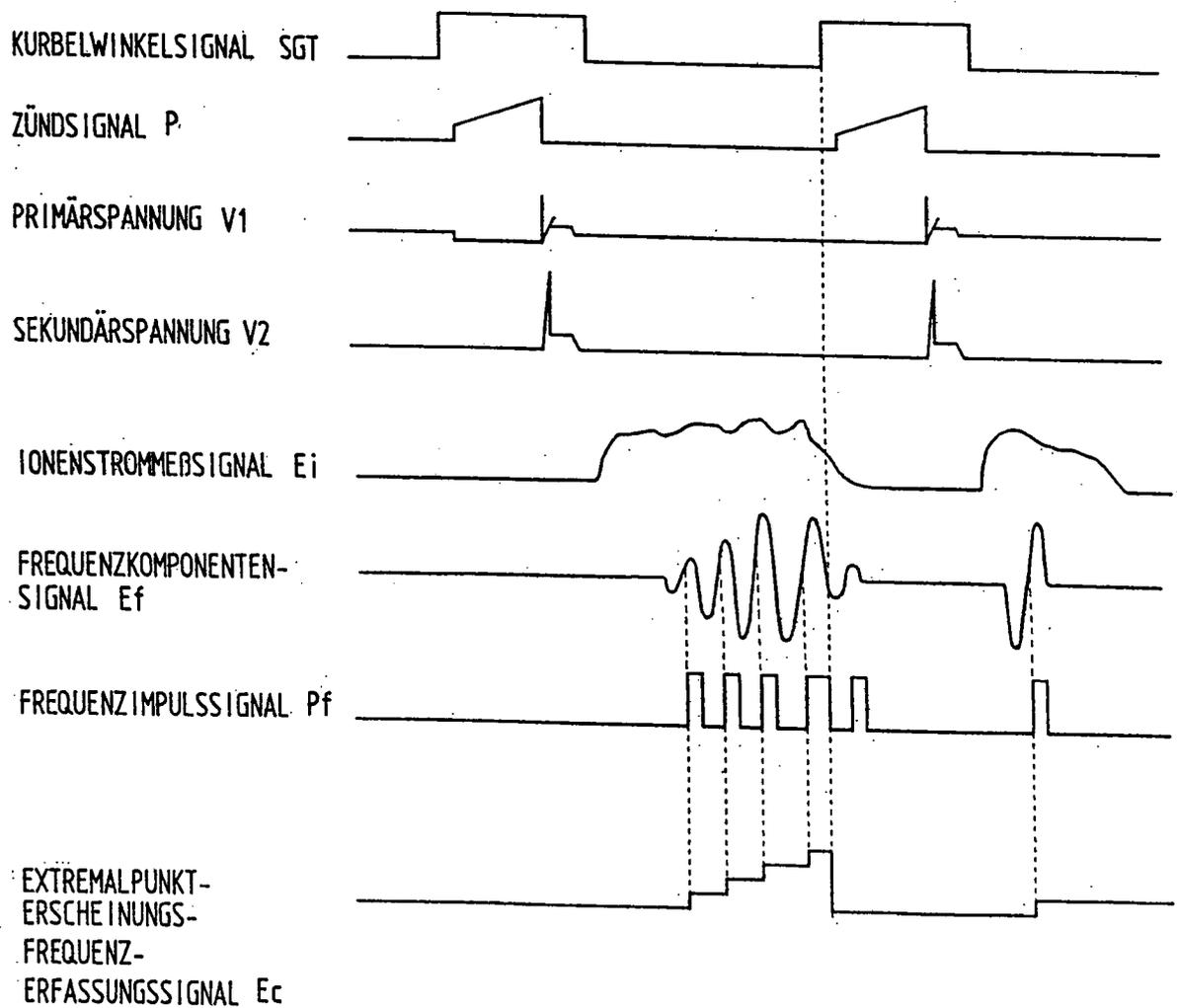


FIG. 15

