



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2004 013 487 A1 2004.10.21

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2004 013 487.1

(22) Anmeldetag: 18.03.2004

(43) Offenlegungstag: 21.10.2004

(51) Int Cl.7: H01M 8/04
 H01M 8/02

(30) Unionspriorität:

2003/073503 18.03.2003 JP
 2004/032999 10.02.2004 JP

(71) Anmelder:

Honda Motor Co., Ltd., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:

Weickmann & Weickmann, 81679 München

(72) Erfinder:

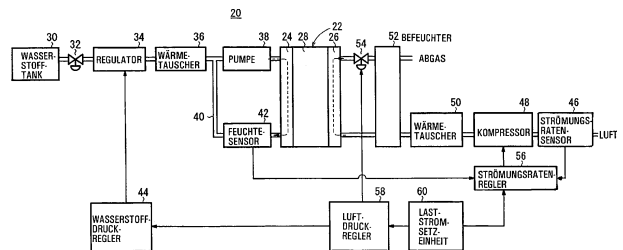
Enjoji, Naoyuki, Wako, Saitama, JP; Kawagoe, Norimasa, Wako, Saitama, JP; Suzuki, Masaharu, Wako, Saitama, JP; Wariishi, Yoshinori, Wako, Saitama, JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: Brennstoffzellensystem

(57) Zusammenfassung: Ein Feuchtigkeitssensor (42) ist in einer Zirkulationspassage (40) als Passage von Wasserstoffgas, das einer Anode (24) eines Brennstoffzellenstapels (22) zugeführt wird, angeordnet. Eine Laststromsetzeinheit (60) bestimmt einen Pegel des einer Last zugeführten elektrischen Stroms. Ein Strömungsratenregler (56) steuert/regelt einen Kompressor (48) auf der Basis der durch den Feuchtigkeitssensor (42) erfassten Feuchtigkeit und des durch die Laststromsetzeinheit (60) erfassten Laststroms, um eine Strömungsrate der einer Kathode (26) des Brennstoffzellenstapels (22) zugeführten Luft zu regulieren, um die Feuchtigkeit des Wasserstoffgases innerhalb eines vorbestimmten Bereichs von weniger als 100% zu halten. Der Brennstoffzellenstapel (22) erzeugt den Laststrom effizient, ohne das Wasserstoffgas zur Außenseite abzugeben.



Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein eine Brennstoffzelle enthaltendes Brennstoffzellensystem. Die Brennstoffzelle hat eine Anode und eine Kathode. Der Anode wird Brenngas zugeführt, und der Kathode wird sauerstoffhaltiges Gas zugeführt, um an der Anode und der Kathode elektrochemische Reaktionen zu induzieren, und in den elektrochemischen Reaktionen erzeugte Elektrizität wird einer Last zugeführt.

Stand der Technik

[0002] Z.B. verwendet eine Festpolymerelektrolytbrennstoffzelle eine Membranelektrodenanordnung (MEA), die zwei Elektroden (Anode und Kathode) sowie eine zwischen Elektroden angeordnete Elektrolytmembrane enthält. Die Elektrolytmembrane ist eine Polymerionenaustauschermembrane. Die Membranelektrodenanordnung ist zwischen einem Paar von Separatoren angeordnet. Die Membranelektrodenanordnung und die Separatoren bieten eine Zelleinheit zum Erzeugen von Elektrizität.

[0003] Fig. 8 ist eine Ansicht, die schematisch ein Brennstoffzellensystem **2** zeigt, das einen solchen Brennstoffzellenstapel **1** enthält (siehe japanische Patentoffenlegungsschrift Nr. 2002-93438). In dem Brennstoffzellensystem **2** wird Brenngas, wie etwa wasserstoffhaltiges Gas, durch einen Ejektor **3** einem Befeuchter **4** zugeführt. Nachdem das Brenngas auf eine vorbestimmte Feuchtigkeit befeuchtet ist, wird das befeuchtete Brenngas der Anode **5** zugeführt. Der Katalysator der Anode **5** induziert eine chemische Reaktion des Brenngases, um das Wasserstoffmolekül in Wasserstoffionen (Protonen) und Elektronen zu spalten. Die Wasserstoffionen bewegen sich durch die Elektrolytmembrane **6** zu der Kathode **7**, und die Elektronen fließen durch eine externe Schaltung zu der Kathode **7**, wobei ein elektrischer Gleichstrom erzeugt wird, der einer Last zugeführt wird. Ein sauerstoffhaltiges Gas, wie etwa Luft, wird einem Befeuchter **8** zugeführt. Nachdem das sauerstoffhaltige Gas auf eine vorbestimmte Feuchtigkeit befeuchtet worden ist, wird das befeuchtete sauerstoffhaltige Gas der Kathode **7** zugeführt. An der Kathode **7** verbinden sich die Wasserstoffionen von der Anode **5** mit dem Sauerstoff in dem sauerstoffhaltigen Gas, zur Erzeugung von Wasser. Nachdem der Sauerstoff in dem sauerstoffhaltigen Gas in der chemischen Reaktion teilweise verbraucht ist, werden das sauerstoffhaltige Gas und der in der chemischen Reaktion erzeugte Wasserdampf als Abgas aus dem Brennstoffzellenstapel **1** abgegeben.

[0004] Die Befeuchter **4** und **8** werden dazu benutzt, um das Wasserstoffgas und die Luft zu befeuchten,

um die Elektrolytmembrane auf einer vorbestimmten Feuchtigkeit zu halten, die für die Energieerzeugung geeignet ist. Wenn das Wasser in der Passage nahe der Anode **5** eingefangen wird, könnte das Wasserstoffgas der Anode **5** nicht ausreichend zugeführt werden, und es könnte ein unerwünschter Spannungsabfall auftreten. In einem Versuch zur Lösung des Problems ist ein Ventil **9** in dem Wasserstoffkreislauf vorgesehen. Das Ventil **9** öffnet unter einer bestimmten Bedingung, um das wasserhaltige Abgas abzugeben, sodass das Wasser in der Passage nicht gefangen und die gewünschte Spannung beibehalten werden kann.

[0005] Der unverbrauchte Wasserstoff in dem Abgas wird von der Anode **5** zur Außenseite verschwendend abgegeben. Der Verlust der unverbrauchten Wasserstoffs verringert die Kraftstoff-Wirtschaftlichkeit. Somit ist es notwendig, die Wasserstoffkonzentration in dem Wasserstoffgas (Abgas) unter einen vorbestimmten Pegel zu drücken. Die optimale Bedingung zu abgeben der minimalen Wasserstoffgasmenge muss durch verschiedene Experimente empirisch bestimmt werden. Ferner sind in dem herkömmlichen Brennstoffzellensystem ein Mechanismus zum Senken der Wasserstoffkonzentration in dem Abgas, ein Mechanismus zum Verdünnen des Wasserstoffgases sowie ein Mechanismus zum Verbrennen des Wasserstoffgases erforderlich.

Aufgabenstellung

[0006] Eine allgemeine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Brennstoffzellensystem anzugeben, in dem kontinuierlich eine stabile Energieerzeugung ausgeführt wird, ohne jegliches Abgas von der Anodenseite her abzugeben.

[0007] Eine Hauptaufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Brennstoffzellensystem anzugeben, in dem kein wasserstoffhaltiges Gas verschwendend zur Außenseite abgegeben wird und das wasserstoffhaltige Gas effizient genutzt wird, um die wirtschaftliche Energieerzeugung auszuführen.

[0008] Eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein einfaches und wirtschaftliches Brennstoffzellensystem anzugeben, in dem kein Befeuchter zum Befeuchten des wasserstoffhaltigen Gases an der Anodenseite vorgesehen ist.

[0009] Eine noch andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein einfaches und wirtschaftliches Brennstoffzellensystem anzugeben, in dem kein Mechanismus zum Verdünnen oder Verbrennen von wasserstoffhaltigem Gas vorgesehen ist.

[0010] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird die Strömungsrate des der Kathode zugeführten sauerstoffhaltigen Gases gesteuert/geregelt, um die von

der Kathode zur Anode diffundierende Wassermenge sowie die von der Anode zur Kathode durch die Wasserstoffionen (Protonen) gezogene Wassermenge (Wassermoleküle) zu regulieren. Wasserkondensation an der Anodenseite wird verhindert, und die Elektrolytmembrane wird durch das von der Kathode zur Anode diffundierte Wasser geeignet befeuchtet. Daher ist kein Befeuchter erforderlich, um das wasserstoffhaltige Gas zu befeuchten. Die gewünschte Menge an wasserstoffhaltigem Gas wird der Anode zugeführt, um die stabile Energieerzeugung auszuführen.

