



(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 102 62 331.7

(51) Int Cl.: H01M 8/04 (2006.01)

(22) Anmelddatag: 19.11.2002

(43) Offenlegungstag: 03.07.2003

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 24.12.2014

Innerhalb von neun 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:  
2001/354530

20.11.2001 JP

(74) Vertreter:  
Patentanwälte Weickmann & Weickmann, 81679 München, DE

(62) Teilung aus:  
102 53 944.8

(72) Erfinder:  
Sugawara, Tatsuya, Wako, Saitama, JP;  
Shimanuki, Hiroshi, Wako, Saitama, JP

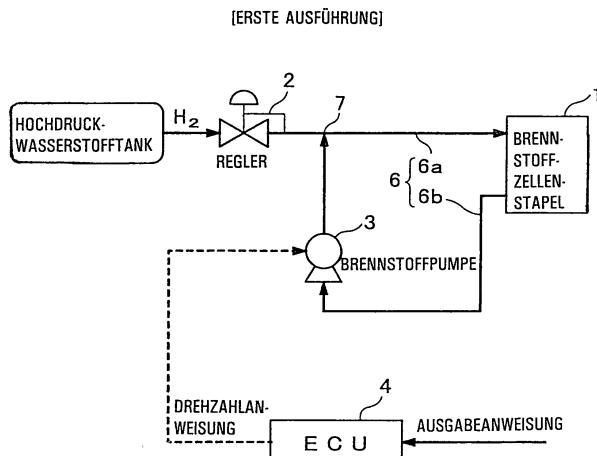
(73) Patentinhaber:  
Honda Giken Kogyo K.K., Tokyo, JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:  
siehe Folgeseiten

### (54) Bezeichnung: Brennstoff-zirkulierendes Brennstoffzellensystem

(57) Hauptanspruch: Brennstoff-zirkulierendes Brennstoffzellensystem, umfassend  
eine Brennstoffzelle (1), die mit Brennstoff und einem Oxidationsmittel versorgt wird und Elektrizität erzeugt;  
eine Brennstoffzirkulationspassage (6), die von der Brennstoffzelle (1) abgeführten Brennstoff wieder der Brennstoffzelle (1) zuführt;  
eine Brennstoffpumpe (3), die in der Brennstoffzirkulationspassage (6) angeordnet ist und von einer außen liegenden Quelle angetrieben wird, um den Brennstoff in der Brennstoffzirkulationspassage (6) umzuwälzen;  
ein Brennstoffzellensteuergerät (4), das eine Zustandsgröße der Brennstoffzelle (1) überwacht; und  
einen Ejektor (5), der der Brennstoffzirkulationspassage (6) neuen Brennstoff zuführt und den Brennstoff in der Brennstoffzirkulationspassage (6) umwälzt,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Zustandsgröße eine Zellenspannung der Brennstoffzelle (1) und/oder einen Taupunkt des Brennstoffs am Einlass der Brennstoffzelle (1) umfasst,  
dass das Brennstoffzellensteuergerät (4) dazu eingerichtet ist, dass es eine Solldrehzahl der Brennstoffpumpe (3) auf der Basis eines die Ausgangsleistung der Brennstoffzelle (1) bestimmenden Ausgabeleistungswerts bestimmt und auf der Basis der Zustandsgröße einen Drehzahlkorrekturkoeffizienten berechnet;  
dass das Brennstoffzellensteuergerät (4) dazu eingerichtet ist, dass es die Brennstoffpumpe (3) derart regelt, dass sich die Brennstoffpumpe (3) mit der Solldrehzahl, die mit dem Drehzahlkorrekturkoeffizienten korrigiert ist, dreht, um eine

Zirkulationsgeschwindigkeit des Brennstoffs in der Brennstoffzirkulationspassage (6) zu regulieren, und  
dass das Brennstoffzellensteuergerät (4) dazu eingerichtet ist, dass es die Brennstoffpumpe (3) stoppt oder im Leerlauf arbeiten lässt, wenn die Zustandsgröße in einen vorbestimmten Bereich fällt.



(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	101 07 127	A1
EP	0 654 182	B1
EP	0 800 708	B1
JP	2001- 143 732	A
JP	H09- 213 353	A

H. Gehrke et al.: The Hermes Fuel Cell Power  
Plant. In: Proceedings of the European Space  
Power Conference: 2-6 October 1989, Madrid,  
Spain, 1989, S. 203-209.

**Beschreibung****HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

**[0001]** Diese Erfindung betrifft Brennstoff-zirkulierende Brennstoffzellensysteme und insbesondere einen Wasserstoffzirkulationsmechanismus in Brennstoffzellensystemen.

**[0002]** In dem Brennstoffzellensystem sollte mehr Wasserstoff und Luft zugeführt werden, als die Brennstoffzellen verbrauchen, um kondensiertes Wasser in den Brennstoffzellen abzuführen. Wasserstoff wird von einer Speichervorrichtung zugeführt, wie etwa einer in einem Fahrzeug installierten Flasche, und somit wird das Abführen von unbenutztem Wasserstoff in die Luft die Brennstoffeffizienz von Wasserstoff merklich beeinträchtigen. Aus diesem Grund sind Systeme zum Zirkulieren bzw. Rückführen von unbenutztem Wasserstoff unter Verwendung einer Pumpe o. dgl. angestrebt worden.

**[0003]** Methoden zum Zirkulieren von unbenutztem Wasserstoff in einer Brennstoffzelle fallen grob in zwei Typen.

**[0004]** Der erste Typ ist eine Methode, Wasserstoff unter Verwendung einer Brennstoffpumpe zu zirkulieren, worin ein Arbeitsabschnitt, der sich dreht und/oder verschiebt, benutzt wird, um Brennstoffe zu sammeln und zu fördern. Dieser Typ wird nachfolgend als "Brennstoffpumpe verwendender Ansatz" bezeichnet. Jedoch würde diese Methode nachteilhaft eine Brennstoffpumpe großer Abmessung und einen hohen Energieverbrauch zum Antrieb der Brennstoffpumpe erfordern, was die Brennstoffeffizienz eines Brennstoffzellenfahrzeugs senkt. Ein anderes Problem, das dem Brennstoffpumpe verwendenden Ansatz zugeordnet ist, ist, dass der Druck des Wasserstoffs in einem Hochdruckwasserstofftank nicht effektiv genutzt werden könnte.

**[0005]** Der zweite Typ ist eine Methode des Zirkulierens von Wasserstoff unter Verwendung eines Ejektors oder einer Art von Strahlpumpe. Dieser Typ wird nachfolgend als "Ejektor verwendender Ansatz" bezeichnet. Diese Methode verwendet Energie, die von einem hohen Druck in dem Hochdruckwasserstofftank erzeugt wird, um Wasserstoff zu zirkulieren, und daher ist kein Energieverbrauch erforderlich. Da jedoch bei dem Ejektor verwendenden Ansatz die Zirkulation von Wasserstoff nicht stattfindet, bis die Brennstoffzellen Wasserstoff verbrauchen, würde die Zirkulationsrate von Wasserstoff nachteilig absinken, wenn die Ausgangsleistung der Brennstoffzellen reduziert wird. Ferner hat der Ejektor eine Düse, die eingesetzt ist, um eine Geschwindigkeit des Wasserstoffs zu erzeugen, was hierdurch eine Verzögerung des Ejektors in Reaktion auf eine abrupt erhöhte Ausgangsleistung der Brennstoffzellen verursachen würde, mit dem Ergebnis, dass die Zirkulationsrate nachteilig einen Sollwert nicht erreichen könnte.

**[0006]** Das Problem, dass bei dem Ejektor verwendenden Ansatz auftritt, wird nun im Detail in Bezug auf **Fig. 20** beschrieben. **Fig. 20** ist ein Blockdiagramm eines üblichen Wasserstoffzirkulationssystems, das nur einen Ejektor als Mittel zum Zirkulieren von Wasserstoff verwendet.

**[0007]** In diesem System unterliegt der Wasserstoff, der von einem Hochdruckwasserstofftank **101** zugeführt wird, einer Druckregulierung durch einen Regler **102** und wird dann durch einen Ejektor **103** zu einem Brennstoffzellenstapel **104** ausgeworfen. Der Brennstoffzellenstapel **104** ist mit Überschussmengen von Wasserstoff versorgt worden, um kondensiertes Wasser abzuführen, wie oben beschrieben. Der in dem Brennstoffzellenstapel **104** nicht benutzte Wasserstoff fließt durch eine Wasserstoffzirkulationspassage **106** in den Ejektor **103** und zirkuliert durch das System zusammen mit Wasserstoff, der von dem Hochdruckwasserstofftank **101** zugeführt wird. Das System ist konfiguriert, um den Wasserstoffdruck zu erhöhen, der auf den Brennstoffzellenstapel **104** ausgeübt wird, wenn die Ausgangsleistung des Brennstoffzellenstapels **104** ansteigt.

**[0008]** Wenn in diesem System eine abrupte Beschleunigungsanweisung den Brennstoffzellenstapel **104** ausgegeben wird, wird schnell eine große Wasserstoffmenge in dem Brennstoffzellenstapel **104** verbraucht, und hierdurch sinkt der Wasserstoffdruck in dem Brennstoffzellenstapel **104**. Wenn ausreichend Wasserstoff zum Bereitstellen der verbrauchten Menge sofort zugeführt werden könnte, entstünde kein Problem. Jedoch gibt es eine Zeitverzögerung zwischen der Druckabnahme in den Brennstoffzellenstapel **104** und der Abnahme des Drucks, der durch eine Wasserstofffließpassage **107** zu dem Ejektor **103** übertragen wird, und die Reaktion des Ejektors **103** auf die Druckabnahme in dem Brennstoffzellenstapel **104** würde evtl. verzögert werden. Darüber hinaus wird der Wasserstoff durch eine verengte Düse des Ejektors **103** zugeführt, und daher ist eine vorbestimmte Zeitdauer erforderlich, bis die Wasserstoffmenge, die den Brennstoffzellen zugeführt werden muss, erreicht ist.

**[0009]** Die obige Situation ist in **Fig. 21A** gezeigt, die eine Wasserstoffmenge darstellt, die dem Brennstoffzellenstapel **104** zugeführt werden muss (mit unterbrochener Linie angegeben), und eine Wasserstoffmenge, die tatsächlich durch den Ejektor **103** zugeführt wird (mit durchgehender Linie angegeben), wenn eine abrupte Beschleunigungsanweisung zu dem Brennstoffzellenstapel **104** übermittelt wird.

**[0010]** Wie in **Fig. 21A** gezeigt nimmt, nachdem eine abrupte Beschleunigungsanweisung vorgese-

hen wird, die den Brennstoffzellenstapel **104** zuführende Wasserstoffmenge schnell zu, wobei aber die Wasserstoffmenge, die durch den Ejektor **103** tatsächlich zugeführt wird, der schnellen Zunahme nicht folgt, was zu einem Wasserstoffmangel führt (oder sogenannte "Hemmung"). Die Hemmung verursacht eine Beschädigung, wie etwa einen Bruch von Elektrolytmembranen der Brennstoffzellen, was im schlimmsten Fall zu einer Zerstörung der Brennstoffzellen führen würde.

**[0011]** Wenn ferner eine abrupte Verzögerungsanweisung an den Brennstoffzellenstapel **104** ausgegeben wird, sollte das System einen Wasserstoffdruck, der auf den Brennstoffzellenstapel **104** ausgeübt wird, so steuern, dass er auf einen vorbestimmten Pegel reduziert wird. Schließlich wird die Wasserstoffzufuhr von dem Hochdruckwasserstofftank **101** zu dem Brennstoffzellenstapel **104** gestoppt, sodass Wasserstoff in dem Brennstoffzellenstapel **104** verbraucht wird. Jedoch würde der Zufahrstopp des Wasserstoffs, der in den Ejektor **103** eingeführt hätte werden sollen, es dem Ejektor **103** unmöglich machen, Wasserstoff zu zirkulieren. Wenn Wasserstoff nicht glattgängig zirkuliert wird, würde sich Kondenswasser in den Brennstoffzellenstapel **104** ansammeln, was somit eine Zellenspannung senken würde und schlimmstenfalls zu einer Beschädigung des Brennstoffzellenstapels **104** führen könnte.

**[0012]** Die obige Situation ist in **Fig. 21B** gezeigt, die eine Wasserstoffmenge darstellt, die den Brennstoffzellenstapel **104** zugeführt werden muss (mit unterbrochener Linie angegeben) und eine Wasserstoffmenge, die tatsächlich durch den Ejektor **103** zugeführt wird (mit durchgehender Linie angegeben), unter den Bedingungen, wo eine abrupte Verzögerungsanweisung an den Brennstoffzellenstapel **104** ausgegeben wird.

**[0013]** Wenn eine abrupte Verzögerungsanweisung an den Brennstoffzellenstapel **104** ausgegeben wird, benötigt der Brennstoffzellenstapel **104** eine Wasserstoffzirkulierung, wie sie in der unterbrochenen Linie gezeigt ist, wobei aber in Wirklichkeit der Ejektor **103** stoppt und nicht länger in der Lage ist, Wasserstoff zu zirkulieren, und somit Wasserstoff in dem System gehalten wird. Unter diesen Bedingungen kann Kondenswasser, das in dem Brennstoffzellenstapel **104** erzeugt wird, nicht beseitigt werden; demzufolge sammelt sich das Kondenswasser in dem Brennstoffzellenstapel **104** an.

**[0014]** Darüber hinaus ist, da sich die Bedingungen des Brennstoffzellenstapels **104** fortlaufend ändern, der Betrieb des Wasserstoffzirkulationssystems nachteilig nicht für das System optimierbar, solange nicht das Wasserstoffzirkulationssystem gemäß den veränderten Bedingungen gesteuert wird.

**[0015]** Die vorliegende Erfindung wird gemacht, um die oben diskutierten Nachteile zu beseitigen.

**[0016]** Aus H. Gehrke et al.: The Hermes Fuel Cell Power Plant. In: Proceedings of the European Space Power Conference: 2–6 October 1989, Madrid, Spain, 1989, S. 203–209 ist ein Brennstoffzirkulierendes Brennstoffzellensystem entnehmbar, das eine Brennstoffzelle, eine Brennstoffzirkulationspassage, eine darin angeordnete Brennstoff-Umwälzpumpe, ein Brennstoffzellensteuergerät (Controller) und eine Ejektorpumpe, die der Rezirkulationspassage neuen Brennstoff zuführt und diesen umwälzt, aufweist.

**[0017]** Aus der DE 101 07 127 A1 ist ein Brennstoffzellensystem entnehmbar, wobei die überwachte Zustandsgröße die Zellenspannung ist, auf deren Basis die Steuereinheit die Strömungsgeschwindigkeit der Wasserstoffansaugpumpe regelt.

**[0018]** Aus der JP 2001-143 732 A ist ein Brennstoffzellensystem entnehmbar, wobei die überwachte Zustandsgröße die mit dem Sensor gemessene relative Feuchtigkeit (Taupunkt) des Brennstoffs ist, auf deren Basis die Steuereinheit die Strömungsgeschwindigkeit der Wasserstoffumwälzpumpe regelt.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0019]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein gattungsgemäßes Brennstoff-zirkulierendes Brennstoffzellensystem mit Brennstoffpumpe und Ejektor anzugeben, das eine Verbesserung seines Wirkungsgrads ermöglicht.

**[0020]** Zur Lösung der Aufgabe wird ein Brennstoffzirkulierendes Brennstoffzellensystem gemäß Anspruch 1 angegeben.

**[0021]** Da die Brennstoffpumpe und der Ejektor in Kombination als die Brennstoffzellenbeschickungsvorrichtung verwendet werden, könnte auch unter Bedingungen, wo der Ejektor nicht zur Brennstoffstrahlbildung in der Lage ist, wie im Fall einer abrupten Beschleunigung/Verzögerung der Brennstoffzellen, und somit durch den Ejektor kein Brennstoff zirkuliert wird, das Brennstoffzellensteuergerät die Drehzahl der Brennstoffpumpe erhöhen, sodass eine ausreichende Wasserstoffmenge, die von den Brennstoffzellen benötigt wird, durch die Brennstoffzirkulationspassage zirkuliert werden kann.

**[0022]** Die obige Brennstoffbeschickungsvorrichtung kann entweder mit einem einzigen Ejektor oder mit einer Mehrzahl von Ejektoren versehen sein.

**[0023]** Das Brennstoffzellensteuergerät überwacht eine Zellenspannung, einen Taupunkt von Brennstoff am Einlass der Brennstoffzellen und andere Zu-

standsgrößen der Brennstoffzelle und kann somit eine adäquate Steuerung/Regelung an der Zirkulationsrate von Brennstoff mit einer Feineinstellung für die Zustandsgröße durchführen.

**[0024]** Gemäß der vorliegenden Erfindung stoppt das obige Brennstoffzellensteuergerät die Brennstoffpumpe oder lässt die Brennstoffpumpe leerlaufen, wenn die Zustandsgröße in den vorbestimmten Bereich fällt.

**[0025]** Hierbei wird in einem Hybridsystem, das sowohl den Ejektor als auch die Brennstoffpumpe in Kombination als Brennstoffbeschickungsvorrichtung verwendet, die Brennstoffpumpe gestoppt oder leerlaufen gelassen, wenn die Zustandsgröße (z. B. eine Zellenspannung, ein Taupunkt o. dgl.) der Brennstoffzelle in dem vorbestimmten Bereich liegt, sodass in der Brennstoffzelle verbrauchte elektrische Energie eingeschränkt werden kann. Demzufolge kann der energetische Wirkungsgrad des Gesamtsystems verbessert werden.

**[0026]** Bevorzugt bestimmt das obige Brennstoffzellensteuergerät eine Solldrehzahl der Brennstoffpumpe auf der Basis des Ausgabeanweisungswerts, der der Brennstoffzelle übermittelt wird.

**[0027]** Hierbei steuert/regelt das Brennstoffzellensteuergerät die Brennstoffpumpe derart, dass die Brennstoffpumpe mit einer Solldrehzahl dreht, die auf dem Ausgabeanweisungswert beruht anstatt der Angabe bzw. Ausgangsleistung der Brennstoffzellen. Der Grund dafür, warum das Brennstoffzellensteuergerät die variierende Ausgangsleistung der Brennstoffzelle nicht nutzt, um die Brennstoffpumpe zu steuern/zu regeln, ist, dass eine Änderung der Ausgangsleistung der Brennstoffzellen immer einer Verzögerung in der Reaktion auf die Ausgabeanweisung unterliegt. Demzufolge wird die Zirkulationsrate des Brennstoffs auf der Basis des Ausgabeanweisungswerts gesteuert/geregelt, sodass die Steuerung durch die Reaktionsverzögerung nicht beeinflusst wird.

**[0028]** Das obige Brennstoffzellensteuergerät kann ein Steuerkennfeld enthalten, das eine Beziehung zwischen dem Ausgabeanweisungswert und einer Solldrehzahl (oder Brennstoffzirkulationsrate) der Brennstoffzelle angibt. Durch Abfrage des Steuerkennfelds kann das Brennstoffzellensteuergerät die Brennstoffzirkulationsrate, die von den Brennstoffzellen benötigt wird, schnell auswerten und die Solldrehzahl der Brennstoffpumpe bestimmt, sodass das Brennstoffzellensteuergerät die Drehzahl der Brennstoffpumpe rasch steuern/regeln kann. Demzufolge kann das Brennstoffzellensteuergerät den Brennstoff schnell regulieren, um in ausreichender Menge, die von den Brennstoffzellen benötigt wird, durch die

Brennstoffzirkulationspassage bei einer abrupten Beschleunigung/Verzögerung zu zirkulieren.

**[0029]** Das Brennstoffzellensteuergerät bestimmt eine Solldrehzahl der Brennstoffpumpe auf der Basis eines der Brennstoffzelle übermittelten Ausgabeanweisungswert und berechnet auf der Basis der Zustandsgröße einen Drehzahlkorrekturkoeffizienten, und das Brennstoffzellensteuergerät steuert/regelt die Brennstoffpumpe derart, dass die Brennstoffpumpe mit der Solldrehzahl, die mit dem Drehzahlkorrekturkoeffizienten korrigiert ist, dreht. Der obige Drehzahlkorrekturkoeffizient kann auf der Basis des Ausgabeanweisungswerts zusammen mit der Zustandsgröße berechnet werden.

**[0030]** Während die Solldrehzahl der Brennstoffpumpe auf der Basis des Ausgabeanweisungswerts bestimmt wird, wird die Solldrehzahl, mit einem Drehzahlkorrekturkoeffizienten korrigiert, der unter Berücksichtigung von den Zuständen der Brennstoffzellen berechnet ist (z. B. Zellenspannung, Taupunkt etc.), sodass die Drehzahl der Brennstoffpumpe auf den Drehzahlenanweisungswert eingestellt wird.

**[0031]** Wenn z. B. die Zellenspannung unter einen vorbestimmten Bereich fällt, unter dem Einfluss von erzeugtem Wasser, Kondenswasser o. dgl., könnte der Drehzahlkorrekturkoeffizient auf größer gesetzt wird, um die Rotation der Brennstoffpumpe zu beschleunigen, was die Brennstoffzirkulationsrate erhöht. Die erhöhte Zirkulationsrate des Brennstoffs dient zur Beseitigung von Kondenswasser o. dgl. in den Zellen und dazu, die Zellenspannung auf einen Wert innerhalb des vorbestimmten Bereichs zurückzubringen, was erlaubt, dass die Zirkulationsrate des Brennstoffs zu der Brennstoffzirkulationsrate konvergiert (entsprechend der Solldrehzahl), die durch den Ausgabeanweisungswert angegeben wird.

**[0032]** Darüber hinaus kann der Drehzahlkorrekturkoeffizient unter Berücksichtigung sowohl der Zustandsgröße der Brennstoffzelle als auch des Ausgabeanweisungswerts berechnet werden, und der so berechnete Drehzahlkorrekturkoeffizient gestattet eine feinere Einstellung der Brennstoffzirkulationsrate, mit der eine adäquate Brennstoffmenge, die durch die Brennstoffzellen benötigt wird, durch die Brennstoffzirkulationspassage zirkuliert werden kann.

**[0033]** Bevorzugt bestimmt das obige Brennstoffzellensteuergerät eine Solldrehzahl der Brennstoffpumpe auf der Basis des Ausgabeanweisungswerts, erhält eine Ausgabezunahme/Abnahmerate als Änderungsrate des Ausgabeanweisungswerts in Bezug auf die Zeit, berechnet einen Drehzahlkorrekturkoeffizienten auf der Basis der Ausgabezunahme/Abnahmerate (oder der Ausgabezunahme/Abnahmerate und dem Ausgabeanweisungswert), und steuert/regelt die Brennstoffpumpe derart, dass die Brenn-

stoffpumpe mit einer Drehzahl dreht, die durch Korrektur der Solldrehzahl mit dem Drehzahlkorrekturkoeffizienten erhalten ist.