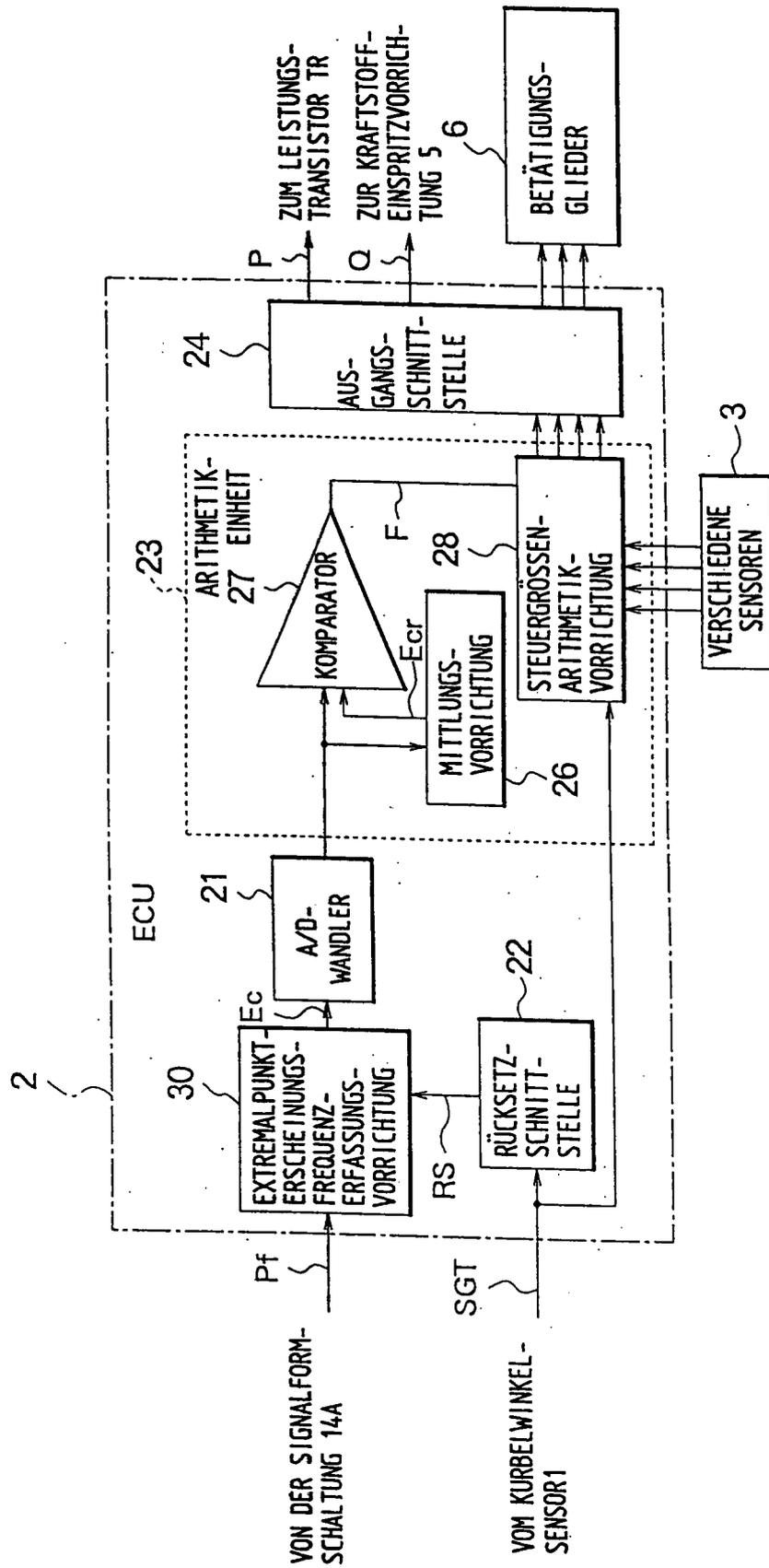


FIG. 16