[0011] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird die Feuchtigkeit des wasserstoffhaltigen Gases durch einen Feuchtigkeitssensor akkurat erfasst, und die Feuchtigkeit wird in einen vorbestimmten Bereich von weniger als 100 % gesteuert/geregelt.

[0012] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird das wasserstoffhaltige Gas zirkuliert, um das unverbrauchte Wasserstoffgas der Anode zuzuführen. Somit wird das wasserstoffhaltige Gas nicht zur Außenseite abgegeben. Der Wasserstoff in dem wasserstoffhaltigen Gas wird effizient genutzt.

[0013] Gemäß der vorliegenden Erfindung werden die Strömungsrate des der Kathode zugeführten sauerstoffhaltigen Gases und die Strömungsrate des der Anode durch die Zirkulationspassage zugeführten wasserstoffhaltigen Gases gesteuert/geregelt, um die Feuchtigkeit des wasserstoffhaltigen Gases in einen vorbestimmten Bereich zu steuern/zu regeln, derart, dass das wasserstoffhaltige Gas an der Anode nicht mit Wasser gesättigt wird. Das Abgas wird nicht von der Anode abgegeben, und die gewünschte Menge an wasserstoffhaltigem Gas wird der Anode zugeführt, um die Energieerzeugung stabil auszuführen.

[0014] Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird der Befeuchtungsbetrieb des der Kathode zugeführten sauerstoffhaltigen Gases durch Betrieb des Umschaltventils gesteuert/geregelt, das mit der Bypasspassage verbunden ist, die parallel zu dem Befeuchter angeordnet ist. Somit werden die von der Kathode zur Anode diffundierte Wassermenge und die sich von der Anode zur Kathode durch die Wasserstoffionen bewegend Wassermenge eingestellt.

[0015] Die obigen und andere Ziele, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen näher ersichtlich, in denen bevorzugte Ausführungen der vorliegenden Erfindung anhand eines illustrativen Beispiels gezeigt sind.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0016] Fig. 1 ist ein Blockdiagramm, das schematisch ein Brennstoffzellensystem gemäß einer ersten Ausführung der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0017] Fig. 2 zeigt ein Modell eines Brennstoffzellenstapels;

[0018] Fig. 3 ist eine Ansicht mit Darstellung einer Beziehung zwischen der Stöchiometrie an einer Kathode und einer Feuchtigkeit an einer Anode;

[0019] Fig. 4 ist eine Ansicht mit Darstellung einer anderen Beziehung zwischen der Stöchiometrie an der Kathode und der Feuchtigkeit an der Anode;

[0020] Fig. 5 ist ein Blockdiagramm mit Darstellung eines Brennstoffzellensystems gemäß einer zweiten Ausführung der vorliegenden Erfindung;

[0021] Fig. 6 ist ein Blockdiagramm mit Darstellung eines Brennstoffzellensystems gemäß einer dritten Ausführung der vorliegenden Erfindung;

[0022] Fig. 7 ist ein Blockdiagramm mit Darstellung eines Brennstoffzellensystems gemäß einer vierten Ausführung der vorliegenden Erfindung; und

[0023] Fig. 8 ist ein Blockdiagramm mit Darstellung eines herkömmlichen Brennstoffzellensystems.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGEN

[0024] Fig. 1 ist ein Blockdiagramm mit Darstellung eines Brennstoffzellensystems **20** gemäß einer ersten Ausführung der vorliegenden Erfindung. In Fig. 1 bezeichnen die doppelten Linien Gaspassagen, und die einfachen Linien bezeichnen elektrische Signalleitungen.

[0025] Das Brennstoffzellensystem **20** enthält einen Brennstoffzellenstapel **22**. Ein Brenngas, wie etwa Wasserstoffgas, und ein sauerstoffhaltiges Gas, wie etwa Luft, werden dem Brennstoffzellenstapel **22** zugeführt, um elektrische Energie zu erzeugen, die einer Last zugeführt wird. Der Brennstoffzellenstapel **22** ist durch Stapeln einer Mehrzahl von Brennstoffzellen gebildet, die jeweils eine Anode **24**, eine Kathode **26** und eine zwischen der Anode **24** und der Kathode **26** angeordnete Elektrolytmembrane **28** enthalten. Das Wasserstoffgas wird der Anode **24** zugeführt, und die Luft wird der Kathode **26** zugeführt.

[0026] Das Wasserstoffgas wird in einem Tank **30** gespeichert. Das Wasserstoffgas wird von dem Tank **30** durch ein Ventil **32**, einen Regulator **34**, einen Wärmeaustauscher **36** und eine Pumpe **38** einem Einlass der Anode **24** zugeführt. Die Pumpe **38** ist

auch mit einem Auslass der Anode durch eine Zirkulationspassage **40** verbunden. Ein Feuchtigkeitssensor **42** zum Erfassen der Feuchtigkeit an der Anode **24** ist in der Zirkulationspassage **42** angeordnet. Das Ventil **32** wird geöffnet, wenn die Stromerzeugung gestartet wird, und geschlossen, wenn die Stromerzeugung beendet wird. Der Regulator **34** regelt den Druck des der Anode **24** zugeführten Wasserstoffgases gemäß einem Steuersignal (Steuerwert), das von einem Wasserstoffdruckregler **44** ausgegeben wird. Die Temperatur des der Anode **24** zugeführten Wasserstoffgases wird durch den Wärmeaustauscher **36** für die Stromerzeugung optimiert. Die mit der Zirkulationspassage **40** verbundene Pumpe **38** wird benutzt, um das von dem Auslass der Anode **24** abgegebene Wasserstoffgas zu dem Einlass der Anode **24** rückzuführen. Der Wasserstoff in dem Wasserstoffgas (Brenngas) wird an der Anode **24** teilweise verbraucht. Der Wasserstoff, der an der Anode **24** nicht verbraucht ist, wird wieder dem Einlass der Anode **24** zugeführt.

[0027] Die Luft wird durch einen Strömungsraten-sensor **46** einem Kompressor **48** zugeführt. Die Luft wird durch den Kompressor **48** unter Druck gesetzt und dem Einlass der Kathode **26** durch einen Wärmeaustauscher **50** und einen Befeuchter **52** zugeführt. Der Auslass der Kathode **25** ist mit der Außenseite durch ein Ventil und den Befeuchter **52** verbindbar. Der Strömungsraten-sensor **46** erfasst die Strömungsrate der der Kathode **26** zugeführten Luft. Der Kompressor **48** reguliert die Strömungsrate der der Kathode **26** zugeführten Luft entsprechend einem Steuersignal (Steuerwert), das von einem Strömungsratenregler **56** zugeführt wird. Die Temperatur der der Kathode **26** zugeführten Luft wird für die Stromerzeugung durch den Wärmeaustauscher **50** optimiert. Der Befeuchter **52** befeuchtet die Luft unter Verwendung des Wassers in dem von der Kathode **26** abgegebenen Abgas. Der Öffnungsgrad des Ventils **54** wird durch ein Steuersignal (Steuerwert), das von einem Luftdruckregler **58** ausgegeben wird, derart geregelt, dass der Druck der der Kathode **26** zugeführten Luft reguliert werden kann.

[0028] Das Brennstoffzellensystem **20** weist eine Laststromsetzeinheit **60** auf, um den Laststrom entsprechend der durch die Last benötigten elektrischen Energiemenge zu bestimmen. Die Laststromsetzeinheit **60** steuert/regelt den Luftdruckregler **58** zum Zuführen der Druckluft zu der Kathode **26**, um die der Last zugeführte erforderliche elektrische Energiemenge zu erzeugen. Der Luftdruckregler **58** steuert den Wasserstoffdruckregler **44** zum Zuführen des Wasserstoffgases zu der Anode **24** derart, dass das Verhältnis des Drucks des der Anode **24** zugeführten Wasserstoffgases in Bezug auf den Druck der der Kathode **26** zugeführten Luft optimiert ist. Ferner steuert die Laststromsetzeinheit **60** den Strömungsratenregler **56** auf der Basis des Laststroms zum Re-

gulieren der Strömungsrate der Luft derart, dass die Feuchtigkeit an der Anode **24** optimiert ist.

[0029] Das Brennstoffzellensystem **20** gemäß der ersten Ausführung ist grundlegend so aufgebaut wie oben beschrieben. Als Nächstes wird der Betrieb des Brennstoffzellensystems **20** beschrieben.