**[0034]** Während die Solldrehzahl der Brennstoffpumpe unter Berücksichtigung der Ausgabeanweisung bestimmt werden kann, berechnet das Brennstoffzellensteuergerät des sechsten Aspekts der vorliegenden Erfindung den Drehzahlkorrekturkoeffizienten charakteristisch gemäß der Änderungsrate der Ausgangsleistung der Brennstoffzellen (Ausgabeanweisungswert) in Bezug auf die Zeit.

**[0035]** Wenn die Änderungsrate der Ausgabe bzw. Ausgangsleistung der Brennstoffzellen in Bezug auf die Zeit groß ist, variiert die Ausgabe der Brennstoffzellen stark in kurzer Zeit; somit wird der Drehzahlkorrekturkoeffizient auf einen großen Wert gesetzt. Im Gegensatz hierzu wird, wenn die Änderungsrate der Ausgabe der Brennstoffzellen in Bezug auf die Zeit klein ist, der Drehzahlkorrekturkoeffizient auf einen kleinen Wert gesetzt.

**[0036]** Der Drehzahlkorrekturkoeffizient kann unter Berücksichtigung sowohl der Änderungsrate der Ausgabe der Brennstoffzellen in Bezug auf die Zeit als auch des Ausgabeanweisungswerts berechnet werden, wodurch eine feinere Einstellung der Brennstoffzirkulationsrate durchgeführt werden kann.

**[0037]** Die oben beschriebenen Operationen der Berechnung eines Drehzahlkorrekturkoeffizienten, der Berechnung eines Drehzahlanweisungswerts durch Korrektur der Solldrehzahl mit dem Drehzahlkorrekturkoeffizient, und die Steuerung/Regelung der Brennstoffpumpe derart, dass die Brennstoffpumpe mit einer Drehzahl entsprechend dem Drehzahlanforderungswert dreht, erlaubt, dass bei einer Beschleunigung/Verzögerung der Brennstoffzellen eine adäquate Brennstoffmenge, die von den Brennstoffzellen benötigt wird, durch die Brennstoffzirkulationspassage zirkuliert wird.

**[0038]** Bevorzugt berechnet das obige Brennstoffzellensteuergerät eine Betriebszeit der Brennstoffpumpe auf der Basis des Ausgabeanweisungswerts und der Ausgabezunahme/Abnahmerate und steuert/regelt die Brennstoffpumpe derart, dass die Brennstoffpumpe während der Betriebszeit dreht.

**[0039]** Hierbei bestimmt das Brennstoffzellensteuergerät eine Betriebszeit, über die die Brennstoffzellenpumpe eine beschleunigte Rotation ausführt, auf der Basis der Ausgabezunahme/Abnahmerate und steuert/regelt hierdurch die Brennstoffpumpe. Die so konfigurierte Steuerung/Regelung setzt die Betriebszeit auf einen größeren Wert, wenn sich die Ausgabezunahme/Abnahmerate stark ändert, wohingegen sie die Betriebszeit auf einen kleinen Wert setzt, wenn sich die Ausgabezunahme/Abnahmerate wenig än-

dert, und kann somit eine adäquate Brennstoffmenge zirkulieren, die von den Brennstoffzellen benötigt wird, auf der Basis einer abrupten Beschleunigung/Verzögerung der Brennstoffzellen.

**[0040]** Hier ist die "beschleunigte Rotation" eine Rotation, wenn der Drehzahlkorrekturkoeffizient, der wie in dem sechsten Aspekt der vorliegenden Erfindung berechnet ist, größer als eins ist, und wenn der Drehzahlanweisungswert, der der Brennstoffpumpe übermittelt wird, größer ist als die Solldrehzahl.

**[0041]** Bevorzugt enthält die obige Brennstoffzirkulationspassage einen Bypass, der die Brennstoffpumpe umgeht, sowie ein Bypassventil, das durch das Brennstoffzellensteuergerät betrieben wird, um auf der Basis der Zustandsgröße zu öffnen und zu schließen; und das Bypassventil wird geöffnet, wenn die Zustandsgröße in einen vorbestimmten Bereich fällt, während das Bypassventil geschlossen wird, wenn die Zustandsgröße aus dem vorbestimmten Bereich herausfällt, sodass die Brennstoffpumpe mit einer der Zustandsgröße entsprechenden Drehzahl gedreht wird.

**[0042]** Der Bypass umgeht die Brennstoffpumpe, und in dem Bypass ist ein Bypassventil vorgesehen, das unter der Steuerung des Brennstoffzellensteuergeräts zum Öffnen und Schließen betrieben wird.

**[0043]** Diese Anordnung gestattet, dass die Brennstoffpumpe nur dann arbeitet, wenn es notwendig ist. Genauer gesagt, wenn die Brennstoffzellen unter einem normalen Betriebszustand sind, wird die Brennstoffpumpe gestoppt, und der Brennstoff wird durch den Bypass zirkuliert, sodass nur der Ejektor verwendet wird, um den Brennstoff zu zirkulieren. Ferner dreht die Brennstoffpumpe nur dann, wenn entweder eine abrupte Beschleunigung/Verzögerungsanweisung zu den Brennstoffzellen übermittelt wird oder wenn die Zustandsgröße der Brennstoffzellen außerhalb des vorbestimmten Bereichs liegt; hierdurch kann elektrische Energie zum Betreiben der Brennstoffzelle eingespart werden.

**[0044]** Andere Ziele und weitere Merkmale der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungen in Bezug auf die beigefügten Zeichnungen leicht ersichtlich.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0045]** **Fig. 1** ist ein schematisches Blockdiagramm, das eine Vorrichtungskonfiguration einer ersten Ausführung eines Brennstoff-zirkulierenden Brennstoffzellensystems darstellt.

**[0046]** **Fig. 2A** ist ein Steuerflussdiagramm der ersten Ausführung.

**[0047]** **Fig. 2B** ist eine Graphik, die eine Ausgabe gegen Drehzahlkennfeld zeigt.

**[0048]** **Fig. 3** ist ein schematisches Blockdiagramm, das eine Vorrichtungskonfiguration einer zweiten Ausführung des Brennstoff-zirkulierenden Brennstoffzellensystems darstellt.

**[0049]** **Fig. 4** ist ein Querschnitt eines Ejektors.

**[0050]** **Fig. 5** ist ein schematisches Blockdiagramm, das eine Vorrichtungskonfiguration einer dritten Ausführung des Brennstoff-zirkulierenden Brennstoffzellensystems darstellt.

**[0051]** **Fig. 6** ist ein Steuerflussdiagramm der dritten Ausführung.

**[0052]** **Fig. 7A** zeigt ein Drehzahlkorrekturkennfeld, das in einem ersten Ansatz einer Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine gemäß der dritten Ausführung verwendet wird.

**[0053]** **Fig. 7B** zeigt ein Drehzahlkorrekturkoeffizient, das in einem zweiten Ansatz der Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine gemäß der dritten Ausführung verwendet wird.

**[0054]** **Fig. 7C** zeigt eine sich zeitlich verändernde Zellenspannung, wenn kein Wasserstoff in den Brennstoffzellenstab geliefert wird.

**[0055]** **Fig. 7D** zeigt ein Drehzahlkorrekturkennfeld, das in einem dritten Ansatz der Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine gemäß der dritten Ausführung verwendet wird.

**[0056]** **Fig. 8A** zeigt ein Drehzahlkorrekturkennfeld, das in einem vierten Ansatz der Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine gemäß der dritten Ausführung verwendet wird.

**[0057]** **Fig. 8B** zeigt Drehzahlkorrekturkennfeld, das in einem fünften Ansatz der Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine gemäß der dritten Ausführung verwendet wird.

**[0058]** **Fig. 9** ist ein Steuerflussdiagramm einer vierten Ausführung.

**[0059]** **Fig. 10A** zeigt ein Drehzahlkorrekturkennfeld, das in einem ersten Ansatz einer Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine gemäß der vierten Ausführung verwendet wird.

**[0060]** **Fig. 10B** zeigt ein Drehzahlkorrekturkennfeld, das in einem zweiten Ansatz der Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine gemäß der vierten Ausführung verwendet wird.

**[0061]** **Fig. 10C** ist eine Graphik zur Auswertung der Absolutwerte der Ausgabezunahme/Abnahmeraten.

**[0062]** **Fig. 10D** zeigt ein Drehzahlkorrekturkennfeld, das in einem dritten Ansatz der Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine gemäß der vierten Ausführung verwendet wird.

**[0063]** **Fig. 11A** zeigt ein Drehzahlkorrekturkennfeld, das in einem vierten Ansatz der Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine gemäß der vierten Ausführung verwendet wird.

**[0064]** **Fig. 11B** zeigt ein Drehzahlkorrekturkennfeld, das in einem fünften Ansatz der Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine gemäß der vierten Ausführung verwendet wird.

**[0065]** **Fig. 12** ist ein Flussdiagramm in einem sechsten Ansatz der vierten Ausführung.

**[0066]** **Fig. 13** zeigt ein Betriebszeitkennfeld, das in einem sechsten Ansatz der vierten Ausführung verwendet wird.

**[0067]** **Fig. 14** ist ein schematisches Blockdiagramm, das eine Vorrichtungskonfiguration der fünften Ausführung des Brennstoff-zirkulierenden Brennstoffzellensystems gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt.

**[0068]** **Fig. 15** ist ein Steuerflussdiagramm der fünften Ausführung der vorliegenden Erfindung.

**[0069]** **Fig. 16** zeigt ein Drehzahlkorrekturkennfeld, das in der fünften Ausführung der vorliegenden Erfindung verwendet wird.

**[0070]** **Fig. 17** ist ein schematisches Blockdiagramm, das eine Vorrichtungskonfiguration einer sechsten Ausführung des Brennstoff-zirkulierenden Brennstoffzellensystems darstellt.

**[0071]** **Fig. 18** ist ein Steuerflussdiagramm der sechsten Ausführung.

**[0072]** **Fig. 19** ist ein Zeitdiagramm zur Erläuterung eines Steuerbetriebs der sechsten Ausführung des Brennstoff-zirkulierenden Brennstoffzellensystems.

**[0073]** **Fig. 20** ist ein schematisches Blockdiagramm, das eine Vorrichtungskonfiguration eines herkömmlichen Brennstoff-zirkulierenden Brennstoffzellensystems darstellt.

**[0074]** **Fig. 21A** und **Fig. 21B** sind Graphiken zur Beschreibung von Nachteilen in dem herkömmlichen Brennstoff-zirkulierenden Brennstoffzellensystem.

## DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGEN

**[0075]** Nachfolgend wird eine Beschreibung bevorzugter Ausführungen der vorliegenden Erfindung in Bezug auf die Zeichnungen angegeben, obwohl es sich versteht, dass der Umfang der vorliegenden Erfindung nicht auf die folgenden Ausführungen beschränkt ist, sondern verschiedene Änderungen und Modifikationen vorgenommen werden können, ohne vom Geist der Erfindung abzuweichen.

## [ERSTE AUSFÜHRUNG]

**[0076]** **Fig. 1** stellt eine erste Ausführung eines Brennstoff-zirkulierenden Brennstoffzellensystems dar. Die erste Ausführung verwendet den Brennstoffpumpen verwendenden Ansatz als Zirkulationssystem.

**[0077]** In Bezug auf **Fig. 1** unterliegt Wasserstoff als Brennstoff, der von einem Hochdruckwasserstofftank o. dgl. einem Brennstoffzellenstapel 1 zuzuführen ist, im Voraus einer Druckregulierung durch einen Regler 2. Der von dem Regler 2 zugeführte Wasserstoff wird an einer Verknüpfung 7 mit von dem Brennstoffzellenstapel 1 abgeführt Wasserstoff vermischt und durch eine Brennstoffzirkulationspassage 6a einer Anode des Brennstoffzellenstapels 1 zugeführt.

**[0078]** An der Anode nicht benutzter Wasserstoff wird, zusammen mit Kondenswasser in dem Brennstoffzellenstapel 1, durch die Brennstoffzirkulationspassage 6b abgeführt, erlangt ein Zirkulationsmoment mittels einer Brennstoffpumpe 3, die an einem Punkt entlang der Brennstoffzirkulationspassage 6b angeordnet ist, und gelangt wieder zu der Verknüpfung 7. Der Wasserstoff, der an der Verknüpfung 7 angekommen ist, vereinigt sich mit dem von dem Regler 2 zugeführten Wasserstoff und wird wieder dem Brennstoffzellenstapel 1 zugeführt.

**[0079]** Es versteht sich, dass, obwohl in den Zeichnungen nicht gezeigt, Luft als Oxidationsmittel an einer Kathode des Brennstoffzellenstapels 1 eingeführt wird. Das gleiche gilt für die zweiten bis dritten Ausführungen, die später beschrieben werden.

**[0080]** Wenn in der ersten Ausführung des oben beschriebenen Brennstoff-zirkulierenden Brennstoffzellensystems ein Beschleunigungs/Verzögerungswert in eine elektronische Steuereinheit (ECU) 4 als Brennstoffzellensteuervorrichtung eingegeben wird, erzeugt die ECU 4 einen Ausgabebeanweisungswert, der benutzt wird, um die Ausgangsleistung des Brennstoffzellenstapels 1 gemäß dem Beschleunigungs/Verzögerungswert zu steuern/zu regeln. Der Beschleunigungs/Verzögerungswert entspricht z. B. dem Niederdrückbetrag des Gaspedals des Brennstoffzellenfahrzeugs. Die ECU 4 fragt dann ein vorab

gespeichertes Steuerkennfeld ab (wie in **Fig. 2B** gezeigt), das eine Beziehung zwischen einem Ausgabebeanweisungswert und einer Solldrehzahl zeigt (nachfolgend als "Ausgabe gegen Drehzahlkennfeld" bezeichnet), um eine Solldrehzahl für den Ausgabebeanweisungswert der Brennstoffpumpe 3 zu bestimmen. Die ECU 4 steuert/regelt die Brennstoffpumpe 3 derart, dass die Brennstoffpumpe 3 mit einer Solldrehzahl dreht, um eine Zirkulationsrate des Brennstoffs sicherzustellen, die durch das Brennstoff-zirkulierende Brennstoffzellensystem benötigt wird.

**[0081]** **Fig. 2B** ist eine Graphik, worin die Ordinate Drehzahlen (Brennstoffzirkulationsraten) der Brennstoffpumpe 3 zeigt und die Abszisse Ausgabebeanweisungswerte; die Brennstoffzirkulationsraten, die von den Brennstoffzellen benötigt werden (Drehzahlen der Brennstoffpumpe 3) werden allein durch die Ausgabebeanweisungswerte bestimmt.

**[0082]** Auch wenn bei der ersten Ausführung des Brennstoff zirkulierenden Brennstoffzellensystems eine abrupte Beschleunigungs/Verzögerungsanweisung übermittelt wird, evaluiert die ECU 4 eine Brennstoffzirkulationsrate, die von dem Brennstoffzellenstapel 4 benötigt wird, unmittelbar auf der Basis eines entsprechenden Ausgabebeanweisungswerts durch Abfrage des Ausgabe gegen Drehzahlkennfelds (siehe **Fig. 2B**), und steuert/regelt die Brennstoffpumpe 3 derart, dass die Brennstoffpumpe 3 mit einer aus dem Kennfeld erhaltenen Solldrehzahl dreht. Dementsprechend kann die von den Brennstoffzellen benötigte Brennstoffmenge durch die Brennstoffzirkulationspassage 6 zirkuliert werden.

**[0083]** Als nächstes wird ein spezifischer Steuerfluss der ersten Ausführung in Bezug auf das in **Fig. 2A** gezeigte Flussdiagramm beschrieben.

**[0084]** Wenn die ECU 4 eine Ausgabebeanweisung erhält (S11), lokализiert die ECU 4 eine Solldrehzahl der Brennstoffpumpe entsprechend einem Ausgabebeanweisungswert für die Ausgabebeanweisung (S12) durch Abfragen eines vorab gespeicherten Ausgabe gegen Drehzahlkennfelds (wie in **Fig. 2B**) (S13).

**[0085]** Anschließend regelt die ECU 4 die Brennstoffpumpe 3 derart, dass die Brennstoffpumpe 3 mit der Solldrehzahl dreht (S14), und der Prozess endet (S15).

**[0086]** Obwohl die Brennstoffpumpe 3 und der Regler 2 eine Brennstoffbeschickungsvorrichtung exemplifizieren, die zum Zirkulieren von Brennstoff in der ersten Ausführung verwendet wird, wie oben beschrieben, kann statt dessen jedes bekannte Mittel zum Zirkulieren von Brennstoff verwendet werden. Die ECU 4, die in dieser Ausführung als Brennstoffzellensteuergerät dient, kann durch irgendeine ver-

fügbare Anordnung, gesondert oder in Kombination, ersetzt werden.

[ZWEITE AUSFÜHRUNG]

**[0087]** **Fig. 3** stellt eine Vorrichtungskonfiguration einer zweiten Ausführung des Brennstoff-zirkulierenden Brennstoffzellensystems dar. Die zweite Ausführung benutzt eine kombinierte Verwendung einer Brennstoffpumpe und eines Ejektors als Zirkulationssystem. Diese Ausführung exemplifiziert eine der grundlegendsten Anordnungen eines Hybridsystems, das sowohl mit einer Brennstoffpumpe als auch einem Ejektor als Brennstoffbeschickungsvorrichtung in einer Brennstoffzirkulationspassage versehen ist.

**[0088]** In der zweiten Ausführung des Brennstoff-zirkulierenden Brennstoffzellensystems ist in einer Brennstoffzirkulationspassage **6a** ein Ejektor **5** vorgesehen, dessen Düse **5a**, die später beschrieben wird, über einen Regler **2** mit einem Hochdruckwasserstofftank verbunden ist, sodass einem Brennstoffzellenstapel **1** neuer Brennstoff unter Verwendung des Drucks des Hochdruckwasserstofftanks zugeführt werden kann. Zusätzlich kann eine Brennstoffpumpe **3**, die in einer Brennstoffzirkulationspassage **6b** vorgesehen ist, unabhängig von dem Ejektor **5** dem Brennstoff ein Zirkulationsmoment verleihen. Die Brennstoffzirkulationspassage **6b** ist mit einer später beschriebenen Saugkammer **5c** (**Fig. 4**) des Ejektors **5** verbunden, sodass Brennstoff durch die Brennstoffzirkulationspassage **6** mit dem Ejektor allein zirkuliert werden kann, wenn der Ejektor **5** neuen Brennstoff von der Düse **5a** ausstößt (**Fig. 4**), obwohl die Brennstoffmenge begrenzt sein könnte.

**[0089]** Hier wird eine Beschreibung des Ejektors **5** in Bezug auf **Fig. 4** angegeben. Der Ejektor **5** ist eine Art von Vakuumpumpe und ist in der Lage, Energie in der Form von Druck in Energie für den Stofftransport umzuwandeln. Der Ejektor **5** ist aufgebaut aus einer Düse **5a**, einem Diffusor **5b** und einer Saugkammer **5c**. Die Saugkammer **5c** ist mit der Brennstoffzirkulationspassage **6b** verbunden.

**[0090]** Wasserstoff, der aus dem Hochdruckwasserstofftank o. dgl. herausgekommen ist und einer Druckregulierung unterzogen wurde, während er durch den Regler **5** hindurchtritt, wird von einer dünn verengten Düse **5a** des Ejektors **5** mit hoher Geschwindigkeit ausgestoßen. Der von der Düse **5a** ausgestoßene Wasserstoff wird von der Brennstoffzirkulationspassage **6b** der Saugkammer **5c** zugeführt und bewegt sich zu dem Diffusor **5b** unter Einbeziehung von in dem Brennstoffzellenstapel **1** unbenutzten Wasserstoff. Demzufolge wird durch den Austritt von neuem Wasserstoff aus der Düse **5a** der Wasserstoff zum Kreislauf in der Brennstoffzirkulationspassage **6** angetrieben.

**[0091]** Wie oben beschrieben, werden, was in der zweiten Ausführung charakteristisch ist, der Ejektor **5** und die Brennstoffpumpe **3** beide in Kombination als Brennstoffbeschickungsvorrichtung zum Zirkulieren von Wasserstoff in der Brennstoffzirkulationspassage **6** verwendet.

**[0092]** Mit dem in **Fig. 20** gezeigten herkömmlichen System, das Brennstoff nur unter Verwendung eines Ejektors **5** zirkuliert, würde, wenn eine abrupte Beschleunigungs/Verzögerungsanweisung übermittelt wird, nachteilige Bedingungen hervorgebracht, wie etwa eine verzögerte Reaktion der Wasserstoffzufuhr (bei abrupter Beschleunigung: siehe **Fig. 21A**) und ein Aufheben der Wasserstoffzirkulierung (bei abrupter Verzögerung: siehe **Fig. 21B**).

**[0093]** Im Gegensatz hierzu ist bei der zweiten Ausführung des Brennstoff-zirkulierenden Brennstoffzellensystems, die Brennstoffpumpe **3** unter der Steuerung der ECU **4** zusätzlich zu dem Ejektor **5** vorgesehen, um Brennstoff zu zirkulieren; auch wenn somit eine abrupte Beschleunigungs/Verzögerungsanweisung in einer Art übermittelt wird, auf die der Ejektor **5** nicht geeignet reagieren kann, reguliert die ECU **4** die Drehzahl der Brennstoffpumpe **3** durch Abfrage des Ausgabe gegen Drehzahlkennfelds (wie in **Fig. 2B**), sodass die Brennstoffpumpe **3** mit einer Solldrehzahl dreht. Demzufolge kann die Zirkulationsrate von Brennstoff, der von dem Brennstoff-zirkulierenden Brennstoffzellensystem benötigt wird, geeignet sichergestellt werden.

**[0094]** Da der Steuerfluss der zweiten Ausführung im Wesentlichen der gleichen ist wie jener der ersten Ausführung (wie in **Fig. 2A** gezeigt), wird eine verdoppelte Erläuterung davon hierin weggelassen.

**[0095]** Es versteht sich, dass die Verwendung der ECU **4** als Brennstoffzellensteuergerät dieser Ausführung nur ein Beispiel ist und jede bekannte Anordnung angewendet werden kann.

[DRITTE AUSFÜHRUNG]

**[0096]** **Fig. 5** stellt eine dritte Ausführung des Brennstoff-zirkulierenden Brennstoffzellensystems dar. Die dritte Ausführung verwendet ein Zirkulationssystem, das eine Brennstoffpumpe **3** und einen Ejektor **5** in Kombination als Brennstoffbeschickungsvorrichtung verwendet.