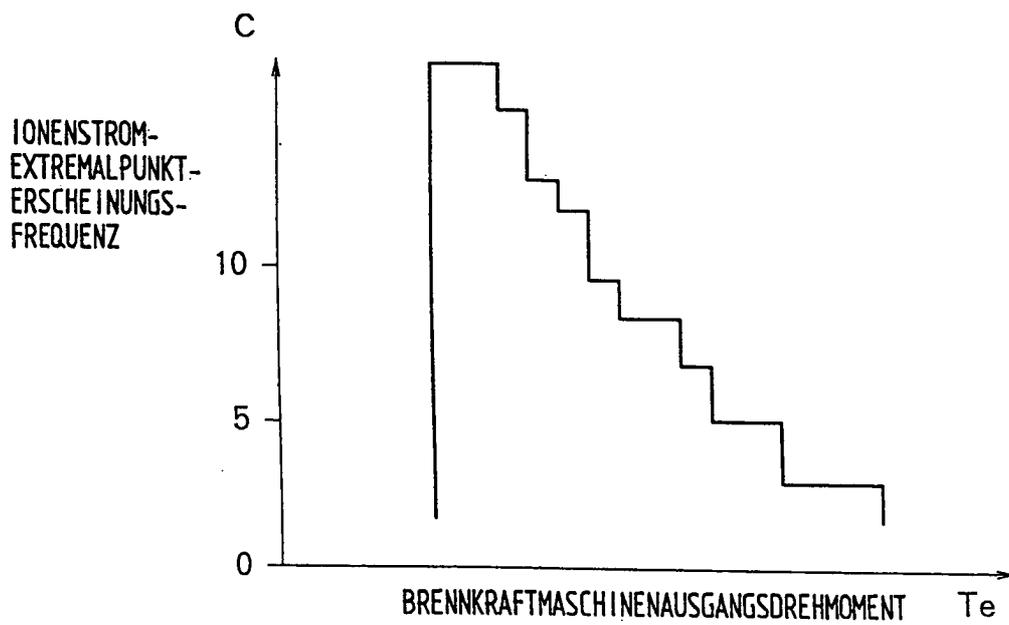




FIG. 18

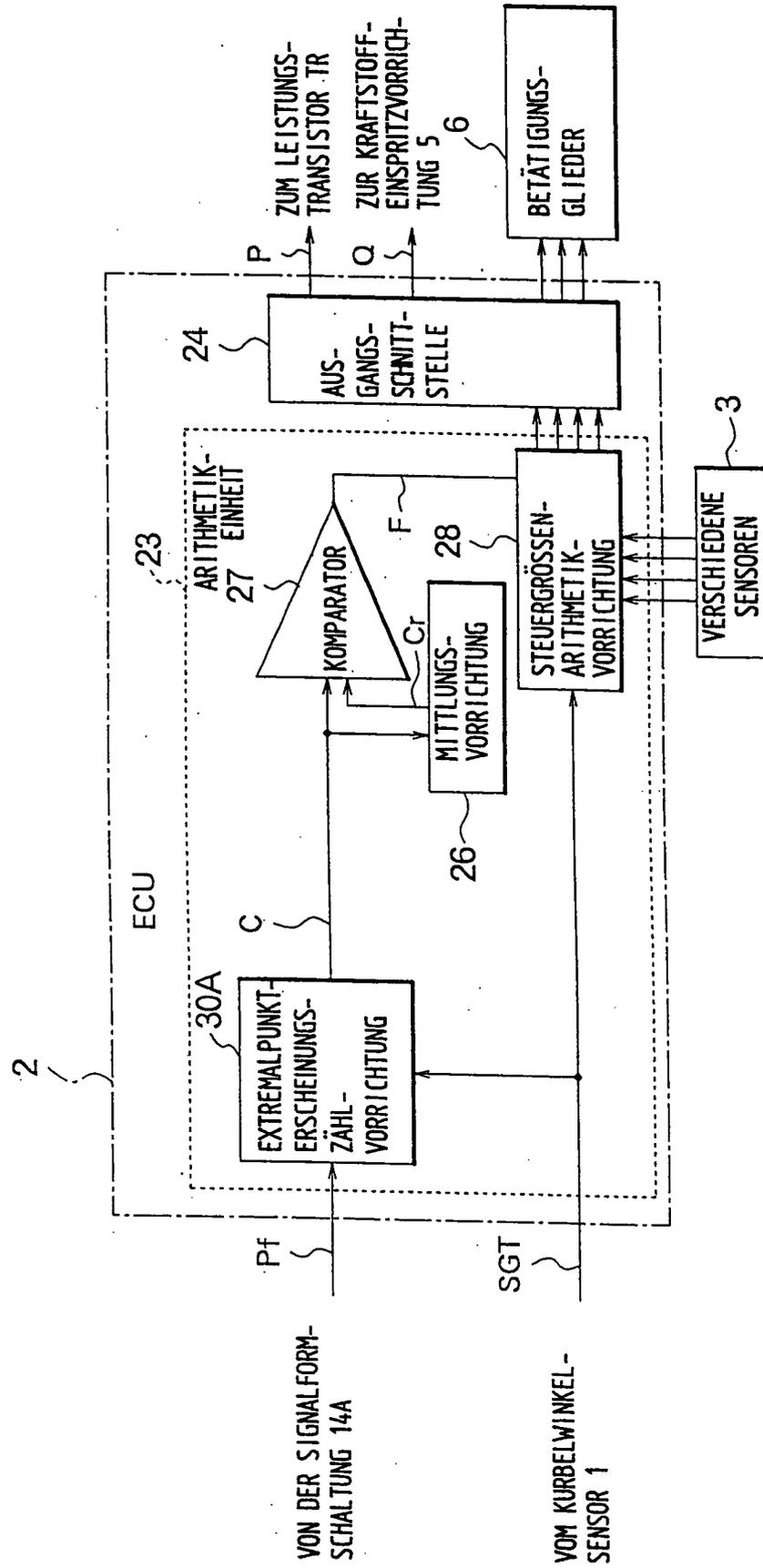