[0030] Zuerst bestimmt die Laststromsetzeinheit **60** einen der Last zugeführten Solllaststrom. Auf der Basis des durch die Laststromsetzeinheit **60** bestimmten Solllaststroms stellt der Luftdruckregler **58** den Öffnungsgrad des Ventils **54** ein, um den Druck der dem Brennstoffzellenstapel **22** zugeführten Luft zu regeln. Der Wasserstoffdruckregler **44** steuert den Regulator **34** an, um den Druck des der Anode **24** zugeführten Wasserstoffgases derart anzustellen, dass das Verhältnis des Drucks des Wasserstoffs in Bezug auf den Druck der Luft auf den optimierten Pegel reguliert wird. Der Strömungsratenregler **56** regelt den Kompressor **48**, um die Strömungsrate der dem Brennstoffzellenstapel **22** zugeführten Luft auf der Basis von Parametern einzustellen, wie etwa der von dem Strömungsraten-sensor **26** erfassten Strömungsrate der Luft und der von dem Feuchtigkeitssensor **42** erfassten Feuchtigkeit in dem Wasserstoffgas.

[0031] Das in dem Wasserstofftank **30** gespeicherte Wasserstoffgas wird durch Öffnen des Ventils **32** dem Regulator **34** zugeführt. Nachdem der Druck des Wasserstoffgases durch den Regulator **34** geregelt worden ist, wird das Wasserstoffgas dem Wärmeaustauscher **36** zugeführt. Nachdem die Temperatur des Wasserstoffgases durch den Wärmeaustauscher **36** reguliert worden ist, wird das Wasserstoffgas der Anode **24** für jede der Brennstoffzellen des Brennstoffzellenstapels **22** durch die Pumpe **38** zugeführt. Nachdem die Strömungsrate und der Druck der Luft auf der Basis des durch die Laststromsetzeinheit **60** bestimmten Laststroms reguliert sind, wird die Temperatur der Luft durch den Wärmeaustauscher **50** geregelt, und die Feuchtigkeit der Luft wird durch den Befeuchter **52** geregelt. Dann wird die Luft der Kathode **26** für jede der Brennstoffzellen des Brennstoffzellenstapels **22** zugeführt.

[0032] Das dem Brennstoffzellenstapel **22** zugeführte Wasserstoffgas wird in dem durch die Katalysatorschicht der Anode **24** induzierten elektrochemischen Reaktion in Wasserstoffionen (Protonen) und Elektronen gespalten. Die Wasserstoffionen bewegen sich durch die Elektrolytmembrane zu der Kathode **26** hin, und die Elektronen fließen durch einen externe Schaltung zu der Kathode **26**, um einen der Last zugeführten elektrischen Strom zu erzeugen. Die Luft wird der Kathode **26** zugeführt. An der Kathode **26** verbinden sich die Wasserstoffionen von der Anode **24** mit den Elektronen und Sauerstoff in der Luft, zur Erzeugung von Wasser.

[0033] Nachdem der Wasserstoff an der Kathode **26** teilweise verbraucht ist, werden die restliche Luft und das an der Kathode **26** erzeugte Wasser als Abgas durch das Ventil **54** und den Befeuchter **52** zur Außenseite ausgegeben. Der Befeuchter **52** nutzt das Wasser in dem Abgas zum Befeuchten der der Kathode **26** zugeführten Luft. Auf diese Weise wird die Elektrolytmembrane **28** des Brennstoffzellenstapels **22** durch das Wasser in der Luft geeignet befeuchtet. Das Wasser in der Luft und das während der Stromerzeugung erzeugte Wasser werden zur Anode **24** diffundiert, um das Wasserstoffgas zu befeuchten, und das befeuchtete Wasserstoffgas wird auch dazu genutzt, die Feuchtigkeit an der Elektrolytmembrane **28** auf dem gewünschten Pegel zu halten. Demzufolge wird die Stromerzeugung zuverlässig auf dem gewünschten Spannungspegel ausgeführt. Nachdem der Wasserstoff an der Anode **24** teilweise verbraucht ist, wird das Wasserstoffgas durch die Pumpe **38** rückgeführt, um den restlichen Wasserstoff in dem Wasserstoffgas zu nutzen. Somit wird die effiziente Stromerzeugung kontinuierlich ausgeführt.

[0034] In der ersten Ausführung wird die Strömungsrate der dem Brennstoffzellenstapel **22** zugeführten Luft durch den Strömungsratenregler **56** reguliert. Ohne jeden Befeuchter in dem System zum Zuführen des Wasserstoffgases zu der Anode **24** wird die Feuchtigkeit des Wasserstoffgases auf dem optimalen Pegel gehalten. Das Wasserstoffgas wird nicht verschwenderisch zur Außenseite abgegeben. Die Stromerzeugung zum Zuführen elektrischer Energie zu der Last wird stabil auf dem gewünschten Spannungspegel ausgeführt.

[0035] Fig. 2 zeigt ein Modell des Brennstoffzellenstapels **22**. Die Wassermenge, die von der Kathode **26** zur Anode **24** durch Rückdiffusion diffundiert wird, wird durch die folgende bekannte Gleichung (1) berechnet:

$$\gamma = Dw(Hm) \times (Cwc(Hc) - Cwa(Ha))/tm \quad (1)$$

wobei t_m die Dicke der Elektrolytmembrane **28** ist, $Dw(Hm)$ der Wasserdiffusionskoeffizient in der Elektrolytmembrane **28** ist, $Cwc(Hc)$ die Wasserdichte an der Grenze zwischen der Kathode **26** und der Elektrolytmembrane **28** ist, $Cwa(Ha)$ die Wasserdichte an der Grenze zwischen der Anode **24** und der Elektrolytmembrane **28** ist. Der Wasserdiffusionskoeffizient $Dw(Hm)$ ist von der Feuchtigkeit Hm in der Membranelektrodenanordnung **28** abhängig. Die Wasserdichte $Cwc(Hc)$ ist von der mittleren Feuchtigkeit an der Kathode **26** (Kathodenfeuchtigkeit Hc) abhängig. Die Wasserdichte $Cwa(Ha)$ ist von der durchschnittlichen Feuchtigkeit an der Anode **28** (Anodenfeuchtigkeit Ha) abhängig.

[0036] Die an der Anode **24** erzeugten Wasserstoffionen (Protonen) bewegen sich zusammen mit den

Wassermolekülen zu der Kathode **26** hin. Die Wassermenge, die sich durch elektroosmotischen Wassersog von der Anode **24** zu der Kathode **26** bewegt, wird durch die folgende bekannte Gleichung (2) berechnet:

$$\delta = nd(Hm) \times M(l)$$

wobei $nd(Hm)$ die Anzahl der ein Wasserstoffion begleitenden Wassermoleküle ist, $M(l)$ die Molzahl der bewegenden Wasserstoffionen ist. Die Anzahl der Wasserstoffmoleküle $nd(Hm)$ ist von der Feuchtigkeit Hm in der Elektrolytmembrane **28** abhängig, und die Molzahl der bewegenden Wasserstoffionen $M(l)$ ist von dem durch den Brennstoffzellenstapel **22** erzeugten Laststrom I abhängig.

[0037] Das Wasserstoffgas in der Zirkulationspassage **40**, die die Passage zum Zuführen des Wasserstoffgases zu der Anode **24** enthält, muss geeignet befeuchtet werden. Daher ist der Feuchtigkeitssensor **42** in der Zirkulationspassage **40** vorgesehen, um die durchschnittliche Feuchte des Wasserstoffgases innerhalb eines vorbestimmten gewünschten Bereichs von weniger als 100 % zu regeln.

[0038] Die durchschnittliche Feuchtigkeit (Anodenfeuchtigkeit) Ha des Wasserstoffgases wird bestimmt durch die Differenz $(\gamma - \delta)$ zwischen der Wassermenge, die von der Kathode **26** zu der Anode **24** durch Rückdiffusion diffundiert, und der Wassermenge, die sich von der Anode **24** zur Kathode **26** durch den elektroosmotischen Wassersog bewegt. Die Differenz $(\gamma - \delta)$ wird mittels der Gleichungen (1) und (2) berechnet und ist von der durchschnittlichen Feuchtigkeit Hc der der Kathode **26** zugeführten Luft abhängig und ist auch von dem durch den Brennstoffzellenstapel **22** erzeugten Laststrom I abhängig. Die durchschnittliche Feuchtigkeit Hc an der Kathode **26** kann geregelt werden, indem die Strömungsrate der Luft reguliert wird, die von dem Kompressor **48** der Kathode **26** zugeführt wird. Wenn die Strömungsrate der der Kathode **26** zugeführten Luft erhöht wird, werden das an der Kathode **26** erzeugte Wasser und das Abgas effizient zur Außenseite abgegeben. Daher nimmt die durchschnittliche Feuchtigkeit Hc ab. Wenn die Strömungsrate der der Kathode **26** zugeführten Luft gesenkt wird, wird das Wasser nicht glattgängig zur Außenseite abgegeben. Daher nimmt die durchschnittliche Feuchtigkeit Hc zu.