**[0097]** Die Vorrichtungskonfiguration der dritten Ausführung ist identisch mit jener der zweiten Ausführung (siehe **Fig. 3**), außer, dass die ECU **4** eine Zellenspannung der Brennstoffzellen unter Verwendung eines Voltmeters **10** überwacht.

**[0098]** Die Brennstoffzellen sind so ausgestaltet, dass sie arbeiten, wenn die Zellenspannung in ei-

nen vorbestimmten Bereich fällt. Jedoch ist die Zellenspannung auf eine Akkumulation von erzeugtem Wasser und Kondenswasser in dem Brennstoffzellenstapel **1** empfindlich, und würde somit unter den vorbestimmten Bereich abfallen. Diese Ausführung exemplifiziert ein Brennstoff-zirkulierendes Brennstoffzellensystem, das auch dann, wenn unter den obigen Umständen eine Ausgabeanweisung an die Brennstoffzelle übermittelt wird, rasch die durch die Ausgabeanweisung angeforderte Ausgangsleistung erzeugen kann, während sie die Zellenspannung wieder herstellt, und die Wasserstoffzirkulationsrate, die von den Brennstoffzellen benötigt wird, konstant erfüllen kann.

**[0099]** Es wird nun eine Beschreibung eines Steuerflusses der dritten Ausführung in Bezug auf das in **Fig. 6** gezeigte Flussdiagramm angegeben. Wenn ein Beschleunigungs/Verzögerungswert als Ausgabeanweisung in die ECU **4** eingegeben wird, überträgt die ECU **4** einen Ausgabeanweisungswert entsprechend dem Beschleunigungs/Verzögerungswert zu dem Brennstoffzellenstapel **1** (S61). In dieser Stufe lokalisiert die ECU **4** eine Solldrehzahl der Brennstoffpumpe **3** entsprechend dem Ausgabeanweisungswert (S62) durch Abfrage des Ausgabe gegen Drehzahlkennfelds (wie in **Fig. 2B** gezeigt) (S63). Anschließend bestimmt die ECU **4** eine Zellenspannung der Brennstoffzellen mit dem Voltmeter **10**, das in dem Brennstoffzellenstapel **1** vorgesehen ist, um den Zustand des Brennstoffzellenstapels **1** zu prüfen.

**[0100]** Die ECU **4** verwendet die Zellenspannung allein oder die Zellenspannung und den Ausgabeanweisungswert als Eingabewerte zur Berechnung des Drehzahlkorrekturkoeffizienten durch eine Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine (S65). In dieser Stufe fragt die Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine ein Drehzahlkorrekturkennfeld ab, das vorab in der ECU **4** bereitgestellt ist (S66). Es gibt viele Varianten von Ansätzen für die Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmung unter Verwendung der Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine des Drehzahlkorrekturkennfelds, und eine detaillierte Beschreibung wird später angegeben.

**[0101]** Als nächstes wird ein Drehzahlanweisungswert der Brennstoffpumpe **3** berechnet, indem das Produkt der in Schritt S62 erhaltenen Solldrehzahl und des in Schritt S65 erhaltenen Drehzahlkorrekturkoeffizienten herausgefunden wird (S67).

**[0102]** Als nächstes steuert die ECU **4** die Brennstoffpumpe **3** derart, dass die Drehzahl der Brennstoffpumpe **3** den Drehzahlanweisungswert einnimmt (S68), und der Prozess endet (S69).

**[0103]** In diesem Steuerfluss kann nach Schritt S68 ein Prozessschritt vorgesehen sein, um die Dreh-

zahl der Brennstoffpumpe **4** zu erfassen und zu bestimmen, ob die Drehzahl den Drehzahlanweisungswert erreicht hat, um eine Rückkopplungs-Regelung durchzuführen, worin dann, wenn bestimmt wird, dass die Drehzahl der Brennstoffpumpe **3** den Drehzahlanweisungswert nicht erreicht hat, der Prozess zu S64 zurückspringt.

**[0104]** Der Zusatz eines solchen Rückkopplungsregelprozesses zu dem Steuerfluss macht es möglich, den Drehzahlkorrekturkoeffizienten gemäß variierenden Zellenspannungen konstant zu aktualisieren und die Zellenspannung genauer auf die Drehzahlregelung der Brennstoffpumpe **3** wiederzuspiegeln.

**[0105]** Hierauf ist der Drehzahlkorrekturkoeffizient ein Koeffizient, der eine Zunahme der Drehzahl der Brennstoffzelle **3** bestimmt, die zum Wiederherstellen der Zellenspannung innerhalb des vorbestimmten Bereichs benötigt wird, wenn die Zellenspannung unter den vorbestimmten Bereich abfällt.

**[0106]** Wenn die Zellenspannung in den vorbestimmten Bereich fällt, wird der Drehzahlkorrekturkoeffizient **1**, und wenn die Zellenspannung niedriger wird als der vorbestimmte Bereich, wird der Drehzahlkorrekturkoeffizient größer.

**[0107]** Als nächstes wird eine Beschreibung von Varianten von Ansätzen für die Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmung unter Verwendung der Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine (S65) und des Drehzahlkorrekturkennfelds (S66) angegeben.

#### (1) Erster Ansatz

**[0108]** In dem ersten Ansatz bestimmt die Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine (S65) den Drehzahlkorrekturkoeffizienten unter Verwendung einer Zellenspannung als einzigen Eingabewert. In dieser Stufe fragt die Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine (S65) ein in **Fig. 7A** gezeigtes Drehzahlkorrekturkennfelds ab.

**[0109]** **Fig. 7A** ist eine Graphik, deren Ordinate Drehzahlkorrekturkoeffizienten bezeichnet und deren Abszisse Zellenspannungen bezeichnet. Wie in **Fig. 7A** gezeigt, fällt eine gerade Korrekturkoeffizientenlinie, die eine Beziehung von Drehzahlkorrekturkoeffizienten zu den Zellenspannungen angibt, von links nach rechts ab. Ein Schnittpunkt der geraden Korrekturkoeffizientenlinie und der Abszissenachse bezeichnet einen vorbestimmten Wert der Zellenspannung, und die Brennstoffzellen sind normalerweise so ausgestaltet, dass die unter dem Zustand arbeiten, wo die Zellenspannung dem vorbestimmten Wert angenähert ist (innerhalb eines vorbestimmten Bereichs von Werten).

**[0110]** Die in Schritt S64 bestimmte Zellenspannung wird auf das in **Fig. 7A** gezeigte Drehzahlkorrekturkoeffizientenkennfeld angewendet, sodass der Drehzahlkorrekturkoeffizient erhalten werden kann. Wenn z. B. die in Schritt S64 evaluierte Zellenspannung  $a$  ist, geht aus dem Kennfeld unmittelbar hervor, dass der Drehzahlkorrekturkoeffizient  $K_a$  ist.

(2) Zweiter Ansatz

**[0111]** In dem zweiten Ansatz bestimmt die Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine (S65) den Drehzahlkorrekturkoeffizienten unter Verwendung einer Zellenspannung und eines Ausgabebeanweisungswerts als Eingangswerte. In dieser Stufe fragt die Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine (S65) ein in **Fig. 7B** gezeigtes Drehzahlkorrekturkennfeld ab.

**[0112]** Das Merkmal des zweiten Ansatzes ist es, den in Schritt S61 eingegebenen Ausgabebeanweisungswert zusammen mit der Zellenspannung zu nutzen, wenn der Drehzahlkorrekturkoeffizient erhalten wird.

**[0113]** Durch den ersten Ansatz kann der Drehzahlkorrekturkoeffizient durch die Zellenspannung eindeutig bestimmt werden, unabhängig von der Höhe des Ausgabebeanweisungswerts. Die Verwendung des ersten Ansatzes macht es möglich, die Ausgangsleistung der Brennstoffzellen zu dem Ausgabebeanweisungswert hin zu ändern, während die Zellenspannung der Brennstoffzellen wieder hergestellt werden. Durch den zweiten Ansatz wird der Drehzahlkorrekturkoeffizient unter Berücksichtigung der Höhe des Ausgabebeanweisungswerts, zusätzlich zu der Zellenspannung, bestimmt, und somit kann die Zeit, die es braucht, damit die Ausgangsleistung der Brennstoffzellen den Ausgabebeanweisungswert einnimmt, verkürzt werden. Insbesondere wenn die von den Brennstoffzellen benötigte Ausgangsleistung (Ausgabebeanweisungswert) groß ist (wenn die Brennstoffpumpe **3** mit hohen Drehzahlen läuft), wird der Drehzahlkorrekturkoeffizient größer gemacht, und wenn die von den Brennstoffzellen benötigte Ausgangsleistung (Ausgabebeanweisungswert) klein ist (wenn die Brennstoffzelle **3** mit geringen Geschwindigkeiten läuft), wird der Drehzahlkorrekturkoeffizient kleiner gemacht, sodass eine adäquate Steuerung/Regelung, die an die Zustände der Brennstoffzelle angepasst ist, durchgeführt werden kann.

**[0114]** **Fig. 7B** ist eine Graphik, die gerade Korrekturkoeffizientenlinien entsprechend jedem Ausgabebeanweisungswert zeigt. Unter einer großen Anzahl von Ist-Daten sind in **Fig. 7B** drei beispielhafte Linien angezeigt, die die Ausgabebeanweisungswerte  $A$ ,  $B$  und  $C$  haben. Alle diese geraden Korrekturkoeffizientenlinien, von denen jene mit größeren Ausgabebeanweisungswerten steilere Steigungen haben, schneiden

sich an einem Punkt des vorbestimmten Werts auf der Abszissenachse. Die Ausgabebeanweisungswerte  $C$ ,  $B$  und  $A$  sind jeweils vorbestimmt, sodass sie jeweils zu verwenden sind, wenn die Ausgangsleistung des Brennstoffzellenstapels **1** in einen größten-größeren Bereich, einen größeren-mittleren Bereich und mittleren-kleineren Bereich fällt.

**[0115]** In dem zweiten Ansatz wählt die ECU **4** eine Linie entsprechend dem Ausgabebeanweisungswert unter den geraden Korrekturkoeffizientenlinien und bestimmt darin einen Drehzahlkorrekturkoeffizienten, der der gegenwärtigen Zellenspannung entspricht, auch der gewählten geraden Korrekturkoeffizientenlinie, um hierdurch die Brennstoffpumpe **3** zu steuern/zu regeln.

(3) Dritter Ansatz

**[0116]** In dem dritten Ansatz bestimmt die Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine (S65) den Drehzahlkorrekturkoeffizienten unter Verwendung einer Zellenspannung als einzigen Eingabewert. In dieser Stufe fragt die Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine (S65) ein in **Fig. 7D** gezeigtes Drehzahlkorrekturkennfeld ab.

**[0117]** Das Merkmal des dritten Ansatzes ist es, den Grad des Abfalls in der Zellenspannung in nicht kontinuierlicher sondern stufenartiger Weise auszuwerten, wie unten in Bezug auf **Fig. 7C** beschrieben wird.

**Fig. 7C** ist eine Graphik, die eine zeitveränderliche Zellenspannung darstellt, wenn Wasserstoff nicht in den Brennstoffzellenstapel **1** zirkuliert wird. Wenn, wie dargestellt, Wasserstoff nicht zirkuliert wird, fällt die Zellenspannung allmählich ab. In dem dritten Ansatz wird der Grad des Abfalls in der Zellenspannung unter Verwendung von Schwellenwerten kontrolliert. Zum Beispiel wird, wie in **Fig. 7C**, der Grad des Abfalls des Zellenspannung innerhalb des Bereichs **1** durch den Schwellenwert **1** repräsentiert; innerhalb des Bereichs **2** durch den Schwellenwert **2**; und innerhalb des Bereichs **3** durch den Schwellenwert **3**.

**[0118]** Die ECU **4** bestimmt, welcher Schwellenwert der in Schritt S64 erhaltenen Zellenspannung entspricht (d. h., in welchen Bereich sie fällt), fragt das in **Fig. 7D** gezeigte Drehzahlkorrekturkennfeld ab und bestimmt den Drehzahlkorrekturkoeffizienten. Wie aus **Fig. 7D** ersichtlich, wird, wenn der Grad des Abfalls in der Zellenspannung zunimmt, der Drehzahlkorrekturkoeffizient größer. Wenn die Zellenspannung in den vorbestimmten Bereich fällt (wo die Zellenspannung den Schwellenwert **1** von **Fig. 7C** überschreitet), braucht die Drehzahl der Brennstoffpumpe **3** nicht korrigiert werden; daher wird der Drehzahlkorrekturkoeffizient = **1** gewählt (wie durch den Schnittpunkt der Ordinatenachse und der Abszissenachse angegeben).

**[0119]** In dem dritten Ansatz werden die Zellenspannung durch eine Anzahl von Schwellenwerten repräsentiert, und somit braucht die ECU 4 kein detailliertes Drehzahlkorrekturkennfeld speichern, worin der Drehzahlkorrekturkoeffizient durch die Zellenspannung eindeutig bestimmt wird, wie in den **Fig. 7A** und **Fig. 7B** gezeigt. Demzufolge kann die Datenmenge, die die ECU 4 speichern muss, reduziert werden.

**[0120]** Obwohl in der obigen Beschreibung zu Illustrationszwecken der Grad des Abfalls in der Zellenspannung mit drei Schwellenwerten ausgewertet wird, ist die Anzahl der Schwellenwerte nicht auf drei beschränkt.

#### (4) Vierter Ansatz

**[0121]** In dem vierten Ansatz wird der Grad des Abfalls in der Zellenspannung mit Schwellenwerten wie in dem dritten Ansatz evaluiert, und zusätzlich wird der Ausgabebeanweisungswert benutzt, um den Drehzahlkorrekturkoeffizienten der Brennstoffpumpe 3 zu bestimmen, wie im zweiten Ansatz. In dieser Stufe fragt die Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine (S65) ein in **Fig. 8A** gezeigtes Drehzahlkorrekturkennfeld ab.

**[0122]** **Fig. 8A** ist eine Graphik, deren Ordinate Schwellenwerte (von Spannungen) bezeichnet und deren Abszisse Drehzahlkorrekturkoeffizienten bezeichnet. Für jeden Schwellenwert (Schwellenwert 1 bis Schwellenwert 3) wird der Drehzahlkorrekturkoeffizient durch den Ausgabebeanweisungswert (A bis C) eindeutig bestimmt.

**[0123]** Wie in **Fig. 8A** gezeigt, sind die Ausgabebeanweisungswerte A bis C zu Erläuterungszwecke als repräsentative Werte dargestellt, und in einem echten System können die Ausgabebeanweisungswerte in weiter unterteilte Schritte gesetzt werden.

**[0124]** Wie oben beschrieben wird der Grad des Abfalls in der Zellenspannung mit einer Anzahl von Schwellenwerten evaluiert, und hierdurch kann die Datenmenge, die die ECU speichern muss, reduziert werden. Weil darüber hinaus der vierte Ansatz zusätzlich den Ausgabebeanweisungswert benutzt, um den Drehzahlkorrekturkoeffizienten zu bestimmen, wie in der zweiten Ausführung, kann die Zeit, die es braucht, damit die Ausgangsleistung der Brennstoffzellen den Ausgabebeanweisungswert einnimmt, verkürzt werden.

**[0125]** Obwohl sich die obige Beschreibung zu Illustrationszwecken auf drei Schwellenwerte bezieht, die zum Evaluieren des Grads des Abfalls der Zellenspannung verwendet werden, versteht es sich, dass die Anzahl der Schwellenwerte nicht auf drei beschränkt ist.

#### (5) Fünfter Ansatz

**[0126]** Der fünfte Ansatz evaluiert den Grad des Abfalls der Zellenspannung unter Verwendung von Schwellenwerten, wie im dritten Ansatz. Der Unterschied zwischen dem fünften und dem dritten Ansatz liegt in dem Drehzahlkorrekturkennfeld, das abgefragt wird, um Drehzahlkorrekturkoeffizienten zu erhalten.

**[0127]** In dem fünften Ansatz wird das in **Fig. 8B** gezeigte Drehzahlkorrekturkennfeld verwendet. **Fig. 8B** ist eine Graphik, deren Ordinate Drehzahlkorrekturkoeffizienten bezeichnet und deren Abszisse Ausgabebeanweisungswerte bezeichnet, die zu dem Brennstoff-zirkulierenden Brennstoffzellensystem übermittelt werden. In dieser Graphik sind drei gerade Korrekturkoeffizientenlinien gezeigt, die den in **Fig. 7C** gezeigten Schwellenwerten (Schwellenwert 1 bis Schwellenwert 3) entsprechen.

**[0128]** Die ECU 4 bestimmt aus der im Schritt S64 erhaltenen Zellenspannung, welcher Schwellenwert der Zellenspannung entspricht, und wählt eine Linie, die zum Erhalt des Drehzahlkorrekturkoeffizienten zu verwenden ist, unter den geraden Korrekturkoeffizientenlinien aus. Ferner lokalisiert die ECU 4 einen Drehzahlkorrekturkoeffizienten, der dem in Schritt S61 eingegebenen Ausgabebeanweisungswert entspricht, auf der gewählten geraden Korrekturkoeffizientenlinie und liest diesen aus.

**[0129]** Wenn die in Schritt S64 gewählte Zellenspannung in einen vorbestimmten Wert fällt, wird der Drehzahlkorrekturkoeffizient = 1 gewählt.

**[0130]** Obwohl sich zu Illustrationszwecken die obige Beschreibung auf drei Schwellenwerte bezieht, die zum Evaluieren des Grads des Abfalls der Zellenspannung verwendet werden, versteht es sich, dass die Anzahl der Schwellenwerte nicht auf drei beschränkt ist.

#### [VIERTE AUSFÜHRUNG]

**[0131]** Die Vorrichtungskonfiguration der vierten Ausführung des Brennstoff-zirkulierenden Brennstoffzellensystems ist identisch mit jener der zweiten Ausführung (wie in **Fig. 3** gezeigt), und daher wird eine doppelte Darstellung der Vorrichtungskonfiguration in der Zeichnung weggelassen. Die vierte Ausführung verwendet charakteristischerweise ein Ausgabe gegen Drehzahlkennfeld (wie in **Fig. 2B**), um die Solldrehzahl der Brennstoffpumpe 3 zu bestimmen, und verwendet eine Änderungsrate der Ausgabebeanweisungswerte in Bezug auf die Zeit, die mit einem in der ECU 4 vorhandenen Zeitglied gezählt wird, sodass die ECU 4 die Drehzahl der Brennstoffpumpe 3 steuert/regelt.

**[0132]** Es wird nun eine Beschreibung eines Steuerflusses der vierten Ausführung in Bezug auf das in **Fig. 9** gezeigte Flussdiagramm angegeben.

**[0133]** Wenn ein Beschleunigungs/Verzögerungswert in die ECU **4** eingegeben wird, übermittelt die ECU **4** einen Ausgabeanweisungswert entsprechend dem Beschleunigungs/Verzögerungswert zu dem Brennstoffzellenstapel **1** (S91). In dieser Stufe lokalisiert die ECU **4** eine Solldrehzahl der Brennstoffpumpe (S92) durch Abfrage des Ausgabe gegen Drehzahlkennfelds (wie in **Fig. 2B** gezeigt) (S93). Anschließend berechnet die ECU **4** eine Ausgabezunahme/Abnahmerate ( $dl/dt$ ) als Änderungsrate des Ausgabeanweisungswert in Bezug auf die Zeit (S94).

**[0134]** Die ECU **4** berechnet den Drehzahlkorrekturkoeffizienten, indem sie als Eingabe eine Ausgabezunahme/Abnahmerate allein oder eine Kombination der Ausgabezunahme/Abnahmerate und des Ausgabeanweisungswerts durch die Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine (S95) verwendet. In dieser Stufe fragt die Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine ein Drehzahlkorrekturkennfeld ab, das vorab in der ECU **4** vorgesehen ist (S94). Es gibt verschiedene Ansätze zur Bestimmung des Drehzahlkorrekturkoeffizienten unter Verwendung der Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine und des Drehzahlkorrekturkennfelds, und eine detaillierte Beschreibung wird später angegeben.

**[0135]** Als nächstes wird das Produkt der in Schritt S92 erhaltenen Solldrehzahl und des in Schritt S95 erhaltenen Drehzahlkorrekturkoeffizienten berechnet, um einen Drehzahlanweisungswert zu erhalten, der der Brennstoffpumpe **3** gegeben wird (S97).

**[0136]** Anschließend steuert/regelt die ECU **4** die Brennstoffpumpe **3** derart, dass sich die Brennstoffpumpe **3** mit einer Geschwindigkeit dreht, die dem Drehzahlanweisungswert äquivalent ist (S98), und der Prozess endet (S99).

**[0137]** Die Ausgabezunahme/Abnahmerate ( $dl/dt$ ) ist eine Änderungsrate des Ausgabeanweisungswerts, die dem Brennstoff-zirkulierenden Brennstoffzellensystem bezüglich der Zeit gegeben wird. Wenn man als Beispiel ein Brennstoffzellenfahrzeug nimmt, verändert sich die Ausgabezunahme/Abnahmerate ( $dl/dt$ ) mit dem Niederdrückbetrag des Gaspedals; d. h. ein schnelles Niederdrücken des Gaspedals macht die Ausgabezunahme/Abnahmerate ( $dl/dt$ ) größer, wohingegen ein langsames Niederdrücken des Gaspedals die Ausgabezunahme/Abnahmerate ( $dl/dt$ ) kleiner macht.

**[0138]** Es wird nun eine Beschreibung verschiedener Ansätze zur Bestimmung des Drehzahlkorrekturkoeffizienten unter Verwendung der Drehzahlkorrek-

turkoeffizientenbestimmungsroutine (S95) und des Drehzahlkorrekturkennfelds (S96) angegeben.

### (1) Erster Ansatz

**[0139]** In dem ersten Ansatz bestimmt die Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine (S95) den Drehzahlkorrekturkoeffizienten unter Verwendung der Ausgabezunahme/Abnahmerate ( $dl/dt$ ) als einzigen Eingabewert. In dieser Stufe fragt die Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine (S95) ein in **Fig. 10A** gezeigtes Drehzahlkorrekturkennfeld ab.

**[0140]** **Fig. 10A** ist eine Graphik, deren Ordinate die Drehzahlkorrekturkoeffizienten bezeichnet und deren Abszisse die in Schritt S94 berechneten Ausgabezunahme/Abnahmeraten bezeichnet. Der Drehzahlkorrekturkoeffizient nimmt 1 ein, den Minimalwert, wenn die Ausgabezunahme/Abnahmerate ( $dl/dt$ ) 0 ist, und der Drehzahlkorrekturkoeffizient nimmt einen größeren Wert ein, wenn der Absolutwert der Ausgabezunahme/Abnahmerate ( $dl/dt$ ) größer gemacht wird.