FIG. 19

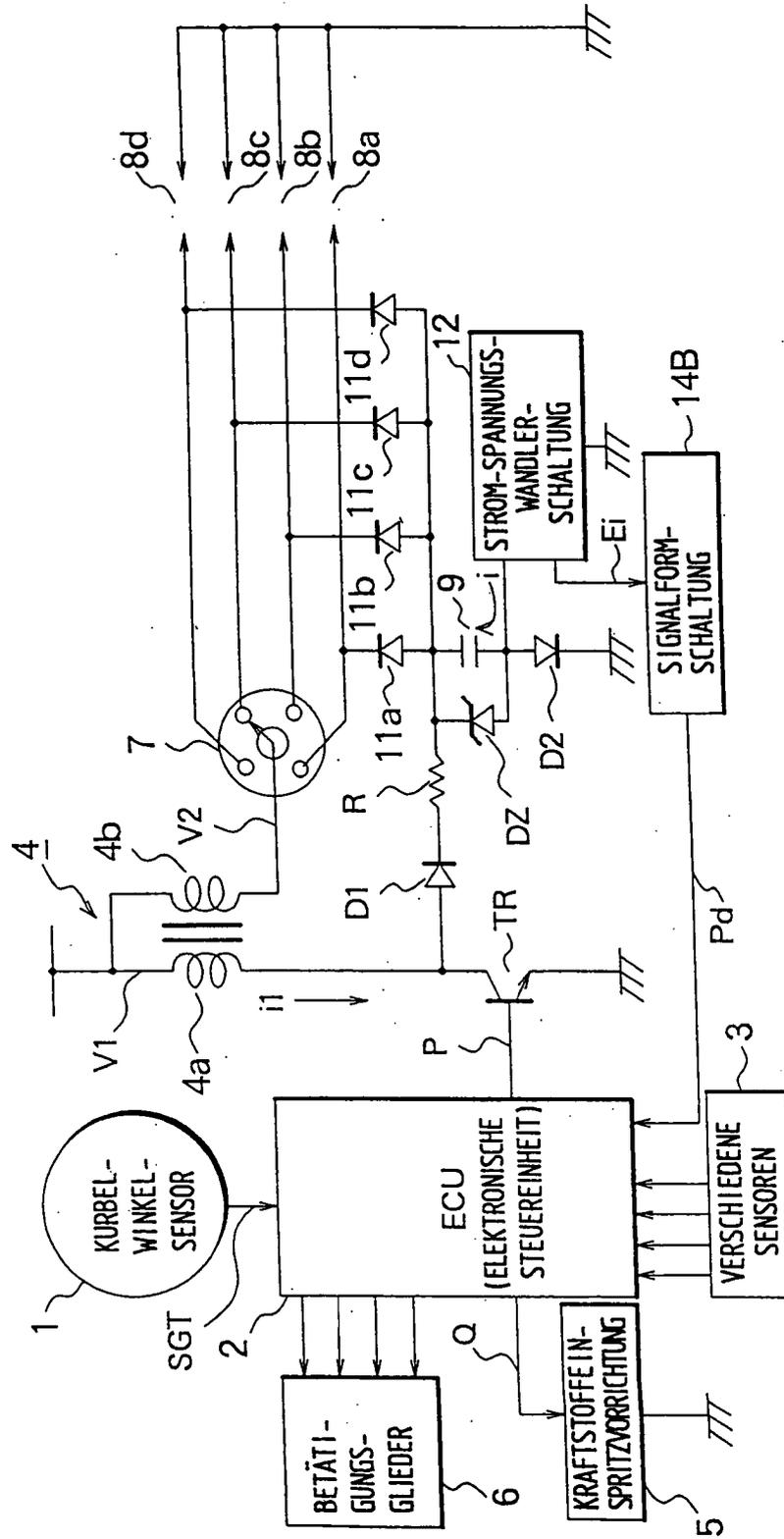