[0039] Fig. 3 ist eine Ansicht mit Darstellung einer Beziehung zwischen der Stöchiometrie Sc an der Kathode **26** und der Feuchtigkeit an der Anode **24** (Anodenfeuchtigkeit Ha), wenn ein Laststrom I_1 erzeugt wird. Die Stöchiometrie Sc an der Kathode **26** wird auf der Basis der der Kathode **26** zugeführten Luftmenge berechnet (die der Kathode **26** zugeführte Luftmenge/die durch Stromerzeugung verbrauchte Sauerstoffmenge in der Luft). Die durchschnittliche

Feuchtigkeit Hain am Einlass der Anode **24** und die durchschnittliche Feuchtigkeit Haout am Auslass der Anode **24** werden als die Anodenfeuchtigkeit Ha verwendet.

[0040] Fig. 4 ist eine Ansicht mit Darstellung einer anderen Beziehung zwischen der Stöchiometrie Sc an der Kathode **26** und der Feuchtigkeit an der Anode (Anodenfeuchtigkeit Ha), wenn ein Laststrom I2 erzeugt wird. Der Wert des Laststroms I2 ist größer als der Wert des Laststroms I1. Ähnlich werden die durchschnittliche Feuchtigkeit Hain am Einlass der Anode **24** und die durchschnittliche Feuchtigkeit Haout am Auslass der Anode **24** als die Anodenfeuchtigkeit Ha verwendet.

[0041] Der Strömungsratenregler **56** verwendet z.B. die in den Fig. 3 und 4 gezeigten Beziehungen, die als Nachschlagetabelle gespeichert sind, zum Ansteuern des Kompressors **48**. Insbesondere steuert der Strömungsratenregler **26** den Kompressor **48** auf der Basis des Werts des Laststroms I, der durch die Laststromsetzeinheit **60** bestimmt ist, sowie der durchschnittlichen Feuchtigkeit des Wasserstoffgases an der Anode **24** (Anodenfeuchtigkeit Ha), die durch den Feuchtigkeitssensor **42** erfasst ist. Der Kompressor **48** reguliert die Strömungsrate der der Kathode **26** zugeführten Luft derart, dass die Stöchiometrie Sc einen vorbestimmten Wert hat, um die Anodenfeuchtigkeit Ha innerhalb eines vorbestimmten gewünschten Bereichs (z.B. 70 bis 80 %) kleiner als 100 % zu halten. Sowohl die Kathode **26** als auch die Anode **24** des Brennstoffzellenstapels **22** werden durch das der Kathode **26** zugeführte Wasser ausreichend befeuchtet. Demzufolge kann der Brennstoffzellenstapel **26** die Stromerzeugung effizient ausführen.

[0042] Die Strömungsrate der der Kathode **26** zugeführten Luft wird derart reguliert, dass die Kathodenstöchiometrie SC einen ausreichenden Wert hat, um zu ermöglichen, dass der Brennstoffzellenstapel **22** den erforderlichen Laststrom I erzeugt. Gleichzeitig wird die Kathodenstöchiometrie SC derart reguliert, dass die Anodenfeuchtigkeit Ha einen hohen Wert, um die zum Antrieb des Kompressors **48** benötigte elektrische Energie zu minimieren. Somit wird die in dem Brennstoffzellenstapel **22** erzeugte elektrische Energie nicht verschwenderisch verbraucht.

[0043] Fig. 5 ist eine Ansicht mit Darstellung eines Brennstoffzellensystems **70** gemäß einer zweiten Ausführung der vorliegenden Erfindung. Die Bauteile, die mit jenen des in Fig. 1 gezeigten Brennstoffzellensystems **20** identisch sind, sind mit der gleichen Bezugszahl markiert, und eine Beschreibung davon wird weggelassen.

[0044] Das Brennstoffzellensystem **70** hat eine Bypasspassage **72** zum Abführen des Abgases von

dem Auslass der Kathode **26** des Brennstoffzellenstapels **22**, ohne durch den Befeuchter **52** hindurchzutreten. Ein Schaltventil **74** ist in der Bypasspassage **72** angeordnet. Das Schaltventil **74** wird durch einen Ventilregler **76** auf der Basis der von dem Feuchtigkeitssensor **42** erfassten durchschnittlichen Feuchtigkeit des Wasserstoffgases (Anodenfeuchtigkeit Ha) und des Laststroms I geöffnet oder geschlossen. Der Strömungsratenregler **78** reguliert die Strömungsrate der Luft durch Regeln des Kompressors **48**, um den gewünschten Pegel der Kathodenstöchiometrie SC zu erreichen, der ausreicht, um den durch die Laststromsetzeinheit **60** bestimmten Laststrom I zu erzeugen.

[0045] In dem Brennstoffzellensystem **70** wird der Ventilregler **74** derart angesteuert, dass die durch den Feuchtigkeitssensor **42** erfasste durchschnittliche Feuchtigkeit des Wasserstoffgases (Anodenfeuchtigkeit Ha) in einem vorbestimmten gewünschten Bereich gehalten wird (z.B. 60 bis 70 %).

[0046] Insbesondere wenn die durch den Feuchtigkeitssensor **42** erfasste Anodenfeuchtigkeit Ha zunimmt, öffnet der Ventilregler **26** das Schaltventil **74** zum direkten Abgeben des Abgases zur Außenseite, d.h. durch die Bypasspassage **72**. Das an der Kathode **26** erzeugte Wasser wird glattgängig zur Außenseite abgegeben und daher nimmt die Feuchtigkeit an der Kathode **26** ab. Demzufolge nimmt die von der Kathode **26** zur Anode **24** diffundierte Wassermenge ab, und die Anodenfeuchtigkeit Ha wird auf den Optimalwert reguliert, um Wasserkondensation zu verhindern. Wenn die Anodenfeuchtigkeit Ha unter einen vorbestimmten Wert abnimmt, wird das Schaltventil **74** geschlossen und das von der Kathode **26** abgegebene Abgas wird dem Befeuchter **52** zugeführt. Der Befeuchter **52** verwendet das Wasser in dem Abgas, um die der Kathode **26** zugeführte Luft zu befeuchten. Das Wasser wird von der Kathode **26** zur Anode **24** diffundiert. Auf diese Weise wird die Anodenfeuchtigkeit Ha in dem gewünschten Bereich gehalten.

[0047] Wie oben beschrieben, wird der Ventilregler **76** dazu verwendet, das Schaltventil **74** zu öffnen oder zu schließen. Der Öffnungsgrad des Schaltventils **74** kann in Abhängigkeit von der Feuchtigkeit des Wasserstoffgases eingestellt werden, und das Verhältnis des durch den Befeuchter **52** tretenden Abgases und des durch die Bypasspassage **72** tretenden Abgases kann eingestellt werden.

[0048] In den ersten und zweiten Ausführungen wird der mit der Zirkulationspassage **40** verbundene Feuchtigkeitssensor **42** verwendet, um die Feuchtigkeit des Wasserstoffgases direkt zu erfassen. Die Strömungsrate der Luft wird auf der Basis des erfassten Werts reguliert. In einer alternativen Ausführung kann die Feuchtigkeit an der Anode **24** ohne den

Feuchtigkeitssensor **42** reguliert werden, sodass Wasserkondensation nicht auftritt.