**[0141]** Unabhängig davon, ob die Ausgabezunahme/Abnahmerate ( $dl/dt$ ) positiv oder negativ ist, wird der Drehzahlkorrekturkoeffizient größer, und der Grund hierfür ist, dass unter den Bedingungen sowohl der Beschleunigung als auch Verzögerung in dem Brennstoffzellensystem die Wasserstoffmenge, die in der Brennstoffzirkulationspassage **6** zirkuliert, vorübergehend ungenügend wird, wie in den **Fig. 21A** und **Fig. 21B** gezeigt.

**[0142]** Der größere Absolutwert der Ausgabezunahme/Abnahmerate ( $dl/dt$ ) gibt an, dass das Gaspedal abrupt niedergedrückt wird, und impliziert, dass die Ausgangsleistung der Brennstoffzelle auf Zunahme reguliert werden sollte, um den Ausgabeanweisungswert innerhalb einer kurzen Zeitdauer zu erreichen. Um die Drehzahl der Brennstoffpumpe **3** innerhalb einer kurzen Zeitdauer auf einen vorbestimmten Wert anzuheben, sollte dementsprechend der Drehzahlkorrekturkoeffizient größer gemacht werden.

**[0143]** Im Gegensatz hierzu gibt der kleinere Absolutwert der Ausgabezunahme/Abnahmerate ( $dl/dt$ ) an, dass das Gaspedal langsam niedergedrückt wird, und impliziert, dass die Drehzahl der Brennstoffpumpe **3** gemäßigt reguliert werden sollte. Dementsprechend kann der Drehzahlkorrekturkoeffizient kleiner gemacht werden.

### (2) Zweiter Ansatz

**[0144]** In dem zweiten Ansatz bestimmt die Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine (S95) den Drehzahlkorrekturkoeffizienten unter Verwendung der Ausgabezunahme/Abnahmerate ( $dl/dt$ ) und des Ausgabeanweisungswerts als Eingangswerte. In

dieser Stufe fragt die Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine (S95) ein in **Fig. 10B** gezeigtes Drehzahlkorrekturkennfeld ab.

**[0145]** **Fig. 10B** ist eine Graphik, deren Ordinate die Drehzahlkorrekturkoeffizienten bezeichnet und deren Abszisse die Ausgabezunahme/Abnahmeraten bezeichnet. In **Fig. 10B** sind Linien gezeigt, die Korrekturkoeffizienten jenen in Schritt S91 eingegebenen Ausgabebeanweisungswert bezeichnen (siehe **Fig. 9**) und unter einer Anzahl der Linien sind als Beispiel 3 Linien dargestellt, die die Ausgabebeanweisungswerte A, B und C haben. Das Konzept der Ausgabebeanweisungswerte A, B und C ist identisch mit dem in **Fig. 7** gezeigten, und daher wird eine verdoppelte Beschreibung hierin weggelassen.

**[0146]** In dem zweiten Ansatz wählt die ECU **4** eine Linie, die dem in Schritt S91 eingegebenen Ausgabebeanweisungswert entspricht, unter den geraden Korrekturkoeffizientenlinien, und bestimmt dann einen Drehzahlkorrekturkoeffizienten, der der gegenwärtigen Ausgabezunahme/Abnahmerate entspricht, auf der gewählten geraden Korrekturkoeffizientenlinie.

**[0147]** Da mit dem zweiten Ansatz der Drehzahlkorrekturkoeffizient unter Berücksichtigung des Ausgabebeanweisungswerts bestimmt wird, kann die Brennstoffpumpe **3** derart gesteuert/geregelt werden, dass ihre Drehzahl den Drehzahlanweisungswert rasch einnehmen kann.

### (3) Dritter Ansatz

**[0148]** In dem dritten Ansatz bestimmt die Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine (S95) den Drehzahlkorrekturkoeffizienten unter Verwendung einer Ausgabezunahme/Abnahmerate ( $|di/dt|$ ) als einzigen Eingabewert. In dieser Stufe fragt die Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine (S95) ein in **Fig. 10D** gezeigtes Drehzahlkorrekturkennfeld ab.

**[0149]** Das Merkmal des dritten Ansatzes ist es, den Absolutwert der Ausgabezunahme/Abnahmerate zu berechnen und den Absolutwert stufenartig zu evaluieren.

**[0150]** Die Drehzahlkorrekturkoeffizientengraphiken der **Fig. 10A** und **Fig. 10B** sind im Wesentlichen symmetrisch in Bezug auf eine gerade Linie, welche die Gleichung repräsentiert: Ausgabezunahme/Abnahmeraten = 0. Der Grund hierfür ist, dass die Wasserstoffmenge, die in der Brennstoffzirkulationspassage **6** zirkuliert, in beiden Zuständen von Beschleunigung und Verzögerung vorübergehend abnimmt, was erfordert, dass die Drehzahl der Brennstoffpumpe **3** ansteigt. Wie dies sind die Drehzahlkorrekturkoeffizientengraphiken im Wesentlichen symmetrisch in Bezug auf die gerade Linie, welche die Gleichung re-

präsentiert: Ausgabezunahme/Abnahmerate = 0; daher kann der Drehzahlkorrekturkoeffizient bestimmt werden, indem der Absolutwert der Ausgabezunahme/Abnahmerate berechnet wird (nachfolgend ausgedrückt durch  $|di/dt|$ ), und der Absolutwert stufenweise evaluiert wird.

**[0151]** Der spezifische Betrieb des obigen Prozesses wird nachfolgend in Bezug auf **Fig. 10C** beschrieben. **Fig. 10C** ist eine Graphik, deren Ordinate  $|di/dt|$  bezeichnet. Der dritte Ansatz evaluiert  $|di/dt|$  unter Verwendung von Schwellenwerten. Zum Beispiel wird, wie in **Fig. 10C**,  $|di/dt|$  innerhalb des Bereichs **1** durch den Schwellenwert **1** repräsentiert;  $|di/dt|$  innerhalb des Bereichs **2** durch den Schwellenwert **2**; und  $|di/dt|$  innerhalb des Bereichs **3** durch den Schwellenwert **3**.

**[0152]** Die ECU **4** bestimmt, welchem Schwellenwert die in Schritt S94 evaluierte Ausgabezunahme/Abnahmerate entspricht, fragt ein in **Fig. 10D** gezeigtes Drehzahlkorrekturkennfeld ab und bestimmt den Drehzahlkorrekturkoeffizienten. Die ECU **4** berechnet wiederum das Produkt der Solldrehzahl der Pumpe **3** und des resultierenden Drehzahlkorrekturkoeffizienten zum Erhalt des Drehzahlanweisungswerts, um hierdurch die Brennstoffpumpe zu steuern/zu regeln.

**[0153]** Mit dem dritten Ansatz braucht die ECU **4** kein Kennfeld speichern, das eine Beziehung zwischen dem Drehzahlkorrekturkoeffizienten und der Ausgabezunahme/Abnahmerate zeigt, sondern braucht lediglich die Schwellenwerte von  $|di/dt|$  und die ihnen entsprechenden Drehzahlkorrekturkoeffizienten speichern; demzufolge kann die Datenmenge, die die ECU **4** speichern muss, beträchtlich reduziert werden.

**[0154]** Obwohl sich zu Illustrationszwecken die obige Beschreibung des dritten Ansatzes auf drei Schwellenwerte bezieht, die zum Evaluieren des  $|di/dt|$  verwendet werden, versteht es sich, dass die Anzahl der Schwellenwerte nicht auf drei beschränkt ist.

### (4) Vierter Ansatz

**[0155]** In dem vierten Ansatz wird das  $|di/dt|$  durch Schwellenwerte evaluiert, wie in dem dritten Ansatz, und zusätzlich wird der Ausgabebeanweisungswert verwendet, um den Drehzahlkorrekturkoeffizienten der Brennstoffpumpe **3** zu bestimmen, wie im zweiten Ansatz. In dieser Stufe fragt die Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine (S95) ein in **Fig. 11A** gezeigtes Drehzahlkorrekturkennfeld ab.

**[0156]** **Fig. 11A** ist eine Graphik, deren Ordinate Schwellenwerte von  $|di/dt|$  bezeichnet und deren Abszisse Drehzahlkorrekturkoeffizienten bezeichnet. Für jeden Schwellenwert (Schwellenwert **1** bis Schwellenwert **3**) wird der Drehzahlkorrekturkoeffi-

fizient durch den Ausgabeanweisungswert eindeutig bestimmt (A bis C).

**[0157]** Die Ausgabeanweisungswerte A bis C, wie in **Fig. 11A** gezeigt, sind zu Erläuterungszwecken als repräsentative Werte dargestellt, und in einem echten System können die Ausgabeanweisungswerte in weiter unterteilte Schritte gesetzt werden.

**[0158]** Wie oben beschrieben wird das  $|dl/dt|$  mit einer Anzahl von Schwellenwerten evaluiert, und hierdurch kann die Datenmenge, die die ECU **4** speichern muss, reduziert werden. Weil darüber hinaus der vierte Ansatz zusätzlich den Ausgabeanweisungswert benutzt, um den Drehzahlkorrekturkoeffizienten zu bestimmen, wie in dem zweiten Ansatz, kann die Zeit, die die Ausgabe der Brennstoffzellen braucht, um den Ausgabeanweisungswert anzunehmen, verkürzt werden.

**[0159]** Obwohl sich zu Erläuterungszwecken die obige Beschreibung von **Fig. 11A** auf drei Schwellenwerte bezieht, die zum Evaluieren von  $|dl/dt|$  verwendet werden, versteht es sich, dass die Anzahl der Schwellenwerte nicht auf drei beschränkt ist.

#### (5) Fünfter Ansatz

**[0160]** Der fünfte Ansatz evaluiert das  $|dl/dt|$  unter Verwendung von Schwellenwerten in dem dritten Ansatz. Der Unterschied zwischen dem fünften Ansatz und dem dritten Ansatz liegt in dem Drehzahlkorrekturkennfeld, das abzufragen ist, um die Drehzahlkorrekturkoeffizienten zu erhalten.

**[0161]** In dem fünften Ansatz wird das Drehzahlkorrekturkennfeld verwendet, wie es in **Fig. 11B** gezeigt. **Fig. 11B** ist eine Graphik, deren Ordinate die Drehzahlkorrekturkoeffizienten bezeichnet und deren Abszisse Ausgabeanweisungswerte bezeichnet, die zu dem Brennstoff-zirkulierenden Brennstoffzellensystem übermittelt werden. In der Graphik sind drei gerade Korrekturkoeffizientenlinien gezeigt, die den in **Fig. 10C** gezeigten Schwellenwerten (Schwellenwert 1 bis Schwellenwert 3) entsprechen.

**[0162]** Die ECU **4** bestimmt aus der in Schritt S94 erhaltenen Ausgabezunahme/Abnahmerate, welchem Schwellenwert das  $|dl/dt|$  entspricht, und wählt eine der Linien, die zum Erhalt des Drehzahlkorrekturkoeffizienten zu verwenden ist, unter den geraden Korrekturkoeffizientenlinien aus. Ferner lokalsiert die ECU **4** einen Drehzahlkorrekturkoeffizienten, der dem in Schritt S91 eingegebenen Ausgabeanweisungswert entspricht, für die ausgewählte gerade Korrekturkoeffizientenlinie und liest diese aus.

**[0163]** Obwohl sich die obige Beschreibung zu Illustrationszwecken auf drei Schwellenwerte bezieht, die zum Evaluieren von  $|dl/dt|$  verwendet werden, ver-

steht es sich, dass die Anzahl der Schwellenwerte nicht auf drei beschränkt ist.

#### (6) Sechster Ansatz

**[0164]** In der dritten Ausführung wird die Zellenspannung des Brennstoffzellenstapels **1** verwendet, um den Drehzahlkorrekturkoeffizienten der Brennstoffpumpe **3** zu bestimmen. Dementsprechend kann die dritte Ausführung die Zustände der Brennstoffzellen auf die Steuerung über die Brennstoffpumpe **3** wiederspiegeln.

**[0165]** Jedoch wird in der vierten Ausführung die dem Brennstoffzellensystem gelieferte Ausgabezunahme/Abnahmerate verwendet, um die Brennstoffpumpe **3** zu steuern, und kann daher die Zustände der Brennstoffzellen (z. B. Zellenspannung) auf die Steuerung über die Brennstoffpumpe **3** nicht wiederspiegeln. Aus diesem Grund verwendet der sechste Ansatz nicht nur die Ausgabezunahme/Abnahmerate zur Bestimmung des Drehzahlkorrekturkoeffizienten der Brennstoffpumpe **3**, sondern steuert auch eine Betriebszeit, über die die Brennstoffpumpe **3** eine beschleunigte Drehung durchführt, sodass das Brennstoffzellensystem stabiler betrieben werden kann.

**[0166]** Hier ist die "beschleunigte Drehung" eine Drehung der Brennstoffpumpe **3**, die derart gesteuert ist, dass die Drehzahl der Brennstoffpumpe **3** den Drehzahlanweisungswert (= Solldrehzahl  $\times$  Drehzahlkorrekturkoeffizient) einnimmt, wenn der Drehzahlkorrekturkoeffizient größer als eins ist.

**[0167]** Ein Steuerfluss des sechsten Ansatzes ist in **Fig. 12** gezeigt.

**[0168]** In dem in **Fig. 12** gezeigten Steuerflussdiagramms sind die Schritt S121 bis S127 identisch mit den Schritten S91 bis S97 des in **Fig. 9** gezeigten Steuerflusses der vierten Ausführung, und eine doppelte Beschreibung davon wird hierin weggelassen. Es versteht sich, dass ein jeder der vorgenannten ersten, zweiten, dritten, vierten und fünften Ansätze angewendet werden kann, um den Drehzahlkorrekturkoeffizienten der Brennstoffpumpe **3** in den Schritten S125 und S126 zu bestimmen.

**[0169]** Das Merkmal des sechsten Ansatzes kann in Schritt S128 und den nachfolgenden Schritten ausgedrückt werden. In Schritt S128 bestimmt die ECU **4** die Zeit (den Betriebszeitanweisungswert), über die die Brennstoffpumpe **3** zur Drehung mit einer Drehzahl angetrieben wird, die dem in Schritt S127 bestimmten Drehzahlanweisungswert entspricht. Hierbei fragt eine Betriebszeitbestimmungsroutine (S128) ein Betriebszeitkennfeld ab (S129).

**[0170]** Ein Beispiel des Betriebszeitkennfelds ist in **Fig. 13** gezeigt. **Fig. 13** ist eine Graphik, deren Ordin-

nate die Betriebszeitanweisungswerte angibt, um die Betriebszeit anzugeben, über die Brennstoffpumpe **3** zur Drehung mit einer Drehzahl angetrieben wird, die dem Drehzahlanweisungswert entspricht, und die Abszisse bezeichnet Ausgabezunahme/Abnahmeraten. In **Fig. 13** sind als Beispiel drei Linien für die Ausgabeanweisungswerte A bis C eingezeichnet. In **Fig. 13** wird, wenn der Ausgabeanweisungswert größer ist und der Absolutwert der Ausgabezunahme/Abnahmerate größer ist, der Betriebszeitanweisungswert größer, d. h. die Zeit der beschleunigten Drehung der Brennstoffpumpe **3** wird länger.

**[0171]** Die ECU **4** fragt das Betriebszeitkennfeld ab und bestimmt den Betriebszeitanweisungswert entsprechend der Zeit, für die die Brennstoffzelle **3** eine beschleunigte Drehung durchführt.

**[0172]** Gemäß dem so bestimmten Betriebszeitanweisungswert und dem Drehzahlanweisungswert wird die Brennstoffpumpe **3** innerhalb der Betriebszeit gesteuert/geregelt (S131).

**[0173]** Nachdem die Zeit, die durch den Betriebszeitanweisungswert spezifiziert ist, abgelaufen ist, dreht sich die Brennstoffpumpe **3** mit der Solldrehzahl, die in Schritt S122 bestimmt ist.

**[0174]** Wie oben beschrieben, wird mit dem sechsten Ansatz die Steuerung auch über die Betriebszeit ausgeübt, über die die Brennstoffpumpe eine durch den Drehzahlkorrekturkoeffizienten zu bestimmende beschleunigte Drehung durchführt; daher kann das Brennstoffzellensystem stabiler betrieben werden.

#### [FÜNFTE AUSFÜHRUNG]

**[0175]** **Fig. 14** ist ein Diagramm, das eine fünfte Ausführung des Brennstoff-zirkulierenden Brennstoffzellensystems nach der vorliegenden Erfindung darstellt. Die fünfte Ausführung benutzt ein Zirkulationssystem, das eine Brennstoffpumpe und einen Ejektor als Brennstoffbeschickungsvorrichtung verwendet.

**[0176]** Die Vorrichtungskonfiguration der fünften Ausführung ist identisch mit jener der zweiten Ausführung (siehe **Fig. 3**), außer, dass ein Befeuchter **11** in einer Brennstoffzirkulationspassage **6a** vorgesehen ist und ein Taupunktdetektor **12** zum Messen eines Taupunkts des zirkulierenden Wasserstoffs direkt stromauf eines Brennstoffzellenstapels **1** in der Brennstoffzirkulationspassage **6a** vorgesehen ist, so dass die ECU **4** den Taupunkt überwacht.

**[0177]** In dem Brennstoff-zirkulierenden Brennstoffzellensystem muss dem Brennstoffzellenstapel **1** Wasserstoff zugeführt werden, der eine vorbestimmte Feuchtigkeitsmenge enthält; zu diesem Zweck ist die Brennstoffzirkulationspassage **6a** mit einem Befeuchter **11** ausgestattet. Wenn jedoch dem Brenn-

stoffzellensystem eine abrupte Beschleunigungsanweisung übermittelt wird, entspricht die in dem Befeuchter **11** erzeugte Feuchtigkeitsmenge in einigen Fällen vorübergehend nicht der erforderlichen Menge. Unter anderen Umständen kommt es zu einem vorübergehenden Mangel der in der Brennstoffzirkulationspassage zirkulierenden Wasserstoffmenge, wenn unter den Bedingungen keiner Steuerung über die Wasserstoffzirkuliermenge eine abrupte Beschleunigungs/Verzögerungsanweisung zu dem Brennstoffzellensystem übermittelt wird (siehe **Fig. 21**). Wenn der Betrieb des Befeuchters beschleunigt wird, um eine vergrößerte Feuchtigkeitsmenge zu erzeugen, kann in diesen Situationen die von dem Brennstoffzellenstapel **1** benötigte Feuchtigkeitsmenge nicht bereitgestellt werden, weil die Zirkulationsrate des Wasserstoffs, der die Feuchtigkeit mitführt, reduziert ist.

**[0178]** Mittlerweile enthält Wasserstoff, das von dem Brennstoffzellenstapel **1** abgeführt wird, in dem Brennstoffzellenstapel **1** erzeugtes Wasser und Kondenswasser, und ist daher immer mit Feuchtigkeit gesättigt. Bei einer abrupten Beschleunigung/Verzögerung des Brennstoffzellensystems macht es daher eine Zunahme der Zirkulationsrate von Wasserstoff in der Brennstoffzirkulationspassage **6** und Zirkulation des mit Feuchtigkeit gesättigten Wasserstoffs, das von dem Brennstoffzellensystem in die Brennstoffzirkulationspassage **6a** abgeführt wird, möglich, die von dem Brennstoffzellensystem benötigte Feuchtigkeit zu zirkulieren. Darüber hinaus kann in einem Fall, wo der Befeuchter **11** Feuchtigkeit von dem zirkulierenden Brennstoffstrom entnimmt, ein vorübergehendes Feuchtigkeitsdefizit abgedeckt werden.

**[0179]** Kurz gesagt, die fünfte Ausführung exemplifiziert ein Brennstoff-zirkulierendes Brennstoffzellensystem, das Taupunkte von Wasserstoff in den Brennstoffzellen überwacht, sodass die Mengen von Wasserstoff und Feuchtigkeit, die in der Brennstoffzirkulationspassage **6** zirkulieren, auch dann sichergestellt werden können, wenn eine abrupte Beschleunigungs/Verzögerungsanweisung zu dem Brennstoffzellensystem übermittelt wird.

**[0180]** Ein Steuerfluss der fünften Ausführung des Brennstoff-zirkulierenden Brennstoffzellensystems ist in **Fig. 15** gezeigt.

**[0181]** Wenn eine Ausgabeanweisung zu dem Brennstoff-zirkulierenden Brennstoffzellensystem übermittelt wird (S151), fragt die ECU **4** das Ausgabe gegen Drehzahlkennfeld ab (siehe **Fig. 2B**) (S153) und bestimmt eine Solldrehzahl der Brennstoffpumpe **3** (S152). Anschließend misst die ECU **4** einen Taupunkt von Wasserstoff mit einem Taupunktdetektor **12**, der direkt stromauf des Brennstoffzellenstapels **1** in der Brennstoffzirkulationspassage **6a** angeordnet ist (S154).

**[0182]** Die ECU 4 berechnet einen Drehzahlkorrekturkoeffizienten unter Verwendung des Taupunkts von Wasserstoff, gemessen in Schritt S154, durch die Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine (S155). In dieser Stufe fragt die Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine ein Drehzahlkorrekturkennfeld ab (wie in **Fig. 16** gezeigt), das vorab in der ECU 4 vorgesehen ist (S156).

**[0183]** **Fig. 16** ist eine Graphik, deren Ordinate die Drehzahlkorrekturkoeffizienten bezeichnet und der Abszisse Taupunkte von Wasserstoff bezeichnet. Wenn der Taupunkt von Wasserstoff, der mit dem Taupunktdetektor 12 gemessen wird, zu niedrig ist, wird der Drehzahlkorrekturkoeffizient erhöht, sodass die Drehzahl der Brennstoffpumpe 3 erhöht wird, um die Zirkulationsrate des Wasserstoffs zu erhöhen, der mit Feuchtigkeit gesättigt ist und von dem Brennstoffzellenstapel 1 abgeführt wird.

**[0184]** Anschließend wird das Produkt der in Schritt S152 erhaltenen Solldrehzahl und des in Schritt S155 erhaltenen Drehzahlkorrekturkoeffizienten berechnet, um einen Drehzahlanweisungswert zu bekommen, der der Brennstoffpumpe 3 übermittelt wird (S157).