FIG. 20

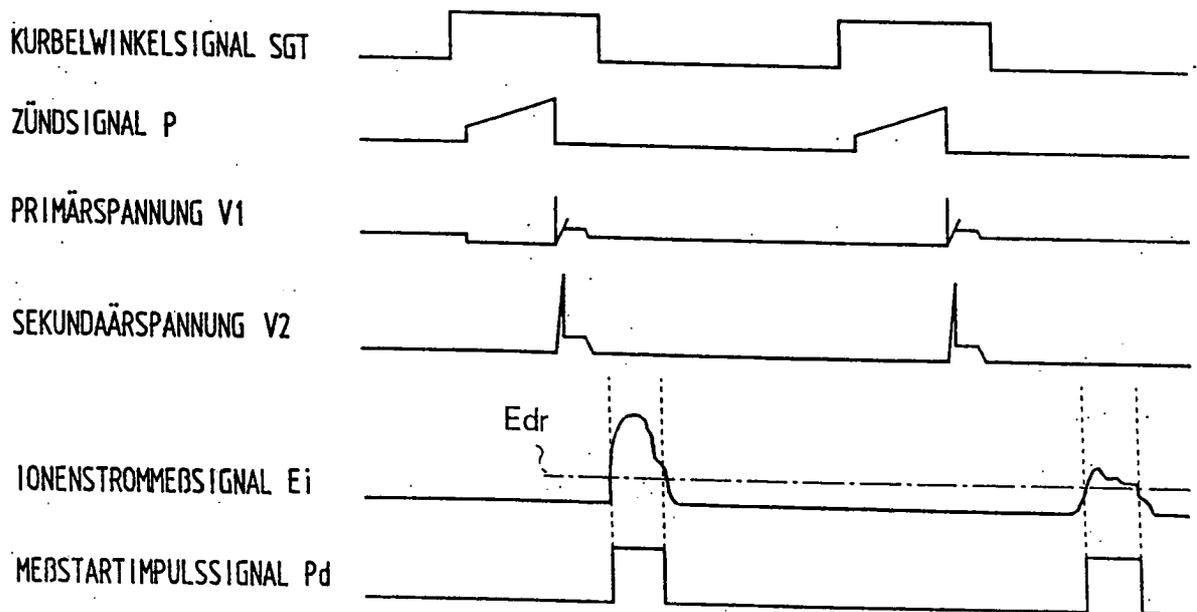