[0049] Insbesondere wird bei jedem möglichen Laststrompegel (z.B. mit einem Intervall von 0,1 A) die Stromerzeugungsleistung des Brennstoffzellenstapels **22** gemessen, indem verschiedene Bedingungen verändert werden, wie etwa die Feuchtigkeit an der Anode **24**, die Feuchtigkeit an der Kathode **26** (die der Kathode **26** zugeführte Wassermenge), der Druck, die Strömungsrate und die Temperatur des Wasserstoffgases und der Luft zum Bestimmen der optimalen Bedingungen zum zuverlässigen Ausführen der effizienten Stromerzeugung, ohne Wasserkondensation). Es wird nämlich die optimale Stromerzeugungsbedingung in Abhängigkeit vom Pegel des Laststroms bestimmt. Die Datentabelle der optimalen Stromerzeugungsbedingung (Beziehung zwischen dem gemessenen Druck, der Strömungsrate, Temperatur und den optimalen Steuer/Regelwerten) wird benutzt, um die Steuerwerte ohne Erfassung der Feuchtigkeit zu bestimmen, um den Brennstoffzellenstapel **22** zu steuern/zu regeln, um die optimale Stromerzeugung auszuführen.

[0050] Die optimale Stromerzeugungsbedingung während der signifikanten Änderung des Laststroms wird ebenfalls bestimmt. Z.B. werden die Beziehungen zwischen dem gemessenen Druck, der Strömungsrate, der Temperatur und der Änderung der optimalen Steuerwerte pro Zeiteinheit programmiert, und der Brennstoffzellenstapel **22** wird entsprechend dem Programm angesteuert, um die optimale Stromerzeugung auszuführen.

[0051] Fig. 6 ist eine Ansicht mit Darstellung eines Brennstoffzellensystems **80** gemäß einer dritten Ausführung der vorliegenden Erfindung. Das Brennstoffzellensystem **80** hat im Wesentlichen die gleiche Struktur wie das Brennstoffzellensystem **20** gemäß der ersten Ausführung, unterscheidet sich von dem Brennstoffzellensystem **20** aber darin, dass das Brennstoffzellensystem **20** nicht den in Fig. 1 gezeigten Feuchtigkeitssensor **42** enthält. Die Bauteile, die mit jenen des in Fig. 1 gezeigten Brennstoffzellensystems **20** identisch sind, sind mit der gleichen Bezugszahl markiert, und eine Beschreibung davon wird weggelassen.

[0052] Der Anodenfeuchtigkeitsregler **82** verwendet eine Datentabelle zum Steuern/Regeln der Feuchtigkeit an der Anode **24**. Die Datentabelle enthält eine Beziehung zwischen dem Pegel des durch die Laststromsetzeinheit **60** bestimmten Laststroms und der durch den Strömungsratenregler **56** bestimmten erforderlichen Luftströmungsrate, den Druck und der Temperatur der Luft und des Wasserstoffgases oder dgl., d.h. die optimale Betriebsbedingung, in der Wasserkondensation an der Anode **24** nicht auftritt. Parameter wie etwa der Druck und die Temperatur

können durch Sensoren an dem Brennstoffzellensystem **80** erhalten werden.

[0053] Nachdem der gewünschte Laststrom bestimmt ist, liefert der Anodenfeuchtigkeitsregler **82** gemäß der Datentabelle Strömungsratendaten der Luft, die keine Wasserkondensation hervorrufen, zu dem Strömungsratenregler **56** zum Betreiben des Kompressors **48**, und liefert die Strömungsratendaten des Wasserstoffgases, die keine Wasserkondensation hervorrufen, zu dem Pumpenregler **84** zum Betreiben der Pumpe **38**. Auf diese Weise kann der Brennstoffzellenstapel **22** den effizienten Betrieb stabil ausführen.

[0054] Fig. 7 ist eine Ansicht einer Darstellung eines Brennstoffzellensystems **90** gemäß einer vierten Ausführung der vorliegenden Erfindung. Das Brennstoffzellensystem **90** hat im Wesentlichen die gleiche Struktur wie das Brennstoffzellensystem **70** der zweiten Ausführung, unterscheidet sich von dem Brennstoffzellensystem **70** jedoch darin, dass das Brennstoffzellensystem **90** nicht den in Fig. 5 gezeigten Feuchtigkeitssensor **42** enthält. Die Bauteile, die mit jenen des in Fig. 5 gezeigten Brennstoffzellensystems **70** identisch sind, sind mit den gleichen Bezugszahlen markiert, und eine Beschreibung davon wird weggelassen.

[0055] Der Anodenfeuchtigkeitsregler **92** verwendet eine Datentabelle zum Steuern/Regeln der Feuchtigkeit an der Anode **24**. Die Datentabelle enthält eine Beziehung zwischen dem Pegel des von der Laststromsetzeinheit **60** bestimmten Laststroms und dem durch den Ventilregler **76** bestimmten Schaltzyklus des Schaltventils **74**, der erforderlichen Strömungsrate des Wasserstoffgases, die durch den Pumpenregler **94** zum Steuern/Regeln der Pumpe **38** bestimmt ist, sowie dem Druck und der Temperatur der Luft und des Wasserstoffgases oder dgl., d.h. die optimale Betriebsbedingung, in der Wasserkondensation an der Anode **24** nicht auftritt. Z.B. wird der Parameter des Schaltzyklus durch den Ventilregler **76** auf der Basis der erforderlichen Feuchtigkeit an der Kathode **26** bestimmt. Die Feuchtigkeit an der Kathode **26** wird durch Zuführen der Luft zu dem Befeuchter **52** reguliert.

[0056] Nachdem der gewünschte Laststrom bestimmt ist, liefert, gemäß der Datentabelle, der Anodenfeuchtigkeitsregler **92** die Daten des Schaltzyklus, die keine Wasserkondensation an dem Ventilregler **76** hervorrufen, um das Schaltventil **74** zu öffnen und zu schließen, und liefert die Strömungsratendaten des Wasserstoffgases zu dem Pumpenregler **94** zum Betreiben der Pumpe **38**. Somit kann der Brennstoffzellenstapel **22** die stabile Stromerzeugung ausführen.

[0057] Wie oben beschrieben, wird in den ersten bis

vierten Ausführungen das an der Kathode **26** bei der Stromerzeugung erzeugte Wasser zu der Anode **24** hin diffundiert. Das Wasserstoffgas wird ausreichend befeuchtet, ohne Wasserkondensation hervorzurufen. Somit kann der Brennstoffzellenstapel **22** die Stromerzeugung in der optimierten Betriebsbedingung ausführen. Die der Last zugeführte elektrische Energie kann effizient erzeugt werden.

[0058] Obwohl das Wasser zu der Anode **24** diffundiert wird, um das Wasserstoffgas zu befeuchten, tritt an der Anode **24** keine Wasserkondensation auf. Es ist nicht erforderlich, das überschüssige Wasser von der Anodenseite zusammen mit dem Wasserstoffgas abzuführen. Somit wird das Wasserstoffgas in der Stromerzeugung effizient genutzt.

[0059] Als der Feuchtigkeitssensor **42** wird ein Feuchtigkeitsmesser oder ein Taupunktmesser verwendet. Wenn der Taupunktmesser verwendet wird, dann wird der gemessene Taupunkt in den Wert der Feuchtigkeit geeignet umgewandelt, da der Taupunkt und die relative Feuchtigkeit in direkter Beziehung stehen. Gemäß der vorliegenden Erfindung ist es auch bevorzugt, dass der Taupunkt an der Anode **24** auf der Basis des durch den Feuchtigkeitssensor **42** erhaltenen Erfassungswert reguliert wird.

[0060] Ein Feuchtigkeitssensor (**42**) ist in einer Zirkulationspassage (**40**) als Passage von Wasserstoffgas, das einer Anode (**24**) eines Brennstoffzellenstapels (**22**) zugeführt wird, angeordnet. Eine Laststromsetzeinheit (**60**) bestimmt einen Pegel des einer Last zugeführten elektrischen Stroms. Ein Strömungsratenregler (**56**) steuert/regelt einen Kompressor (**48**) auf der Basis der durch den Feuchtigkeitssensor (**42**) erfassten Feuchtigkeit und des durch die Laststromsetzeinheit (**60**) erfassten Laststroms, um eine Strömungsrate der einer Kathode (**26**) des Brennstoffzellenstapels (**22**) zugeführten Luft zu regulieren, um die Feuchtigkeit des Wasserstoffgases innerhalb eines vorbestimmten Bereichs von weniger als 100 % zu halten. Der Brennstoffzellenstapel (**22**) erzeugt den Laststrom effizient, ohne das Wasserstoffgas zur Außenseite abzugeben.