**[0185]** Als nächstes steuert/regelt die ECU 4 die Brennstoffpumpe 3 derart, dass die Drehzahl der Brennstoffpumpe 3 eine Drehzahl einnimmt, die dem Drehzahlanweisungswert entspricht (S158), und der Prozess endet (S159).

**[0186]** Obwohl in der vorliegenden Ausführung ein in der Brennstoffzirkulationspassage 6a angeordneter Taupunktdetektor 12 verwendet wird, um einen Taupunkt von Wasserstoff zu erfassen, kann statt des Taupunktdetektors 12 auch ein Thermometer verwendet werden, um die Steuerung der vorliegenden Ausführung auszuführen, in Abhängigkeit von bestimmten Systemen, z. B. in Fällen, wo die Wasserstoffausgabe von dem Befeuchter 11 mit Feuchtigkeit gesättigt ist.

**[0187]** Es versteht sich, dass der obige Prozess der Bestimmung eines Drehzahlkorrekturkoeffizienten mit einem Taupunkt unter Berücksichtigung des Ausgabeanweisungswerts und/oder Evaluieren des Taupunkts mittels Schwellenwerten ausgeführt werden kann, wie in der dritten Ausführung bzw. der vierten Ausführung beschrieben, und/oder durch irgendwelche anderen Ansätze.

#### [SECHSTE AUSFÜHRUNG]

**[0188]** Eine sechste Ausführung des Brennstoff-zirkulierenden Brennstoffzellensystems ist in **Fig. 17** gezeigt.

**[0189]** Das Merkmal der Vorrichtungskonfiguration der sechsten Ausführung ist, dass ein Bypass 13 zum Umgehen einer Brennstoffpumpe 3 in einer Brennstoffzirkulationspassage 6 vorgesehen ist, und dass in dem Bypass 13 ein Bypassventil 14 vorgesehen ist, das in der Lage ist, unter der Steuerung einer ECU 4 zu öffnen und zu schließen. Andere Elemente, die in der sechsten Ausführung vorgesehen sind, sind äquivalent jenen der dritten Ausführung (**Fig. 5**).

**[0190]** Wenn in der sechsten Ausführung das Brennstoffzellensystem in einem normalen Betriebszustand ist, wird der Betrieb der Brennstoffpumpe 3 gestoppt oder in einen Niederleistungszustand in Wartestellung gehalten (leerlaufen gelassen), und das Bypassventil 14 wird geöffnet, um zu erlauben, dass der Wasserstoff die Brennstoffpumpe 3 umgeht und zu einem Ejektor 5 gelangt. Der Wasserstoff, der von dem Ejektor 5 ein Zirkulationsmoment bekommen hat, wird durch die Brennstoffzirkulationspassage 6 zirkuliert.

**[0191]** Wenn eine abrupte Beschleunigung/Verzögerungsanweisung zu dem Brennstoffzellensystem übermittelt wird, oder eine Zustandsgröße (z. B. eine Zellenspannung etc.) des Brennstoffzellensystems unter einen vorbestimmten Bereich abfällt, schließt die ECU 4, die diese Zustände überwacht, das Bypassventil 14 und lässt die Brennstoffpumpe 3 mit einer vorbestimmten Drehzahl drehen, um hierdurch die Zirkulationsrate von Wasserstoff in der Brennstoffzirkulationspassage 6 zu erhöhen, um auf eine Ausgabeanweisung anzusprechen und die Zustandsgröße der Brennstoffzelle auf den vorbestimmten Bereich zurückzubringen.

**[0192]** Obwohl in der sechsten Ausführung die Zellenspannung als Zustandsgröße der Brennstoffzelle verwendet wird, kann stattdessen auch ein Taupunkt von Wasserstoff o. dgl. evaluiert werden.

**[0193]** Ein Steuerfluss der sechsten Ausführung wird in Bezug auf **Fig. 18** beschrieben.

**[0194]** Zuerst wird eine Zellenspannung mit einem Voltmeter 10 gemessen, das in dem Brennstoffzellenstapel 1 vorgesehen ist (S181). Anschließend wird bestimmt, ob die Zellenspannung innerhalb eines vorbestimmten Bereichs liegt (S182), und falls bestimmt wird, dass die Zellenspannung in den vorbestimmten Bereich fällt (JA), dann wird eine Ventilöffnungsanweisung zu dem Bypassventil (14) übermittelt (S183), und der Betrieb der Brennstoffpumpe 3 wird gestoppt (S184). Wenn jedoch in Schritt S182 bestimmt wird, dass die Zellenspannung unter dem vorbestimmten Bereich liegt, dann wird das Bypassventil 14 geschlossen, und es wird ein Prozess zum Drehen der Brennstoffpumpe 3 mit einer vorbestimmten Drehzahl ausgeführt (S185 bis S194).

**[0195]** Damit sich die Brennstoffpumpe **3** mit einer vorbestimmten Drehzahl dreht, wird zuerst in Schritt S185 bestimmt, ob eine Ausgabeanweisung, wie etwa eine Beschleunigungs/Verzögerungsanweisung, an das Brennstoffzellensystem ausgegeben wird. Wenn bestimmt wird, dass die Ausgabeanweisung gegeben wird (JA), wird in Schritt S187 eine Solldrehzahl der Brennstoffpumpe gemäß dem Ausgabeanweisungswert bestimmt.

**[0196]** Wenn hingegen bestimmt wird, dass die Ausgabeanweisung nicht gegeben wird, dann wird der Ausgabeanweisungswert auf die gegenwärtige Ausgabe des Brennstoffzellensystems gesetzt (S186), weil die Solldrehzahl der Brennstoffpumpe **3** in Schritt S187 nicht bestimmt werden kann.

**[0197]** Anschließend wird das Ausgabe gegen Drehzahlkennfeld (**Fig. 2B**) abgefragt (S189), und wird die Solldrehzahl der Brennstoffpumpe **3**, die dem Ausgabeanweisungswert entspricht, bestimmt.

**[0198]** Weiter wird auf der Basis der in Schritt S181 gemessenen Zellenspannung das Drehzahlkorrekturkennfeld, wie z. B. in **Fig. 7A**, **Fig. 7B**, **Fig. 7C** oder **Fig. 8A** gezeigt, abgefragt (S191), und hierdurch erhält die Drehzahlkorrekturkoeffizientenbestimmungsroutine (S190) einen Drehzahlkorrekturkoeffizient, der einen Extrabetrag einer beschleunigten Drehung der Brennstoffpumpe **3** anzeigt.

**[0199]** Danach wird das Produkt der Solldrehzahl und des Drehzahlkorrekturkoeffizienten berechnet, um den Drehzahlanweisungswert zu erhalten (S192), und wird das Bypassventil **14** geöffnet, damit Wasserstoff in die Brennstoffpumpe **3** fließen kann, die zur Drehung mit einer Drehzahl reguliert wird, die dem in Schritt S192 berechneten Drehzahlanweisungswert entspricht (S194). Dann geht der Steuerprozess zu Schritt S181 zurück, und die Zellenspannung wird erneut evaluiert.

**[0200]** Eine genauere Beschreibung eines Steuervorgangs der sechsten Ausführung des Brennstoffzirkulierenden Brennstoffzellensystems wird in Bezug auf **Fig. 19** angegeben.

**[0201]** **Fig. 19** ist ein Zeitdiagramm, das sowohl Übergangs-Zellenspannungen des Brennstoff-zirkulierenden Brennstoffzellensystems gemäß der sechsten Ausführung als auch Übergangs-Zirkulationsraten von Wasserstoff in dem System zeigt.

**[0202]** Man nehme an, dass die Zellenspannung der Brennstoffzellen in einen vorbestimmten Bereich bis zu der Zeit fällt, die mit dem Punkt A angegeben ist. Während dieser Zeitdauer wird in dem Brennstoffzellensystem in **Fig. 17** die Brennstoffpumpe **3** gestoppt oder ausgesetzt (z. B. leerlaufen gelassen), wird das Bypassventil geöffnet und wird Wasserstoff

in der Brennstoffzirkulationspassage **6** zirkuliert, wobei nur der Ejektor **5** benutzt wird. Wenn am Punkt A die Zellenspannung unter den Schwellenwert **1** fällt, z. B. durch den Einfluss von Kondenswasser in dem Brennstoffzellenstapel **1**, dann schließt die ECU **4**, dem Steuerfluss von **Fig. 18** folgend, das Bypassventil **14** und gibt der Brennstoffpumpe **3** eine Anweisung, mit einer Drehzahl zu drehen, die dem in Schritt S192 berechneten Drehzahlanweisungswert entspricht, sodass die Drehzahl der Brennstoffpumpe **3** zunimmt. Wenn die Drehzahl der Brennstoffpumpe **3** zunimmt, nimmt die Wasserstoffmenge, die in der Brennstoffzirkulationspassage **6** zirkuliert, zu.

**[0203]** In dieser Ausführung nehme man jedoch an, dass die Brennstoffzellenspannung der Brennstoffzellen nicht auf einen Wert innerhalb des vorbestimmten Bereichs zurückgebracht wird und am Punkt B weit unter den Schwellenwert **2** abfällt. Dann erhöht die ECU **4** die Drehzahl der Brennstoffpumpe **3** entsprechend dem in **Fig. 18** gezeigten Steuerfluss weiter, um die Wasserstoffmenge, die in dem System zirkuliert, weiter zu erhöhen. Wenn danach die Zellenspannung in den vorbestimmten Bereich zurückgebracht ist, während des Durchgangs durch Punkt C und Punkt D, öffnet die ECU **4** das Bypassventil **14**, stoppt die Brennstoffpumpe **3** oder setzt diese aus und startet erneut die Wasserstoffzirkulation mit nur dem Ejektor **5**.

**[0204]** Wenn wie oben beschrieben in der sechsten Ausführung die Zustandsgröße der Brennstoffzellen, wie etwa die Zellenspannung einen vorbestimmten Wert unterschreitet, oder wenn eine Ausgabeanweisung gegeben wird, wird die Brennstoffpumpe **3** angetrieben, um die Zirkulationsrate von Wasserstoff in der Brennstoffzirkulationspassage **6** zu erhöhen, und andernfalls wird die Brennstoffpumpe **3** gestoppt oder leerlaufen gelassen. Daher braucht die Pumpe nicht jederzeit betrieben werden, und somit kann eine verbesserte Energie-Wirtschaftlichkeit erreicht werden.

**[0205]** Wenn darüber hinaus, unabhängig von der Anordnung des Bypasses und des Bypassventils der sechsten Ausführung, die Zustandsgröße des Brennstoffzellenstapels **1** in einen vorbestimmten Bereich fällt und von dem System benötigter Wasserstoff nur mit dem Ejektor zirkuliert werden kann, kann die Brennstoffpumpe **3** in der Brennstoffzirkulationspassage **6** gestoppt oder leerlaufen gelassen werden, sodass die Energieeffizienz des Brennstoff-zirkulierenden Brennstoffsystems verbessert werden kann.

**[0206]** Obwohl oben die bevorzugten Ausführungen der vorliegenden Erfindung beschrieben wurden, können zahlreiche Modifikationen und Veränderungen in der vorliegenden Erfindung vorgenommen werden. Obwohl z. B. in jeder Ausführung ein einziger Ejektor als Brennstoffbeschickungsvorrichtung

vorgesehen ist, können stattdessen auch mehrere Ejektoren vorgesehen sein.

**[0207]** Die vorliegende Erfindung ist wie oben aufgebaut und erzielt besondere vorteilhafte Wirkungen wie folgt.

**[0208]** Die Brennstoffbeschickungsvorrichtung reguliert die Brennstoffmenge, die in der Brennstoffzirkulationspassage zirkuliert, in Antwort auf einen Ausgabeanweisungswert, der zu den Brennstoffzellen übermittelt wird, und somit kann verhindert werden, dass die zu den Brennstoffzellen zirkulierte Brennstoffmenge zu spärlich wird, auch wenn eine abrupte Beschleunigung/Verzögerungsanweisung zu den Brennstoffzellen übermittelt wird.

**[0209]** Zusätzlich wird die Brennstoffpumpe, die von einer außen liegenden Quelle angetrieben wird, als Brennstoffbeschickungsvorrichtung unter der Steuerung des Brennstoffzellensteuergeräts allein oder in Kombination mit dem Ejektor verwendet, der ein Zirkulationsmoment von Brennstoff erzeugt, das durch den Druck in dem Hochdruckbrennstoftank erzeugt wird. Auch wenn daher eine abrupte Beschleunigung/Verzögerungsanweisung, auf die der Ejektor allein nicht reagieren kann, zu den Brennstoffzellen übermittelt wird, kann die von den Brennstoffzellen benötigte Brennstoffmenge in der Brennstoffzirkulationspassage zirkuliert werden, indem die Drehzahl der Brennstoffpumpe erhöht wird.

**[0210]** Das Brennstoffzellensteuergerät hat die Fähigkeit, die Zustandsgröße der Brennstoffzellen zu überwachen, und kann somit die Zellenspannung der Brennstoffzellen, einen Taupunkt des Brennstoffs o. dgl. überwachen, um erfasste Information auf die Brennstoffmenge wiederzuspiegeln, die in der Brennstoffzirkulationspassage zirkuliert wird.

**[0211]** Das Brennstoffzellensteuergerät bestimmt eine Solldrehzahl der Brennstoffpumpe auf der Basis eines Ausgabeanweisungswerts und kann somit eine Verzögerung bei der Regulation der Zirkulationsrate von Brennstoff vermeiden, anders als in dem Fall, wo die Drehzahl der Brennstoffpumpe auf der Basis der Ausgabe der Brennstoffzellen reguliert wird.

**[0212]** Das Brennstoffzellensteuergerät reguliert die Zirkulationsrate des Brennstoffs unter Berücksichtigung einer Zustandsgröße (z. B. einer Zellenspannung, einem Taupunkt des Brennstoffs etc.), und kann die Zirkulationsrate des Brennstoffs erhöhen, wenn die Zustandsgröße aus einem vorbestimmten Bereich herausführt, sodass die Zirkulationsrate des Brennstoffs, die durch den Ausgabeanweisungswert angezeigt wird, abgesichert werden kann, wenn die Zustandsgröße wieder hergestellt ist.

**[0213]** Erfindungsgemäß werden eine Zellenspannung und/oder ein Taupunkt des Brennstoffs am Einlass der Brennstoffzelle als die Zustandsgröße der Brennstoffzellen verwendet, und somit kann die Zirkulationsrate des Brennstoffs mit den Zuständen der Brennstoffzellen reguliert werden, die von der Zustandsgröße her angegeben werden.

**[0214]** Das Brennstoffzellensteuergerät reguliert die Zirkulationsrate des Brennstoffs unter Berücksichtigung einer Ausgabezunahme/Abnahmerate und kann somit die Drehung der Brennstoffpumpe gemäß der Ausgabezunahme/Abnahmerate beschleunigen, sodass die Zirkulationsrate des von den Brennstoffzellen benötigten Brennstoffs auch dann sichergestellt werden kann, wenn eine abrupte Beschleunigungs/Verzögerungsanweisung zu den Brennstoffzellen übermittelt wird.

**[0215]** Das Brennstoffzellensteuergerät bestimmt eine Betriebszeit der beschleunigten Drehung der Brennstoffpumpe auf der Basis einer Ausgabezunahme/Abnahmerate, und daher kann eine adäquate Brennstoffmenge gemäß der Ausgabezunahme/Abnahmerate in der Brennstoffzirkulationspassage zirkuliert werden.

**[0216]** Wenn ein Bypass, der die Brennstoffpumpe umgeht, sowie ein Bypassventil vorgesehen sind, kann die Brennstoffpumpe, die elektrischen Strom zum Betrieb benötigt, nur dann aktiviert werden, wenn es notwendig ist. Die Brennstoffpumpe braucht nur dann angetrieben werden, wenn die Ausgabeanweisung übermittelt wird und/oder wenn die Zustandsgröße außerhalb des vorbestimmten Bereichs liegt, sodass elektrische Energie zum Betreiben der Brennstoffpumpe eingespart werden kann.

**[0217]** Erfindungsgemäß wird, wenn die Zustandsgröße der Brennstoffzelle in den vorbestimmten Bereich fällt, die Brennstoffpumpe gestoppt oder leerlaufen gelassen, sodass die Energieeffizienz des Brennstoff-zirkulierenden Brennstoffzellensystems vergrößert werden kann.

**[0218]** Ein Brennstoffzellenstapel 1 in einem Brennstoff-zirkulierenden Brennstoffzellensystem wird mit Brennstoff und einem Oxidationsmittel versorgt, um Elektrizität zu erzeugen. Der von dem Brennstoffzellenstapel 1 abgeführte Brennstoff wird durch eine Brennstoffzirkulationspassage 6 dem Brennstoffzellenstapel 1 wieder zugeführt. In der Brennstoffzirkulationspassage 6 ist eine Brennstoffpumpe 3 vorgesehen, die von einer außen liegenden Quelle angetrieben ist, um den Brennstoff durch die Brennstoffzirkulationspassage 6 mit einer vorbestimmten Zirkulationsrate zu zirkulieren. Eine ECU 4 übermittelt einen Ausgabeanweisungswert zu dem Brennstoffzellenstapel 1 und reguliert eine Zirkulationsrate

des Brennstoffs in der Brennstoffzirkulationspassage **6** gemäß dem Ausgabebeanweisungswert.

### Patentansprüche

1. Brennstoff-zirkulierendes Brennstoffzellensystem, umfassend

eine Brennstoffzelle **(1)**, die mit Brennstoff und einem Oxidationsmittel versorgt wird und Elektrizität erzeugt;

eine Brennstoffzirkulationspassage **(6)**, die von der Brennstoffzelle **(1)** abgeführten Brennstoff wieder der Brennstoffzelle **(1)** zuführt;

eine Brennstoffpumpe **(3)**, die in der Brennstoffzirkulationspassage **(6)** angeordnet ist und von einer außen liegenden Quelle angetrieben wird, um den Brennstoff in der Brennstoffzirkulationspassage **(6)** umzuwälzen;

ein Brennstoffzellensteuergerät **(4)**, das eine Zustandsgröße der Brennstoffzelle **(1)** überwacht; und einen Ejektor **(5)**, der der Brennstoffzirkulationspassage **(6)** neuen Brennstoff zuführt und den Brennstoff in der Brennstoffzirkulationspassage **(6)** umwälzt, **dadurch gekennzeichnet**,

dass die Zustandsgröße eine Zellenspannung der Brennstoffzelle **(1)** und/oder einen Taupunkt des Brennstoffs am Einlass der Brennstoffzelle **(1)** umfasst,

dass das Brennstoffzellensteuergerät **(4)** dazu eingerichtet ist, dass es eine Solldrehzahl der Brennstoffpumpe **(3)** auf der Basis eines die Ausgangsleistung der Brennstoffzelle **(1)** bestimmenden Ausgabebeanweisungswerts bestimmt und auf der Basis der Zustandsgröße einen Drehzahlkorrekturkoeffizienten berechnet;

dass das Brennstoffzellensteuergerät **(4)** dazu eingerichtet ist, dass es die Brennstoffpumpe **(3)** derart regelt, dass sich die Brennstoffpumpe **(3)** mit der Solldrehzahl, die mit dem Drehzahlkorrekturkoeffizienten korrigiert ist, dreht, um eine Zirkulationsgeschwindigkeit des Brennstoffs in der Brennstoffzirkulationspassage **(6)** zu regulieren, und

dass das Brennstoffzellensteuergerät **(4)** dazu eingerichtet ist, dass es die Brennstoffpumpe **(3)** stoppt oder im Leerlauf arbeiten lässt, wenn die Zustandsgröße in einen vorbestimmten Bereich fällt.

2. Brennstoff-zirkulierendes Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Brennstoffzellensteuergerät **(4)** ein Steuerkennfeld enthält, das eine Beziehung zwischen dem Ausgabebeanweisungswert und der Solldrehzahl der Brennstoffpumpe **(3)** angibt, worin das Brennstoffzellensteuergerät **(4)** das Steuerkennfeld abfragt, um die Solldrehzahl der Brennstoffpumpe **(3)** auf der Basis des Ausgabebeanweisungswerts zu bestimmen.

3. Brennstoff-zirkulierendes Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Brennstoffzellensteuergerät **(4)** dazu einge-

richtet ist, dass es den Drehzahlkorrekturkoeffizienten auf der Basis der Zustandsgröße und des Ausgabebeanweisungswerts berechnet.

4. Brennstoff-zirkulierendes Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,

dass das Brennstoffzellensteuergerät **(4)** dazu eingerichtet ist, dass es eine Ausgabezunahme- oder Abnahmerate als Änderungsrate des Ausgabebeanweisungswerts in Bezug auf die Zeit erhält; und worin das Brennstoffzellensteuergerät **(4)** ferner dazu eingerichtet ist, dass es den Drehzahlkorrekturkoeffizienten auf der Basis der Ausgabezunahme- oder Abnahmerate berechnet.

5. Brennstoff-zirkulierendes Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet**, dass das Brennstoffzellensteuergerät **(4)** dazu eingerichtet ist, dass es eine Ausgabezunahme- oder Abnahmerate als Änderungsrate des Ausgabebeanweisungswerts in Bezug auf die Zeit erhält; und worin das Brennstoffzellensteuergerät **(4)** ferner dazu eingerichtet ist, dass es den Drehzahlkorrekturkoeffizienten auf der Basis der Ausgabezunahme- oder Abnahmerate und des Ausgabebeanweisungswerts berechnet.

6. Brennstoff-zirkulierendes Brennstoffzellensystem nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Brennstoffzellensteuergerät **(4)** dazu eingerichtet ist, dass es eine Betriebszeit der Brennstoffpumpe **(3)** auf der Basis des Ausgabebeanweisungswerts und der Ausgabezunahme- oder Abnahmerate berechnet und die Brennstoffpumpe **(3)** derart regelt, dass die Brennstoffpumpe **(3)** während der Betriebszeit dreht.