FIG. 21

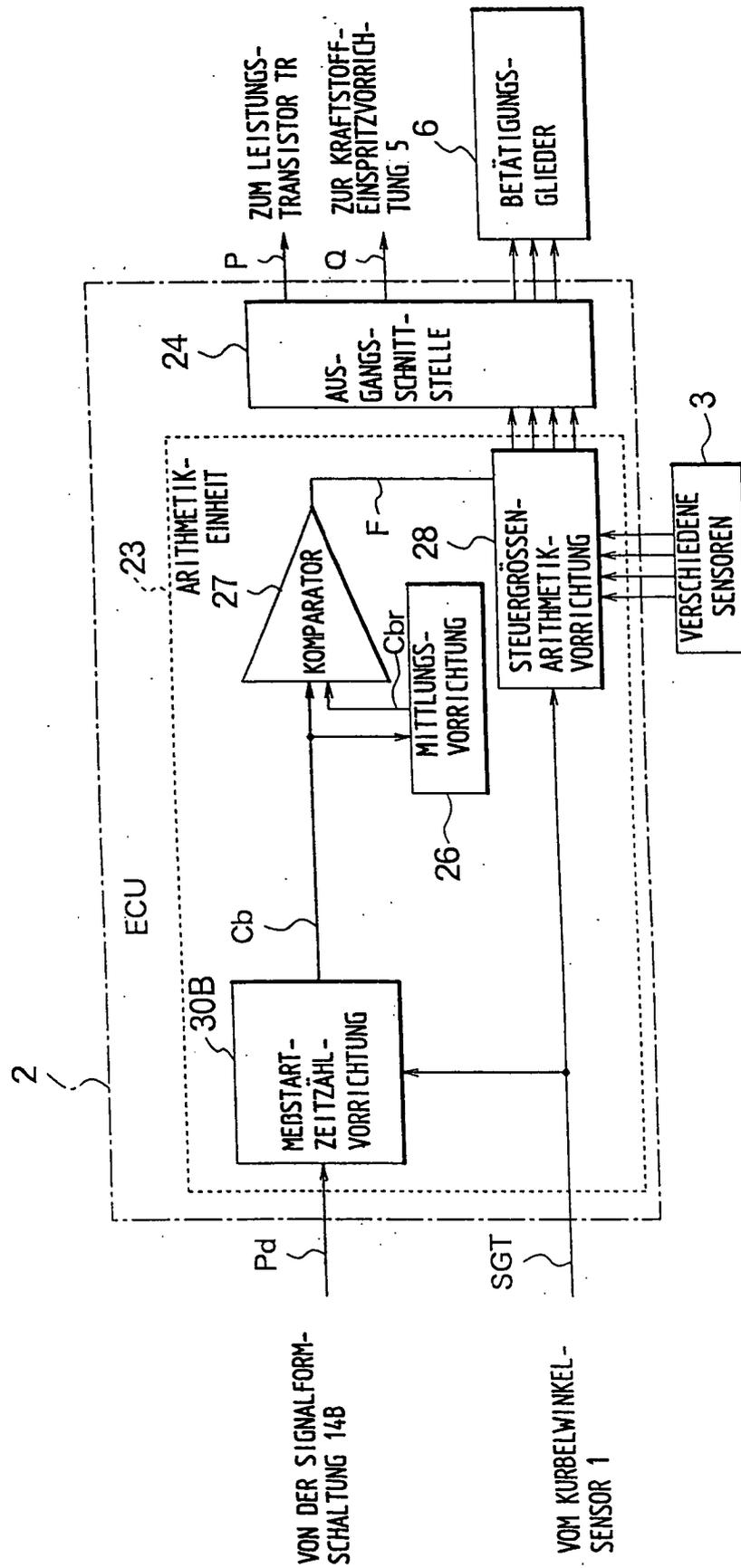


FIG. 22