Patentansprüche

1. Brennstoffzellensystem, das eine Brennstoffzelle (**22**) mit einer Anode (**24**) und einer Kathode (**26**) umfasst, worin ein wasserstoffhaltiges Gas der Anode (**24**) zugeführt wird und ein sauerstoffhaltiges Gas der Kathode (**26**) zugeführt wird, um einen Laststrom zu erzeugen, wobei das Brennstoffzellensystem ferner umfasst:
einen Befeuchter (**52**) zum Befeuchten des der Kathode (**26**) der Brennstoffzelle (**22**) zugeführten sauerstoffhaltigen Gases;
einen Sauerstoffhaltiges-Gas-Strömungsratenregler (**56**) zum Steuern/Regeln einer Strömungsrate des

der Kathode (**26**) zugeführten sauerstoffhaltigen Gases derart, dass die Feuchtigkeit des wasserstoffhaltigen Gases innerhalb eines vorbestimmten Bereichs von weniger als 100 % gehalten wird.

2. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1, das ferner einen Feuchtigkeitssensor (**42**) umfasst, um die Feuchtigkeit des wasserstoffhaltigen Gases zu erfassen.

3. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 2, das ferner eine Zirkulationspassage (**40**) umfasst, um das wasserstoffhaltige Gas zu zirkulieren, um das wasserstoffhaltige Gas der Anode (**24**) zuzuführen, worin der Feuchtigkeitssensor (**42**) in der Zirkulationspassage (**40**) angeordnet ist.

4. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1, ferner umfassend: eine Zirkulationspassage (**40**) zum Zirkulieren des Wasserstoffgases, um das wasserstoffhaltige Gas der Anode (**24**) zuzuführen; und einen Wasserstoffhaltiges-Gas-Strömungsratenregler (**84**), worin der Sauerstoffhaltiges-Gas-Strömungsratenregler (**56**) eine Strömungsrate des der Kathode (**26**) zugeführten sauerstoffhaltigen Gases steuert/regelt und der Wasserstoffhaltiges-Gas-Strömungsratenregler (**84**) eine Strömungsrate des der Anode (**24**) zugeführten wasserstoffhaltigen Gases steuert/regelt, derart, dass die Feuchtigkeit des wasserstoffhaltigen Gases in einem vorbestimmten Bereich von weniger als 100 % gehalten wird.

5. Brennstoffzellensystem, das eine Brennstoffzelle (**22**) mit einer Anode (**24**) und einer Kathode (**26**) umfasst, worin ein wasserstoffhaltiges Gas der Anode (**24**) zugeführt wird und ein sauerstoffhaltiges Gas der Kathode (**26**) zugeführt wird, um einen Laststrom zu erzeugen, wobei das Brennstoffzellensystem ferner umfasst:
einen Befeuchter (**52**) zum Befeuchten des der Kathode (**26**) der Brennstoffzelle (**22**) zugeführten sauerstoffhaltigen Gases; und ein Schaltventil (**74**);
eine Bypasspassage (**72**) als Passage des den Befeuchter (**52**) umgehenden sauerstoffhaltigen Gases; und
einen Ventilregler (**76**) zum Steuern/Regeln des Schaltventils (**74**) derart, dass das sauerstoffhaltige Gas selektiv durch den Befeuchter (**52**) und die Bypasspassage (**72**) hindurchtritt, um die Feuchtigkeit des wasserstoffhaltigen Gases in einem vorbestimmten Bereich von weniger als 100 % zu halten.

6. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 5, das ferner einen Feuchtigkeitssensor (**42**) umfasst, um die Feuchtigkeit des wasserstoffhaltigen Gases zu erfassen, worin der Ventilregler (**76**) eine Strömungsrate des durch den Befeuchter (**52**) oder die Bypasspassage (**72**) strömenden sauerstoffhaltigen Gases steuert/regelt, um die Feuchtigkeit des wasserstoffhaltigen Gases in einem vorbestimmten Bereich von

weniger als 100 % zu halten.

7. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 6, das ferner eine Zirkulationspassage (40) umfasst, um das wasserstoffhaltige Gas zu zirkulieren, um das wasserstoffhaltige Gas der Anode (24) zuzuführen, worin der Feuchtigkeitssensor (42) in der Zirkulationspassage (40) angeordnet ist.

8. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 5, ferner umfassend:
eine Zirkulationspassage (40) zum Zirkulieren des wasserstoffhaltigen Gases zum Zuführen des wasserstoffhaltigen Gases zu der Anode (24); und
einen Wasserstoffhaltiges-Gas-Strömungsratenregler (94) zum Steuern/Regeln einer Strömungsrate des durch die Zirkulationspassage (40) zirkulierenden wasserstoffhaltigen Gases,
worin der Ventilregler (76) eine Strömungsrate des der Kathode (26) zugeführten sauerstoffhaltigen Gases steuert/regelt und der Wasserstoffhaltiges-Gas-Strömungsratenregler (94) eine Strömungsrate des der Anode (24) zugeführten wasserstoffhaltigen Gases steuert/regelt, derart, dass die Feuchtigkeit des wasserstoffhaltigen Gases in einem vorbestimmten Bereich von weniger als 100 % gehalten wird.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