Es folgen 21 Seiten Zeichnungen

FIG.1

[ERSTE AUSFÜHRUNG]

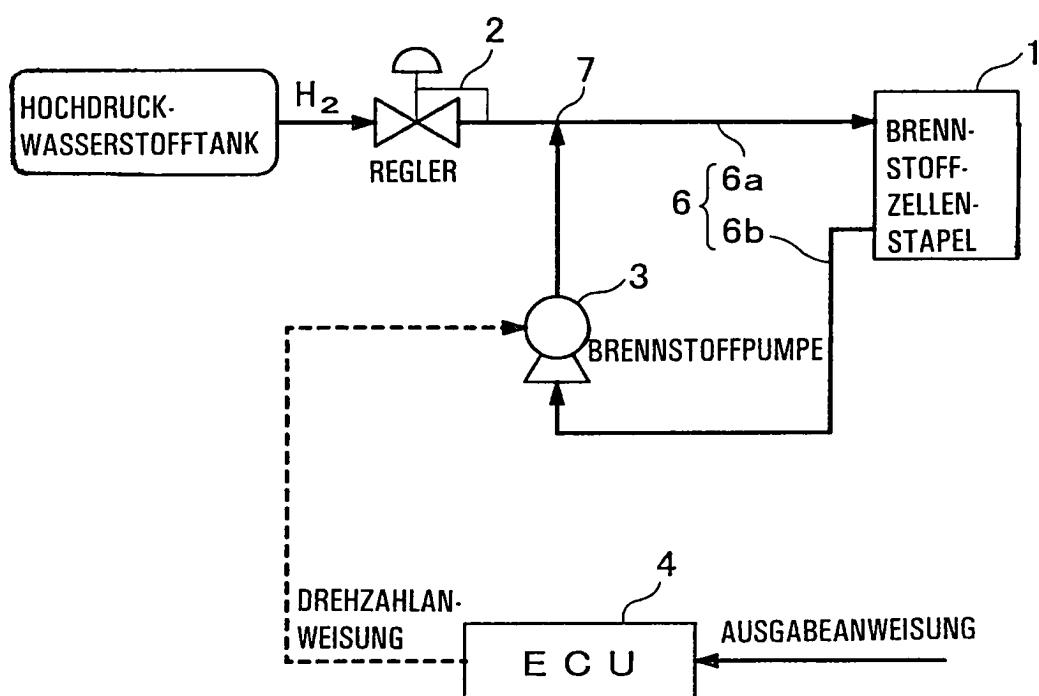


FIG.2A

[STEUERFLUSS DER ERSTEN AUSFÜHRUNG]

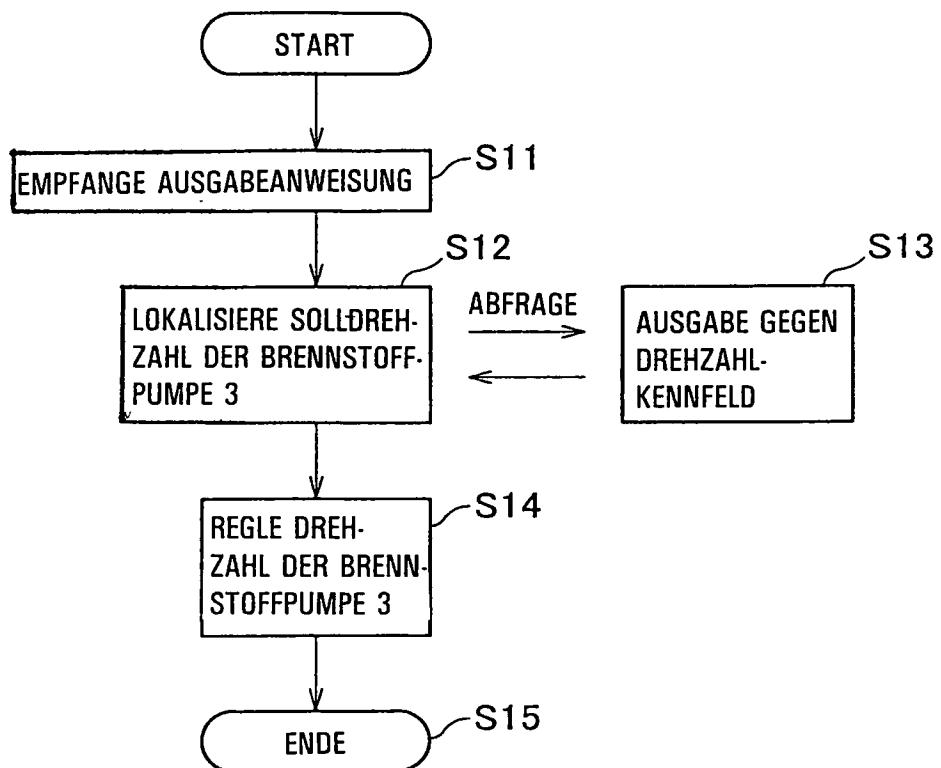


FIG.2B

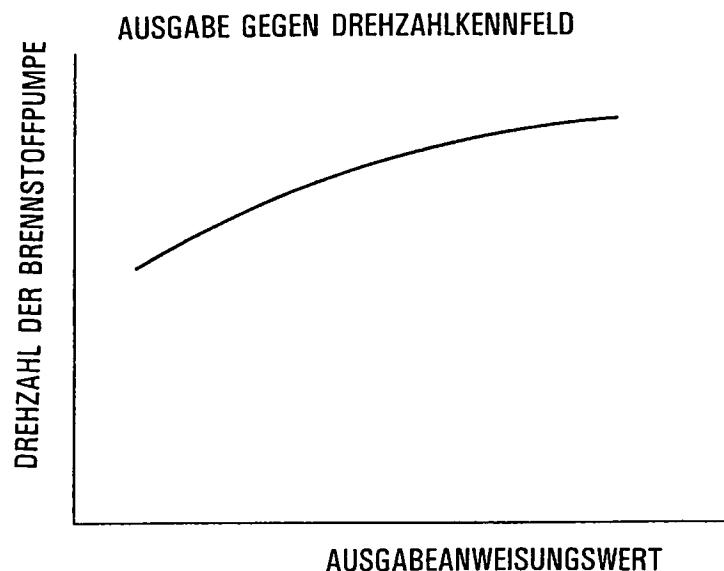


FIG.3

[ZWEITE AUSFÜHRUNG]

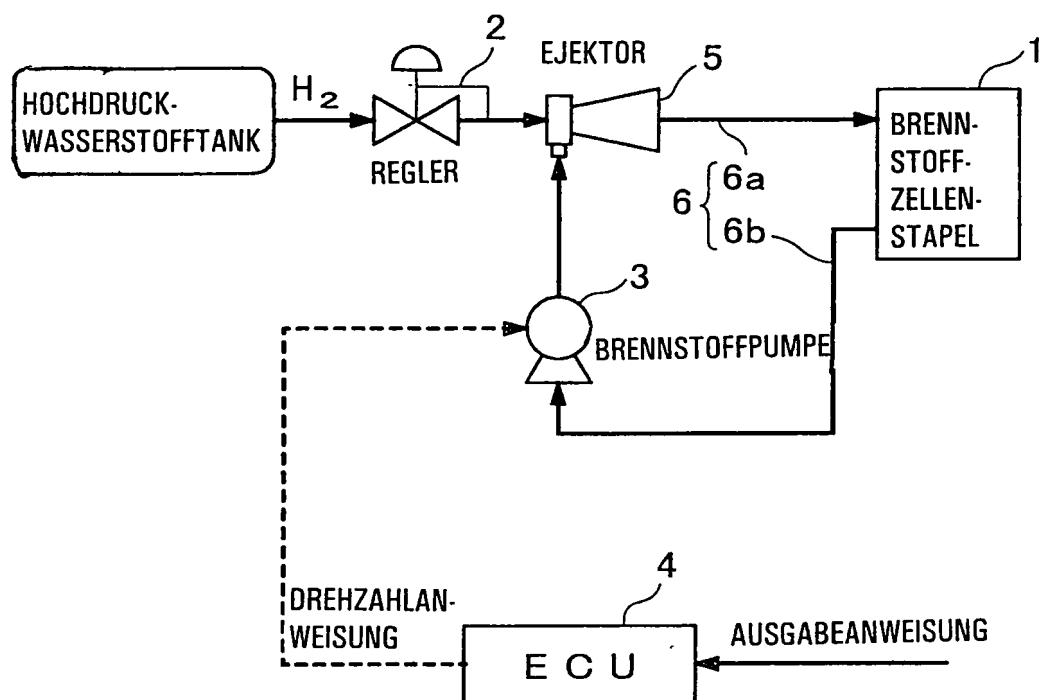


FIG.4

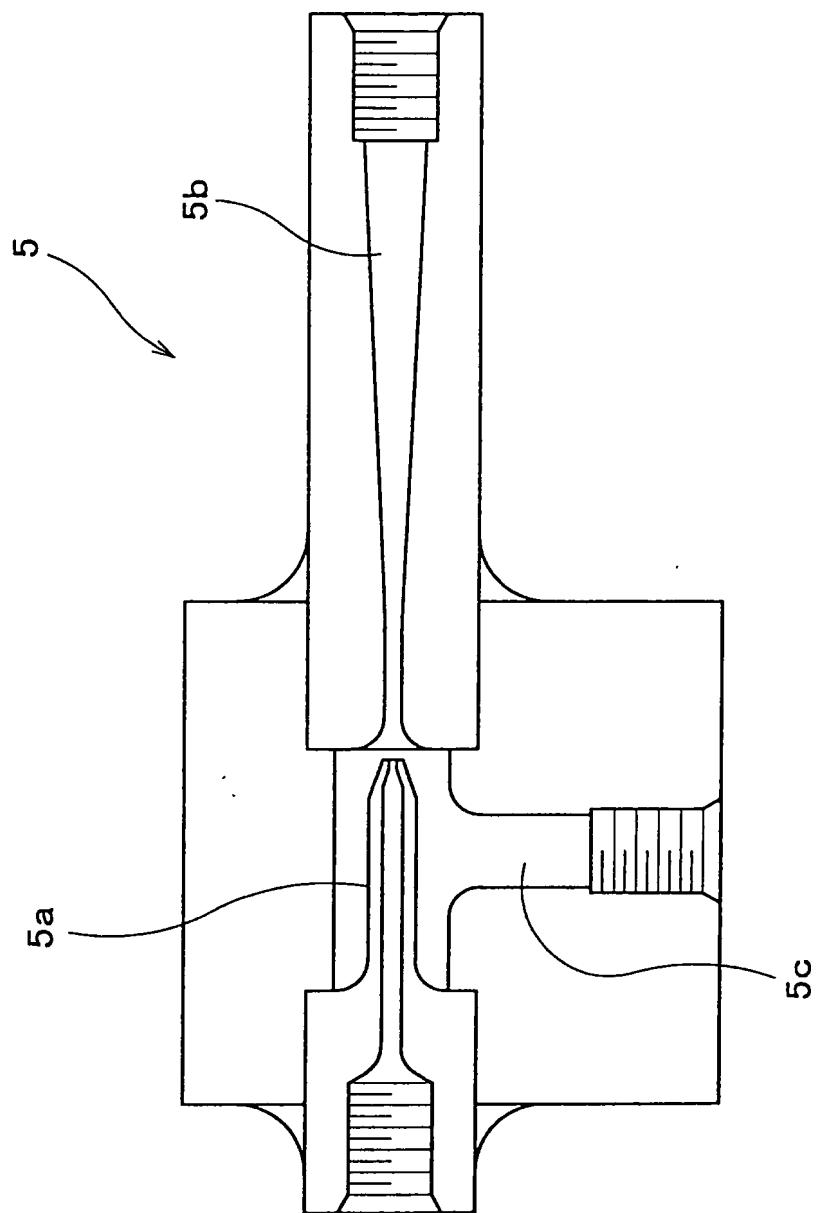


FIG.5

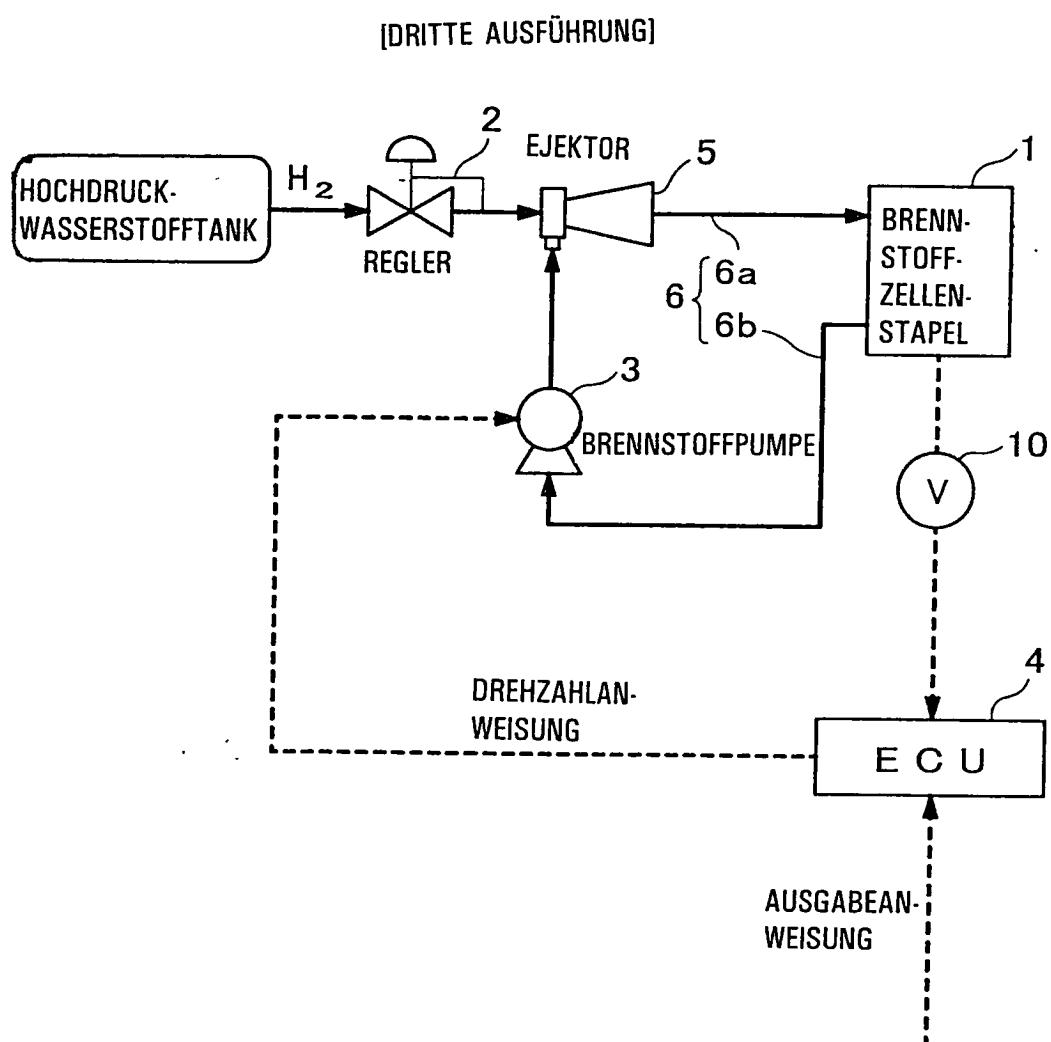


FIG. 6

[STEUERFLUSS DER DRITTEN AUSFÜHRUNG]

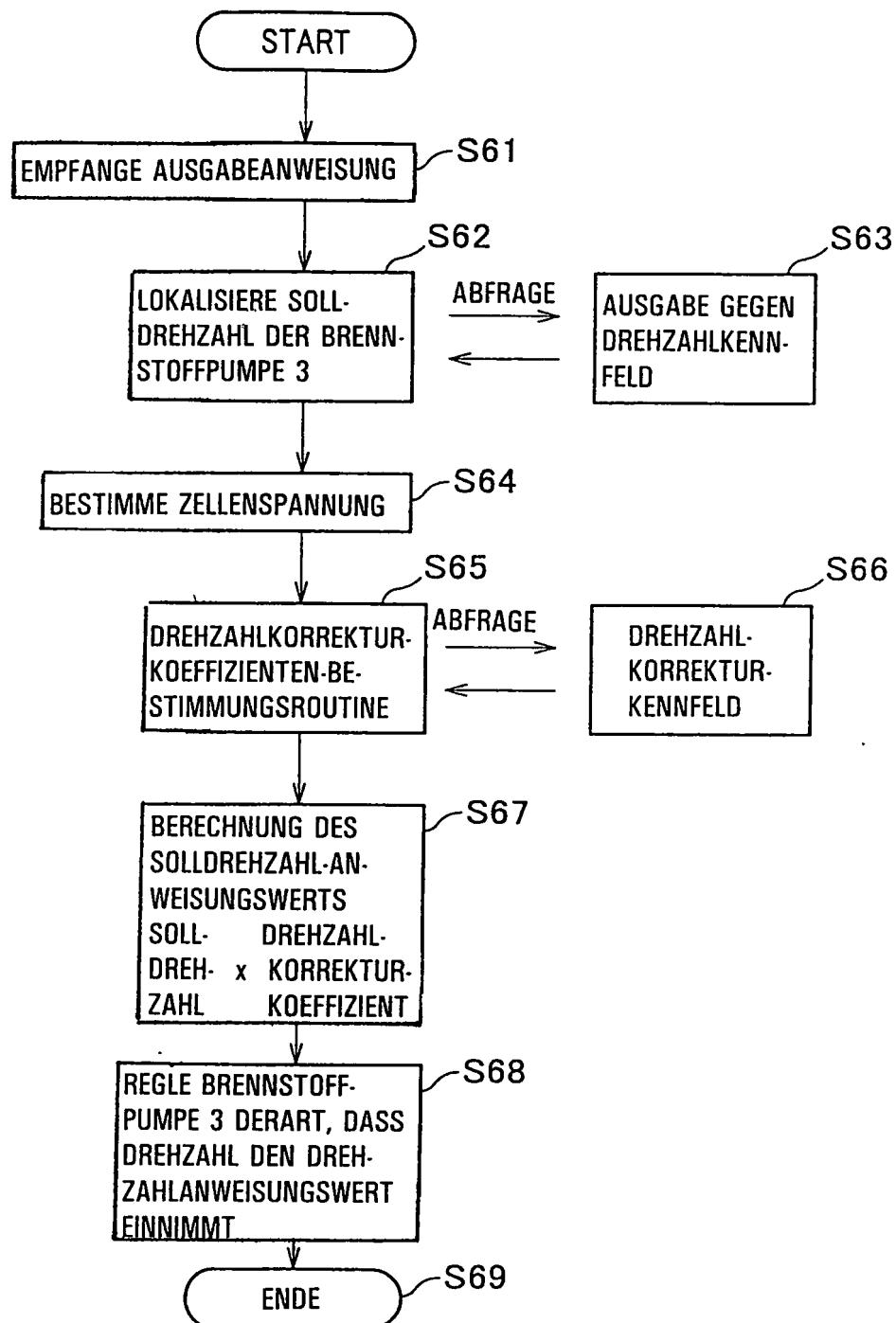


FIG. 7A

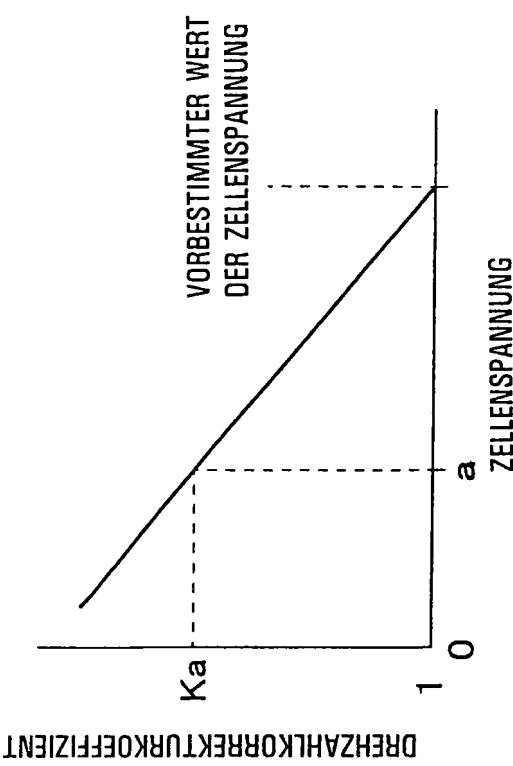


FIG. 7B

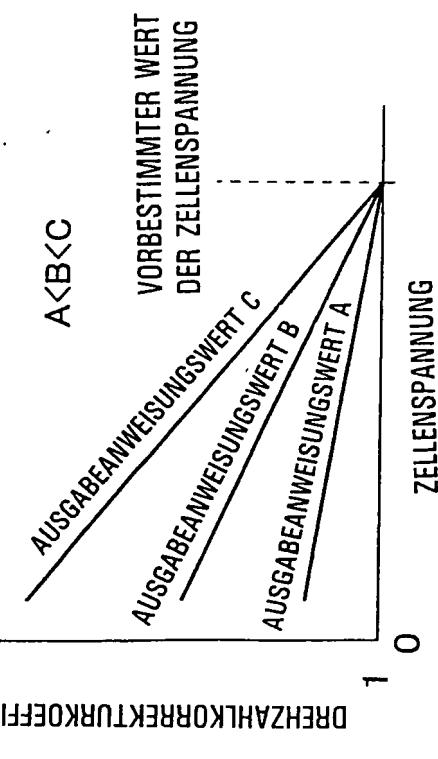


FIG. 7C

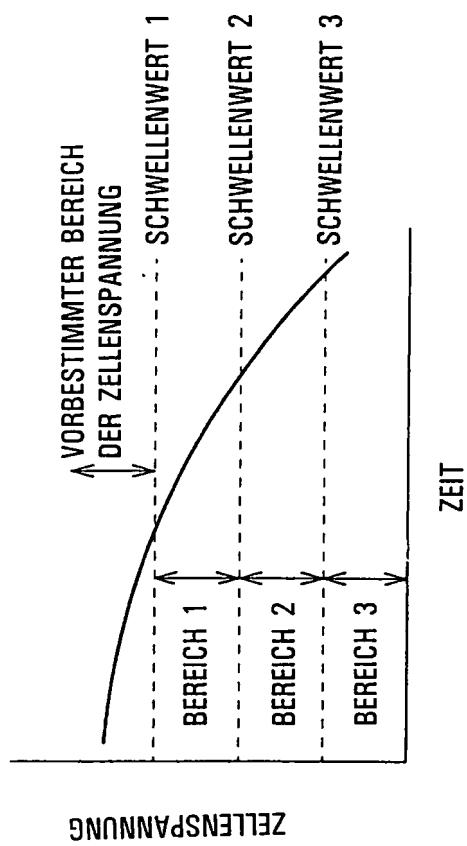


FIG. 7D

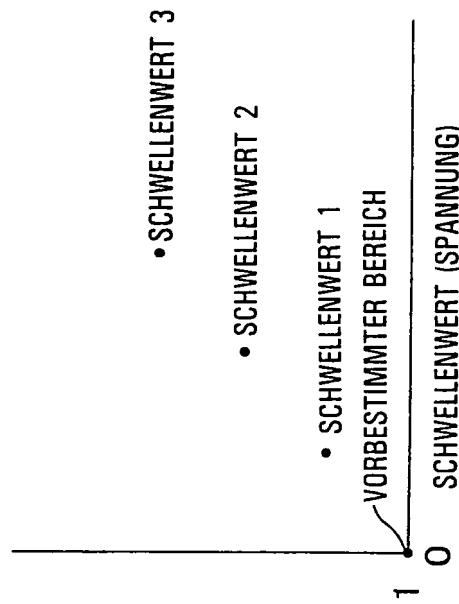


FIG.8A

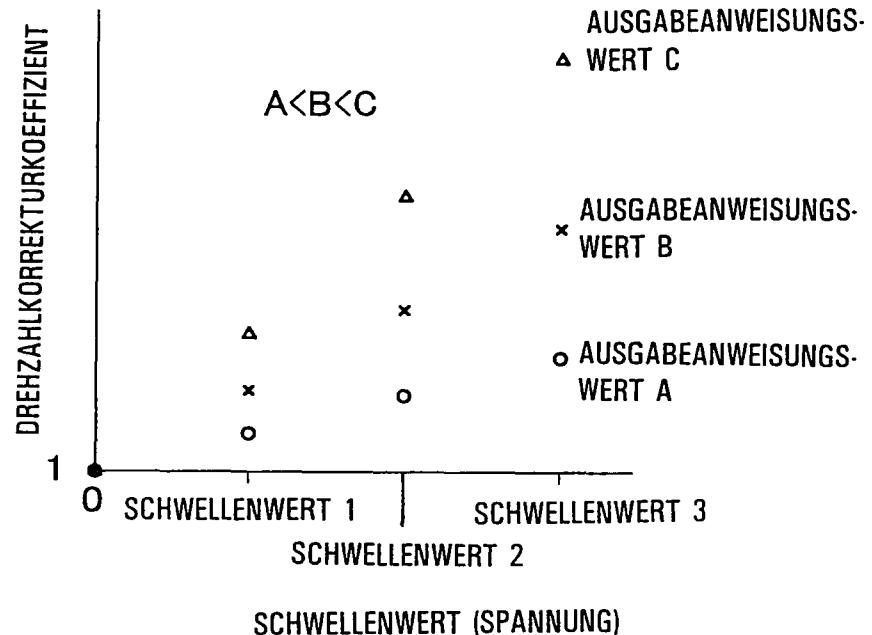


FIG.8B

SCHWELLENWERT 1 &gt; SCHWELLENWERT 2 &gt; SCHWELLENWERT 3

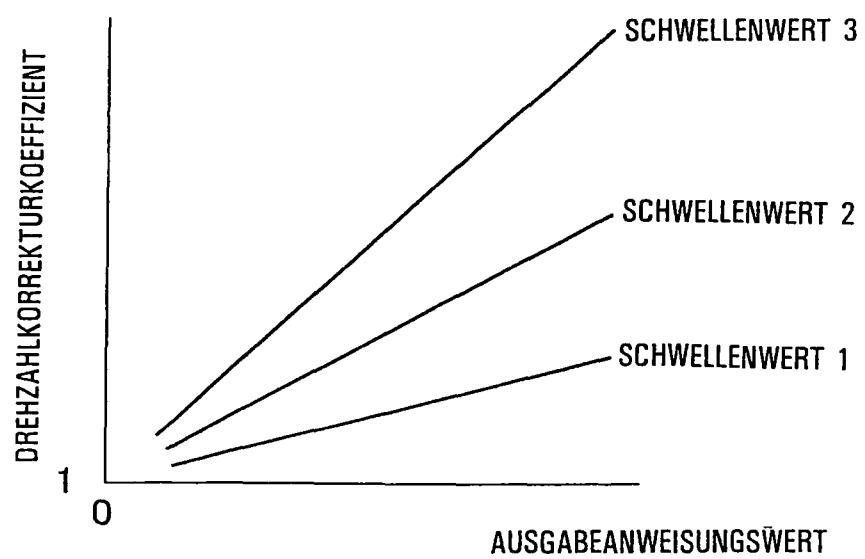


FIG.9

[STEUERFLUSS DER VIERTEN AUSFÜHRUNG]

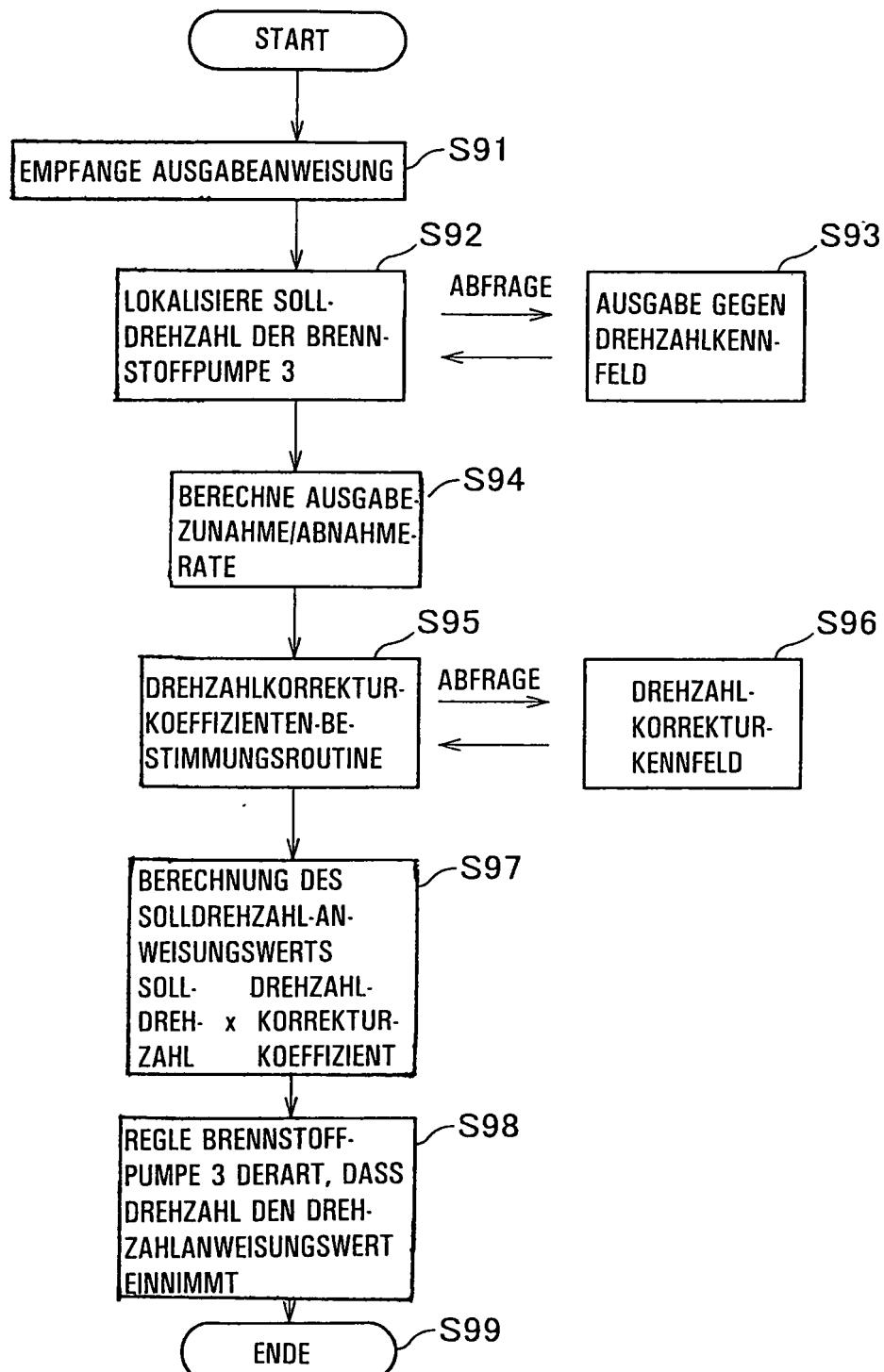
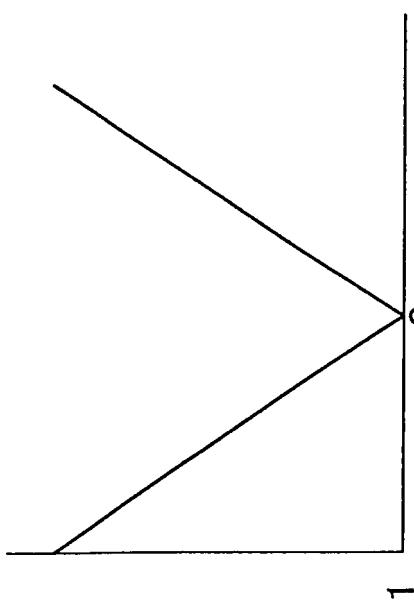


FIG. 10A



DREHZAHLKORREKTURKoeffizient

FIG. 10C

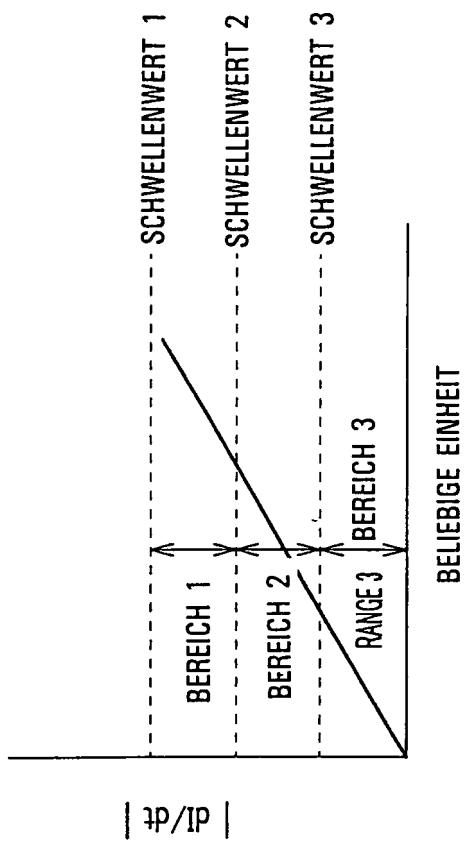


FIG. 10B

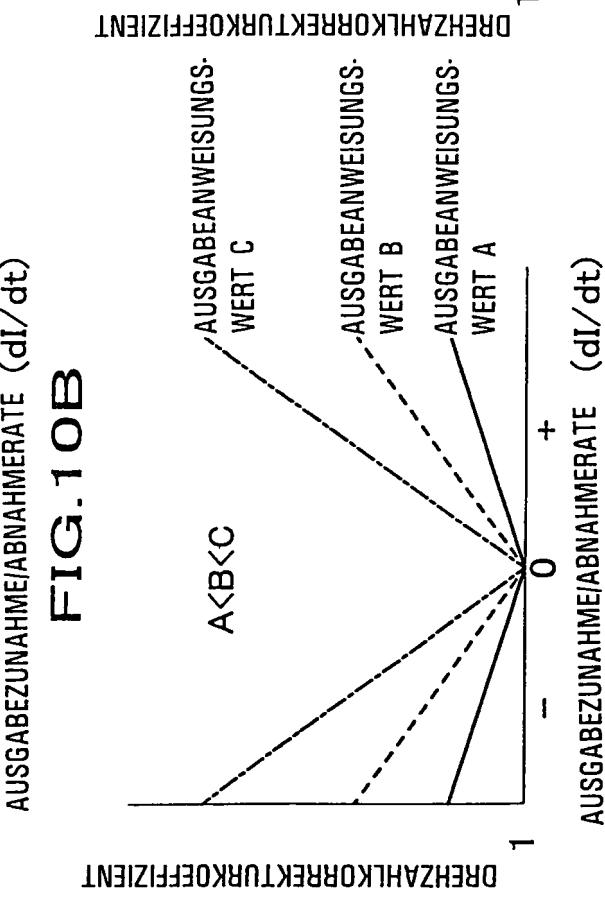


FIG. 10D

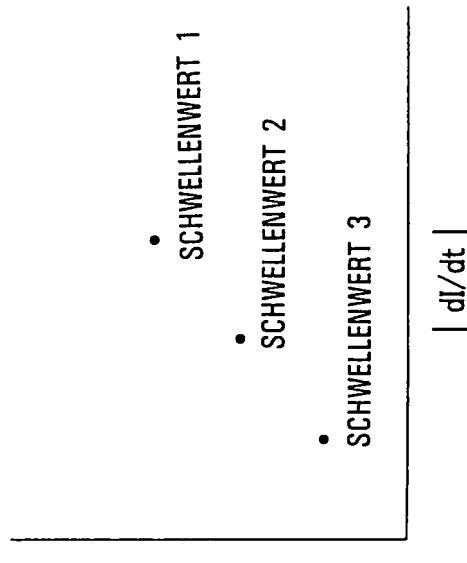


FIG. 11 A

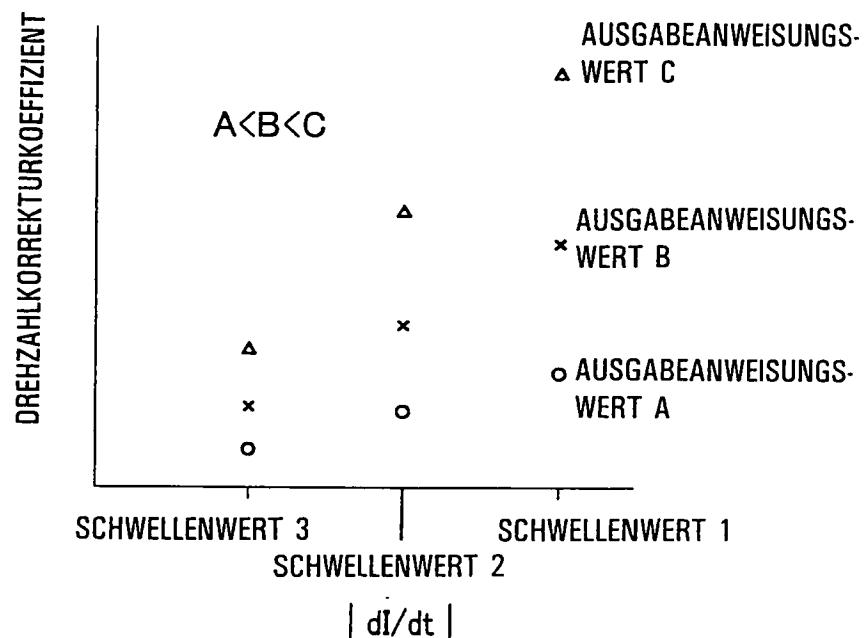


FIG. 11 B

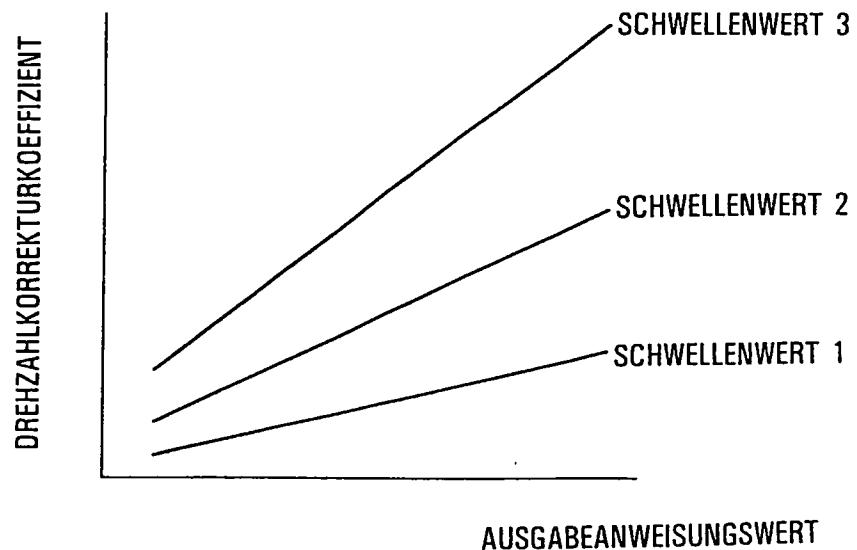


FIG. 12

[STEUERFLUSS DES SECHSTEN ANSATZES DER VIERTEN AUSFÜHRUNG]

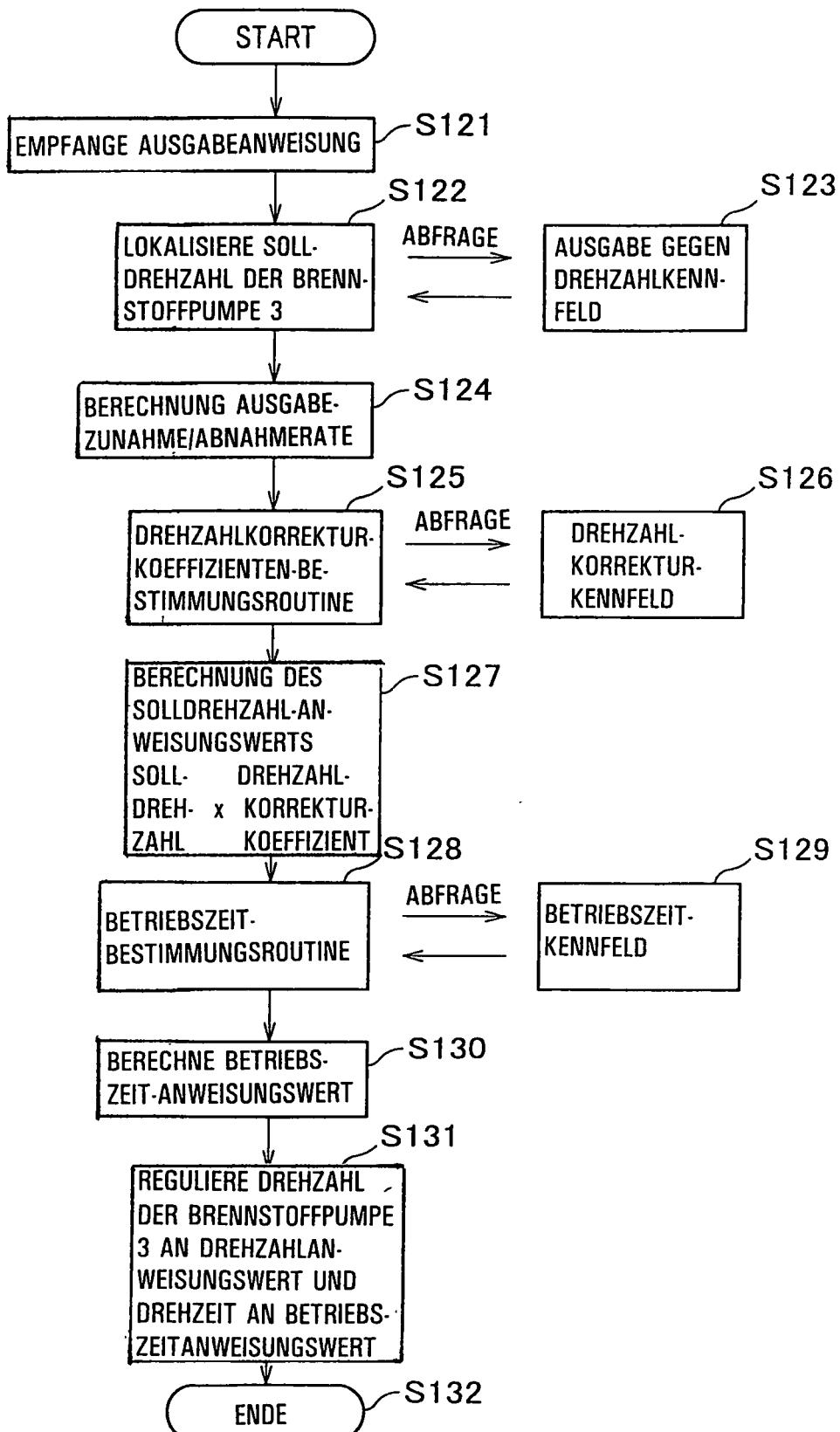


FIG. 13

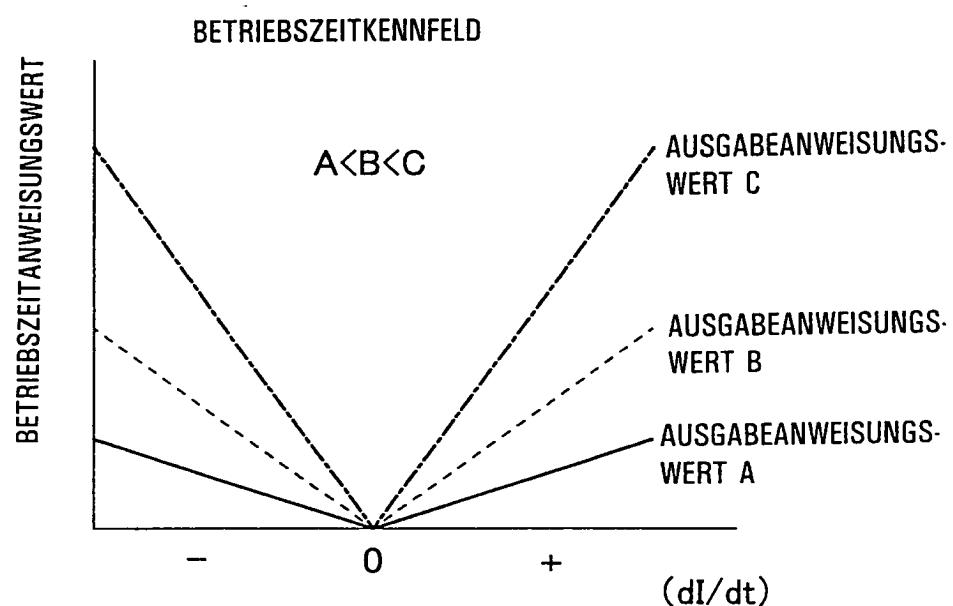


FIG. 14

[FÜNFTE AUSFÜHRUNG]