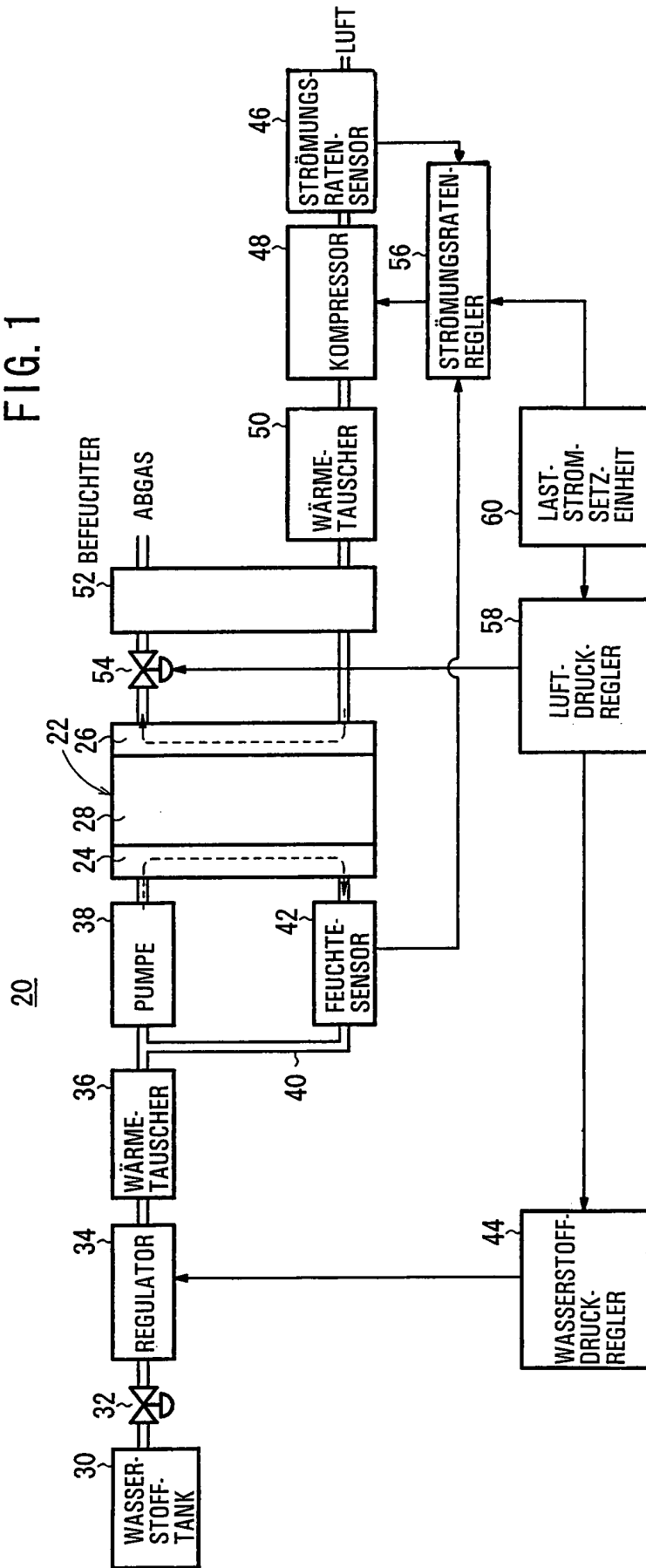


FIG. 2

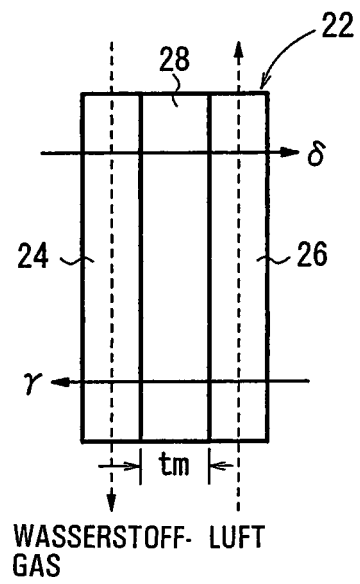


FIG. 3

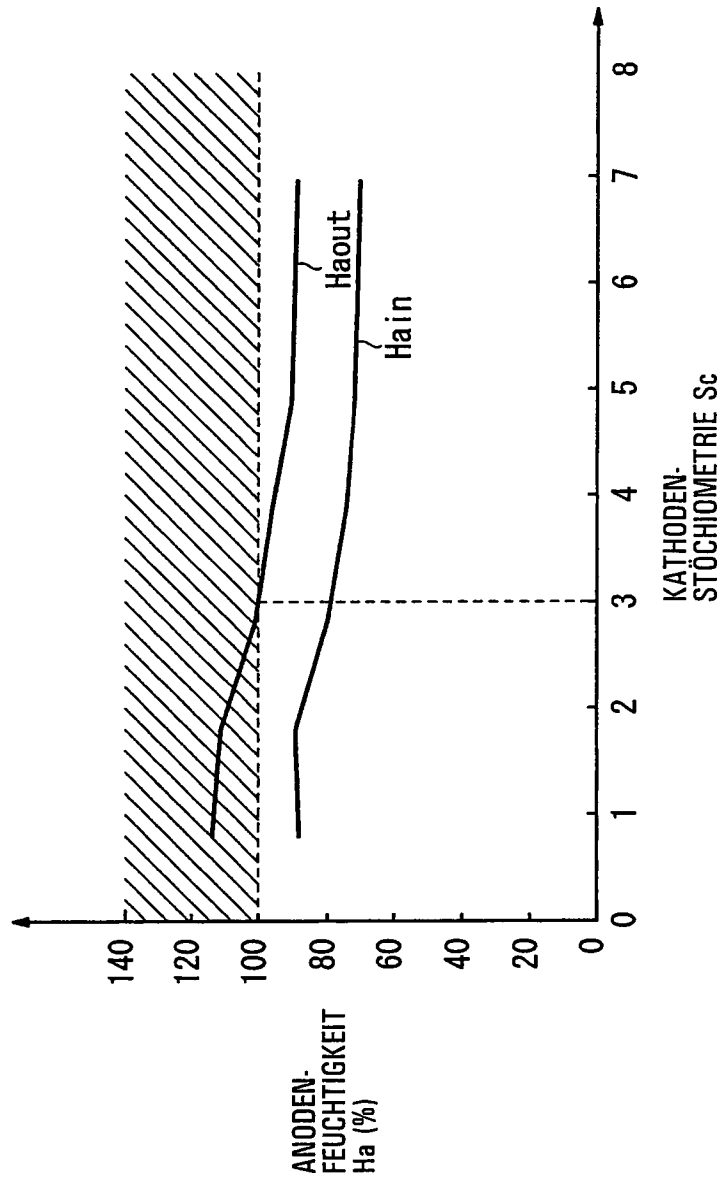
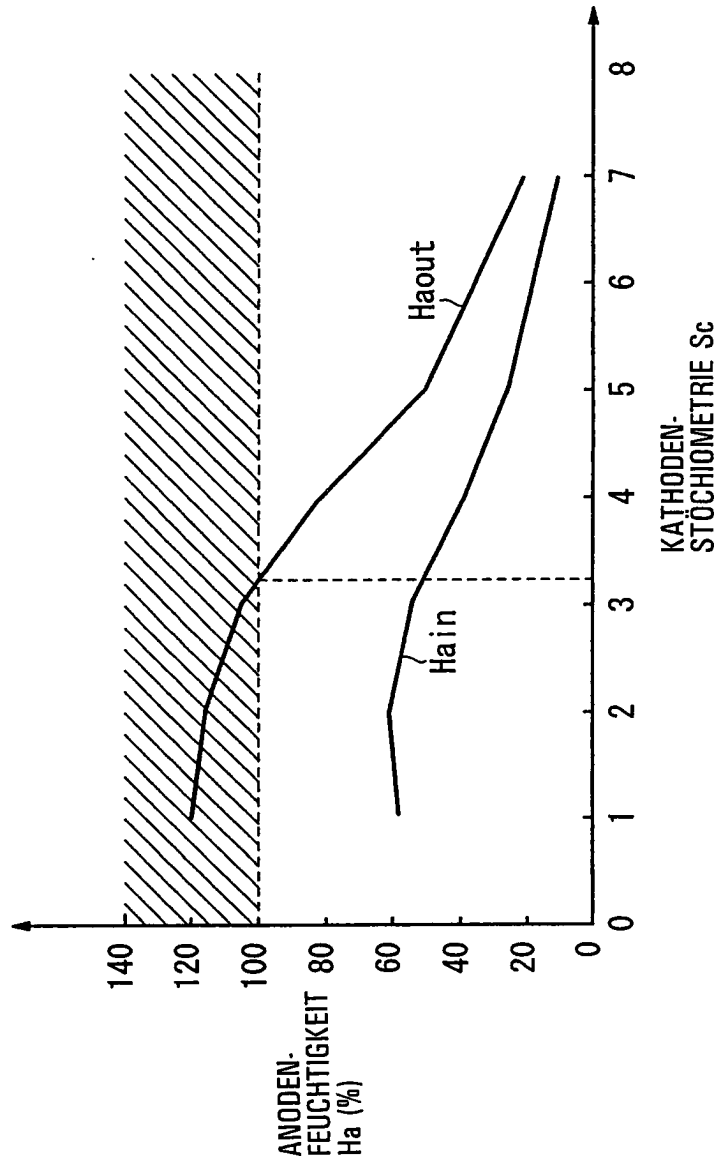


FIG. 4



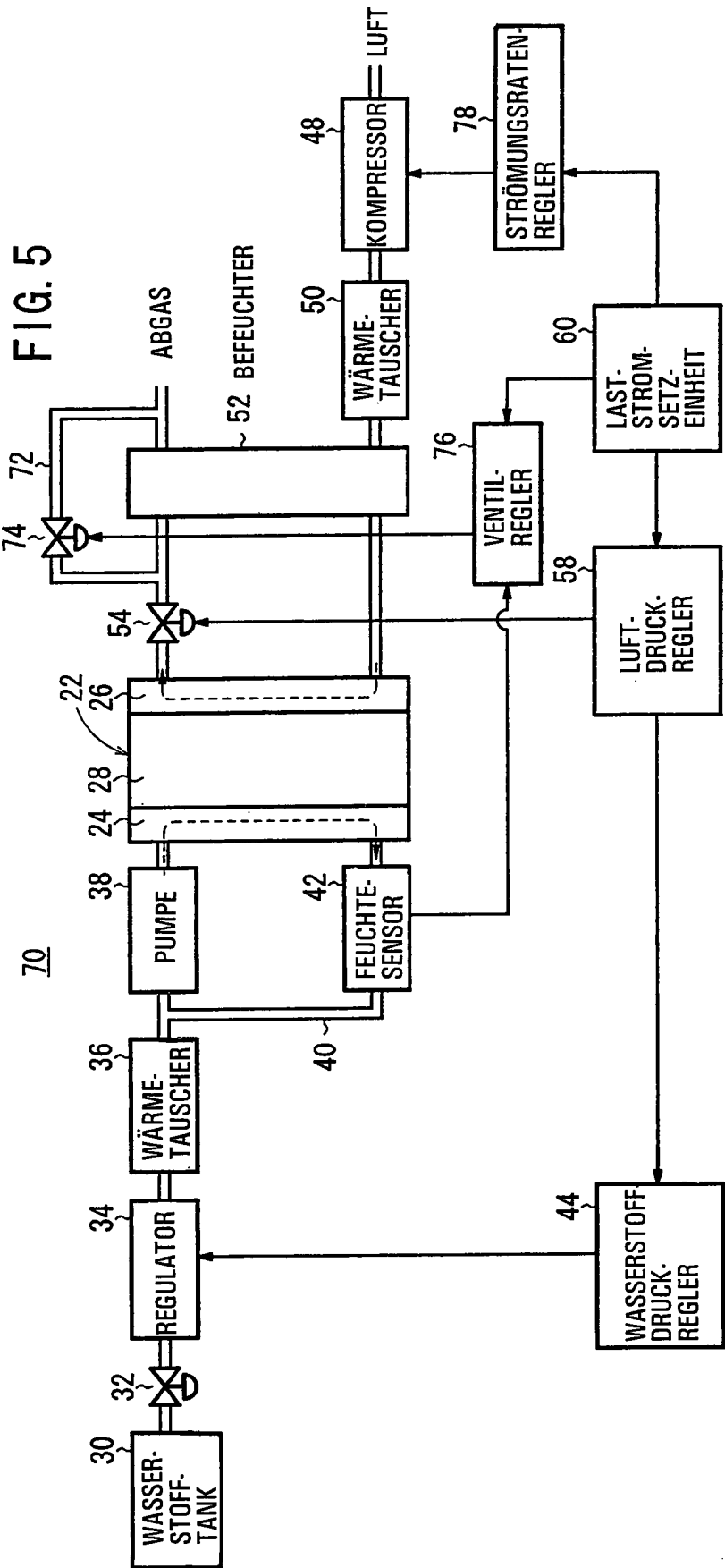
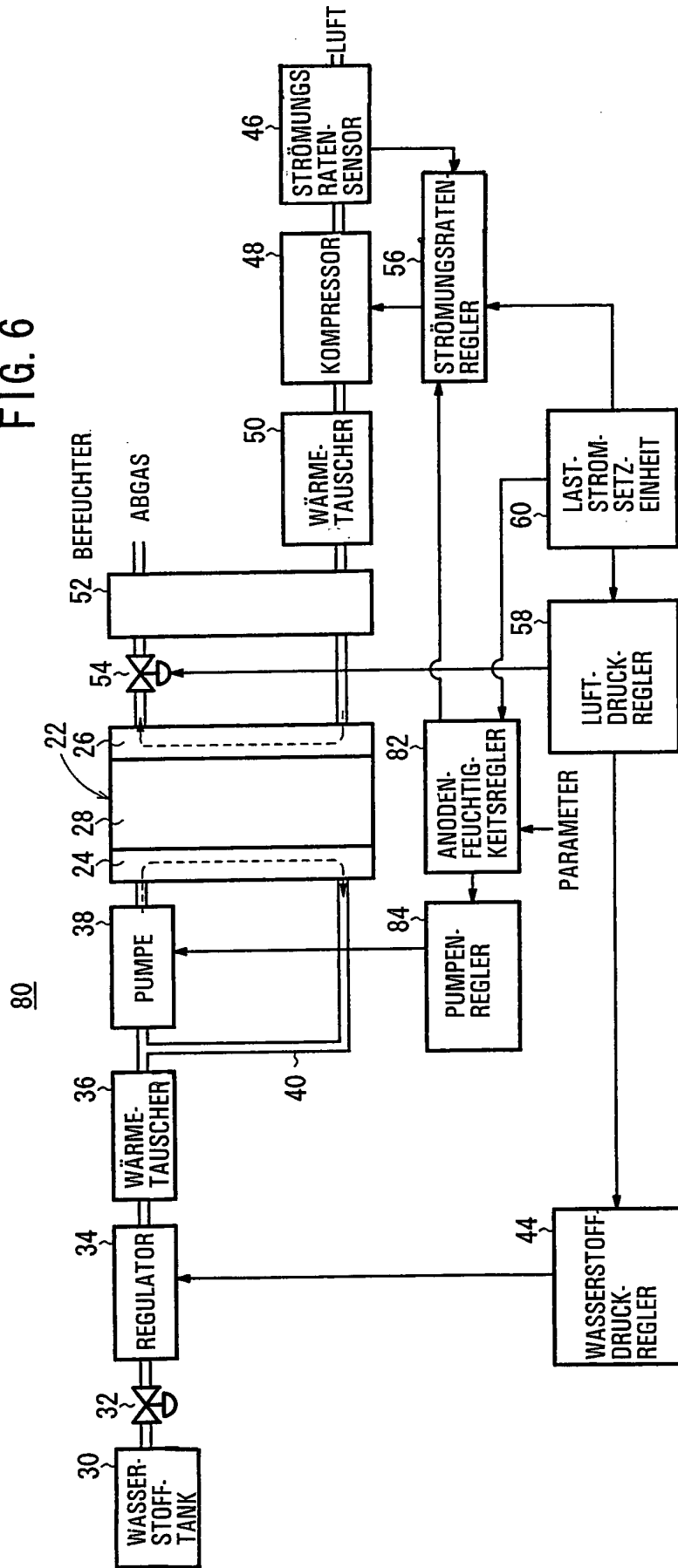


FIG. 6



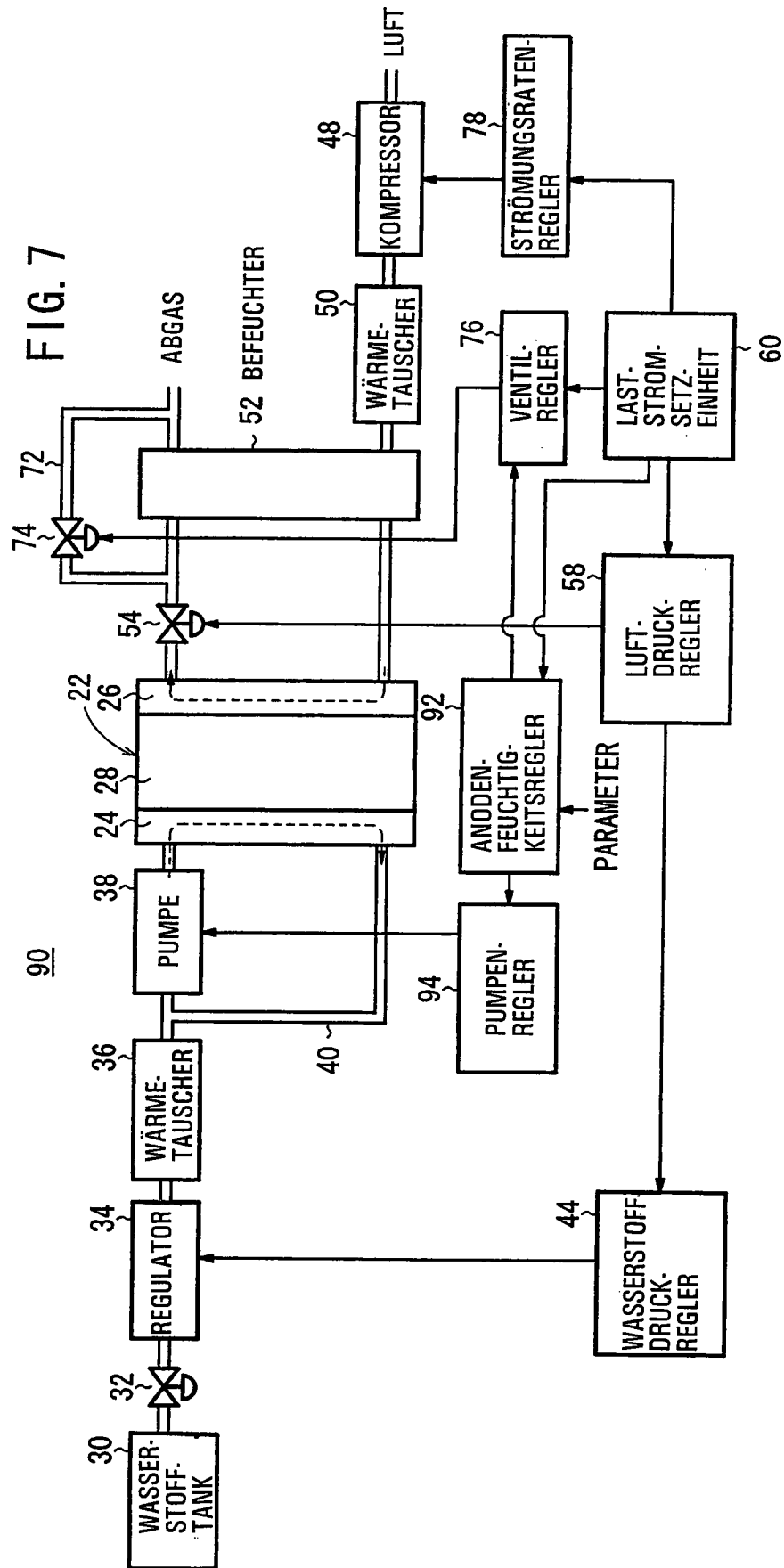


FIG. 8