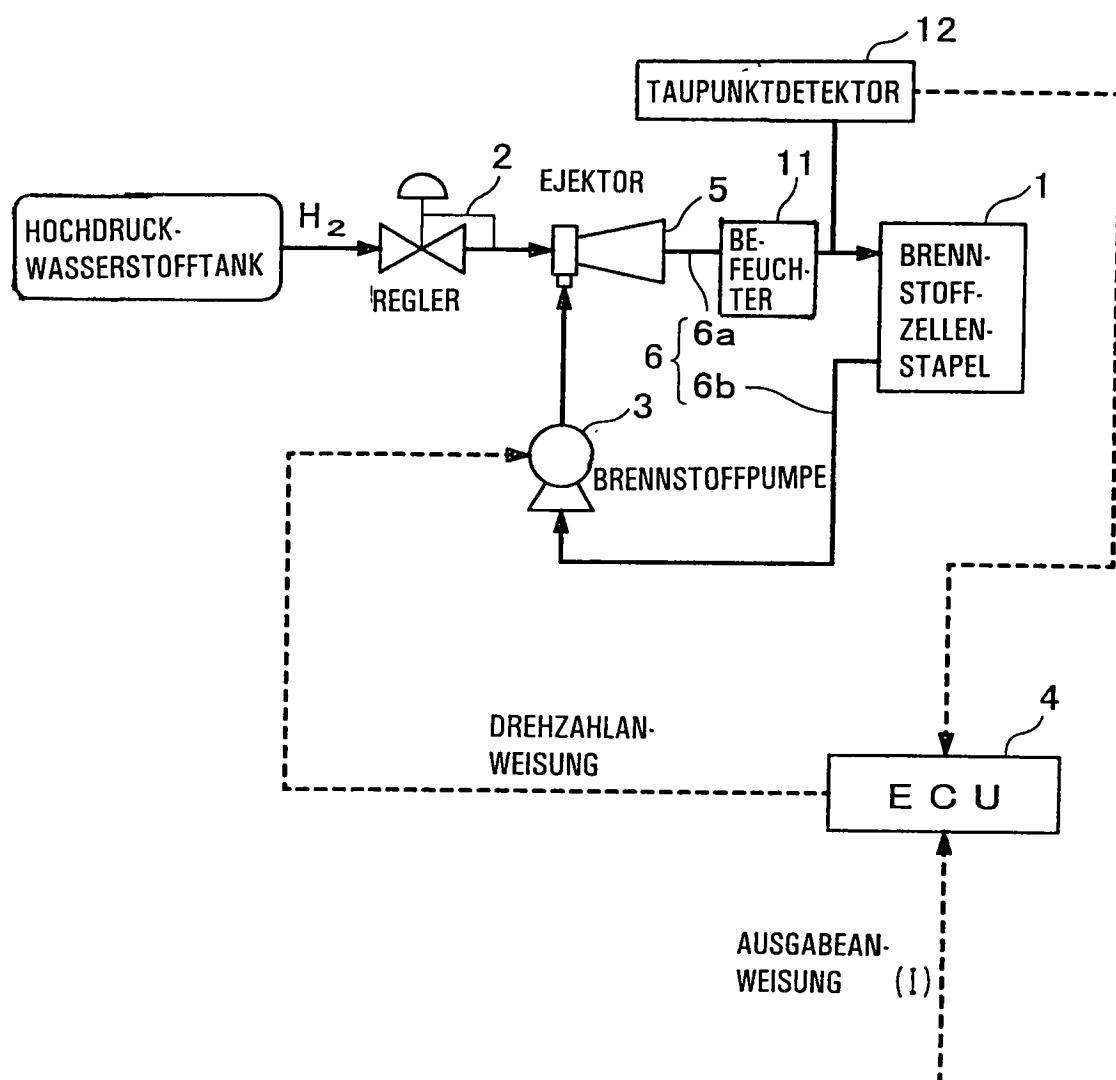


FIG. 15

[STEUERFLUSS DER FÜNTEN AUSFÜHRUNG]

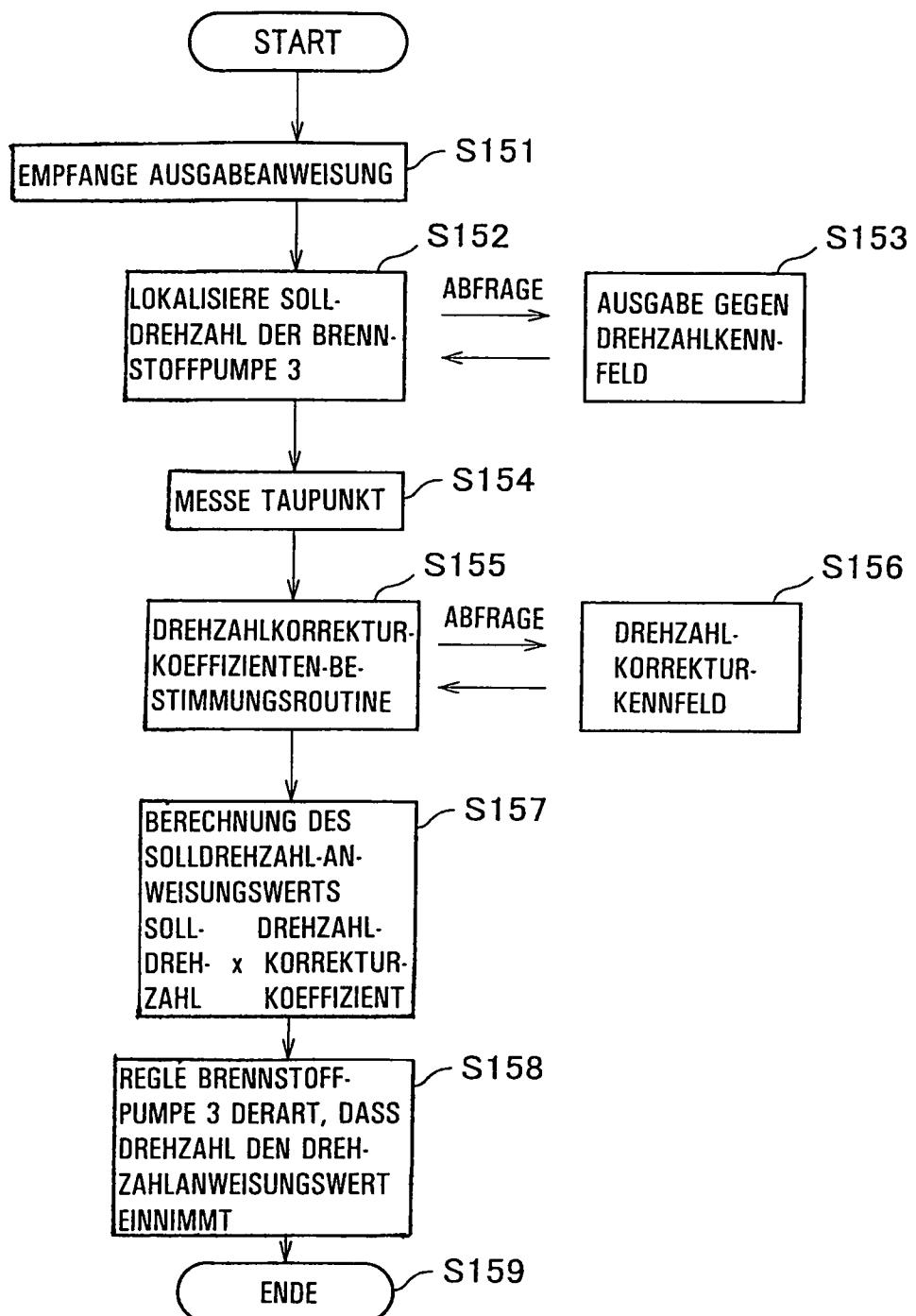


FIG. 16

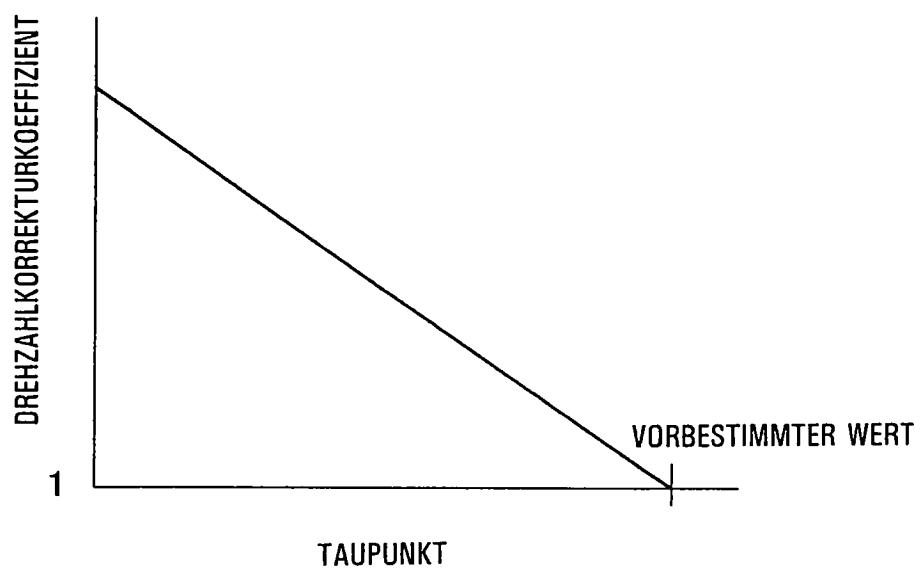


FIG. 17

[SECHSTE AUSFÜHRUNG]

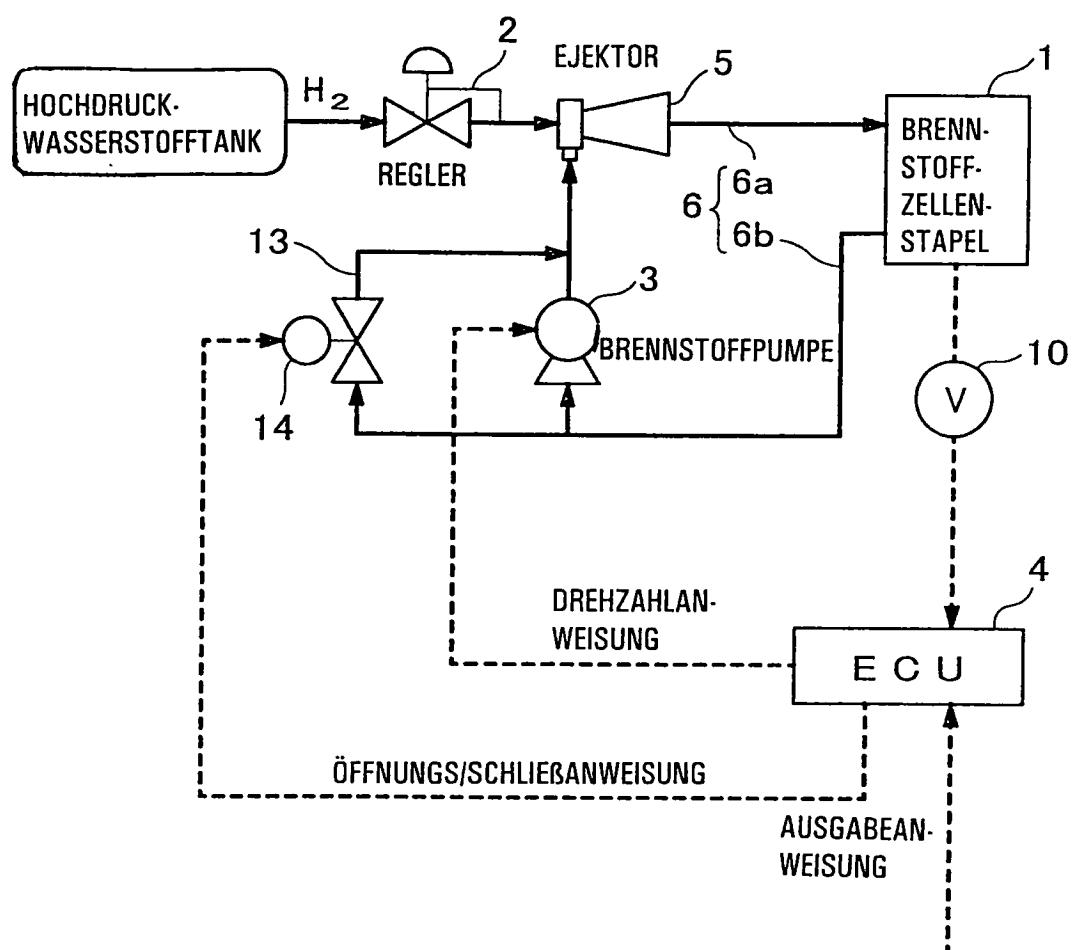


FIG. 18

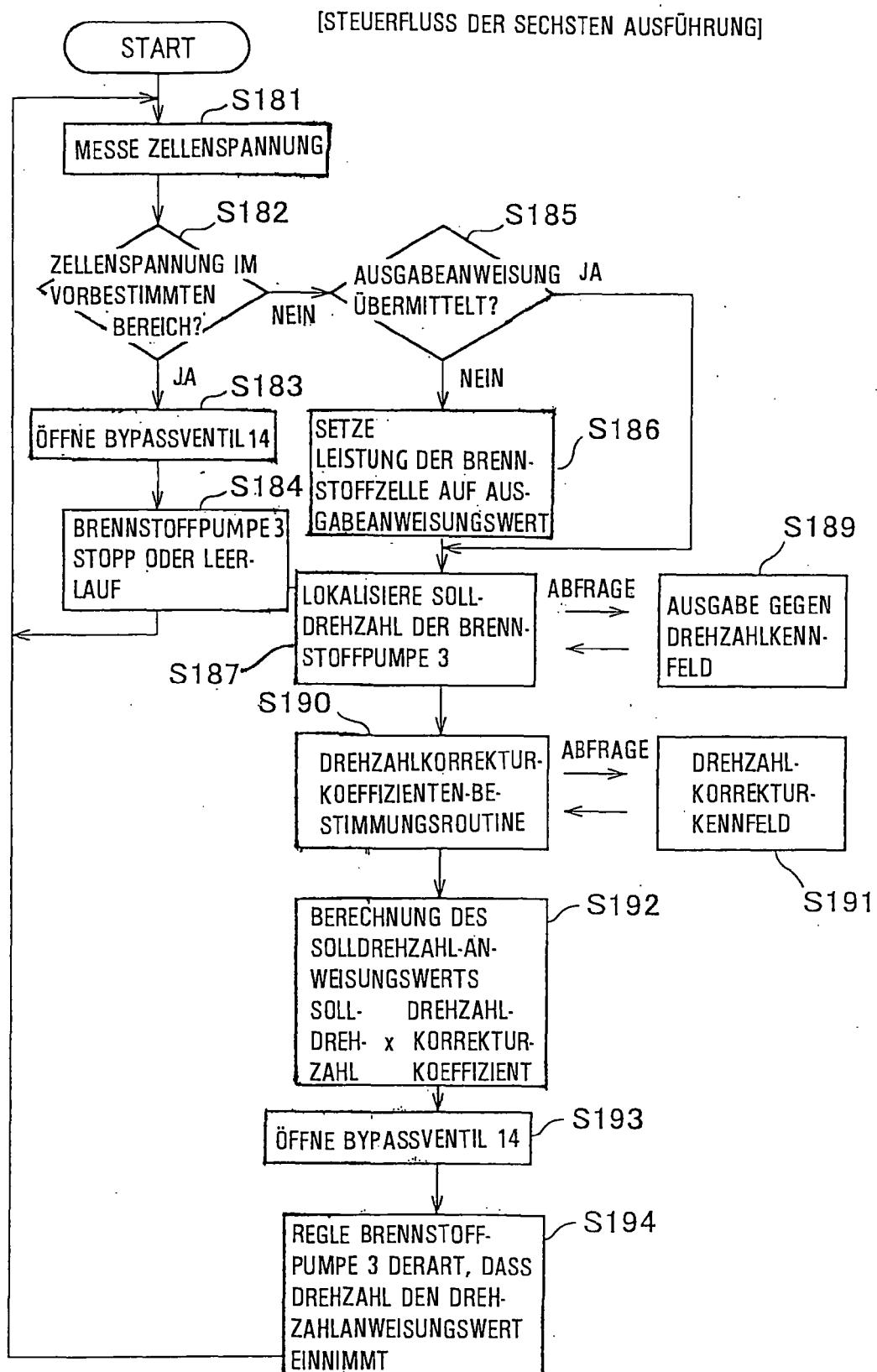
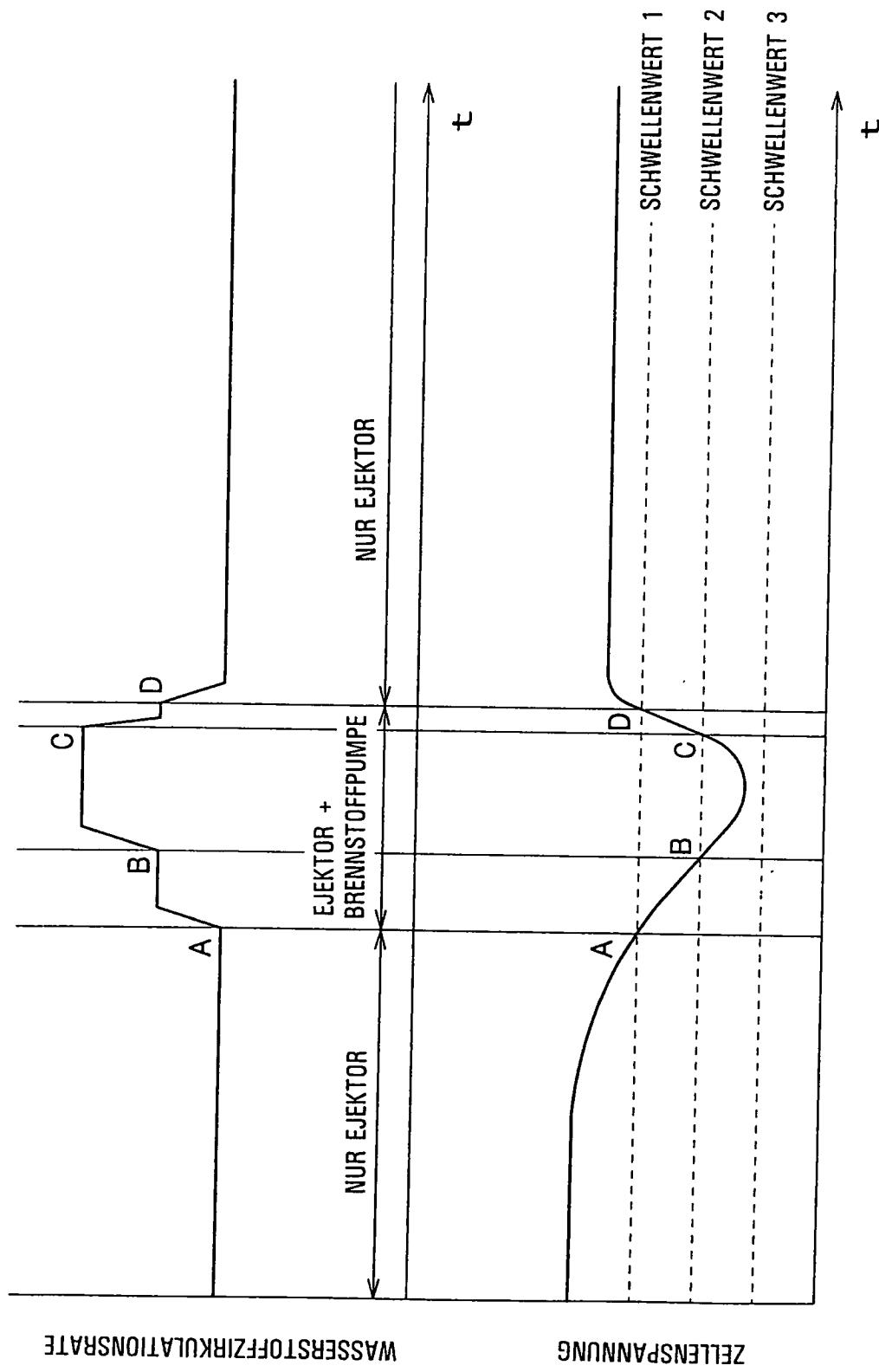
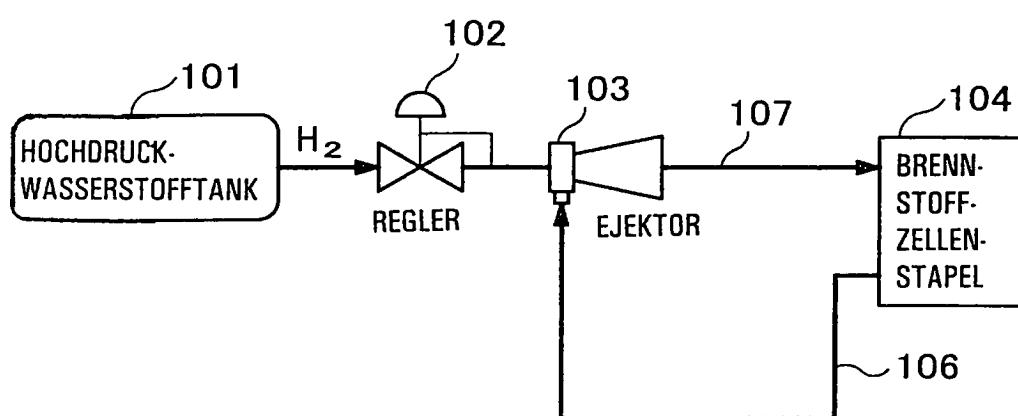


FIG. 19

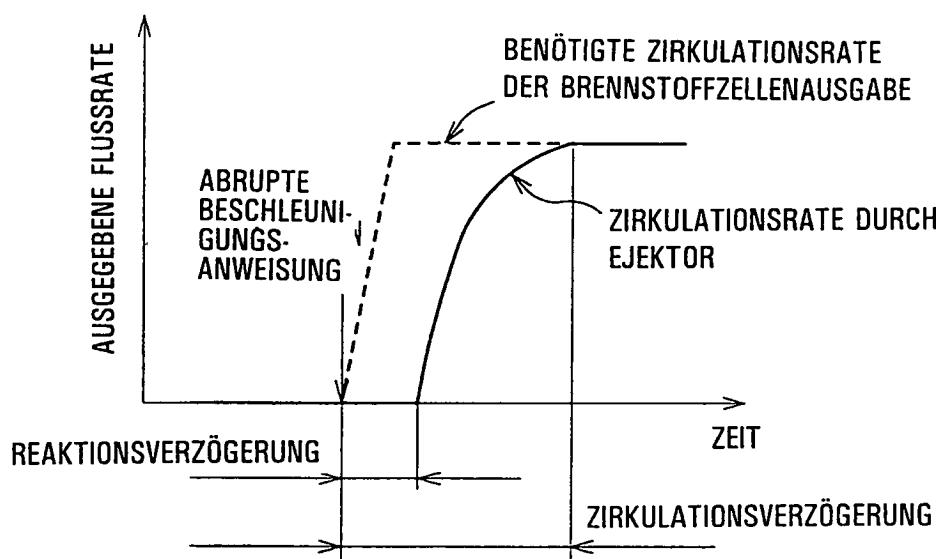
[ZEITDIAGRAMM DER SECHSTEN AUSFÜHRUNG]



**FIG.20**  
STAND DER TECHNIK



**FIG.21A**  
STAND DER TECHNIK



**FIG.21B**  
STAND DER TECHNIK

