



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 026 330.0**

(22) Anmeldetag: **06.06.2007**

(43) Offenlegungstag: **03.01.2008**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **26.07.2012**

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

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
11/449,931 09.06.2006 US

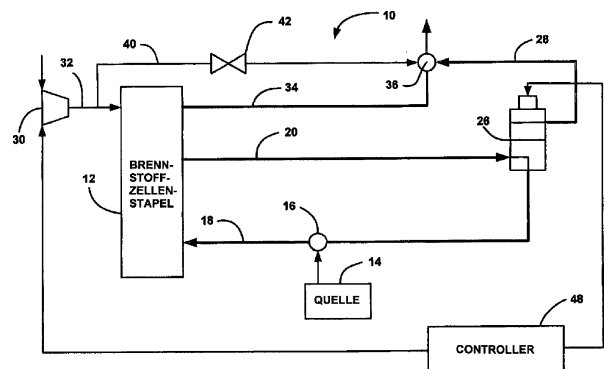
(73) Patentinhaber:
**GM Global Technology Operations LLC (n. d. Ges.
d. Staates Delaware), Detroit, Mich., US**

(74) Vertreter:
**Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80336,
München, DE**

(72) Erfinder:
**Arthur, David A., Honeoye Falls, N.Y., US; Alp,
Abdullah B., Rochester, N.Y., US**

(54) Bezeichnung: **Brennstoffzellensystem und Verfahren zum Begrenzen der Wasserstoffkonzentration im gemischten Abgas eines Brennstoffzellenstapels**

(57) Hauptanspruch: Brennstoffzellensystem (10), mit:
einem Brennstoffzellenstapel (12);
einer Kathodeneingangsleitung (32), die Kathodeneingangs-
luft an den Brennstoffzellenstapel (12) liefert;
einer Anodeneingangsleitung (18), die ein Anodeneingangs-
gas an den Brennstoffzellenstapel (12) liefert;
einer Kathodenausgangsleitung (34), die ein Kathodenab-
gas von dem Brennstoffzellenstapel (12) liefert;
einer Anodenausgangsleitung (20), die ein Anodenabgas
von dem Brennstoffzellenstapel (12) liefert;
einer Mischverzweigung (36) zum Mischen des Kathoden-
abgases und des Anodenabgases; und
einem Controller (48), der zur Begrenzung der Konzentri-
on von Wasserstoff in dem gemischten Kathoden- und An-
odenabgas eingerichtet ist;
dadurch gekennzeichnet, dass
der Controller (48) derart eingerichtet ist, dass er eine Druck-
differenz zwischen der Anodenausgangsleitung (20) und der
Kathodenausgangsleitung (34), bei der der Anodenabgas-
druck höher als der Kathodenabgasdruck ist, so beibehält,
dass die Konzentration von Wasserstoff unter einem vorbe-
stimmten Prozentsatz bleibt.



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

1. Gebiet der Erfindung

[0001] Diese Erfindung betrifft allgemein ein Brennstoffzellensystem gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 12 zur Steuerung des Betriebs eines Brennstoffzellenstapels. Ein derartiges System bzw. Verfahren ist beispielsweise aus der US 6,887,609 B2 bekannt geworden.

2. Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Wasserstoff ist ein sehr attraktiver Brennstoff, da er rein ist und dazu verwendet werden kann, effizient Elektrizität in einer Brennstoffzelle zu erzeugen. Eine Wasserstoffbrennstoffzelle ist eine elektrochemische Vorrichtung, die eine Anode und eine Kathode mit einem Elektrolyt dazwischen aufweist. Die Anode nimmt Wasserstoffgas auf, und die Kathode nimmt Sauerstoff oder Luft auf. Das Wasserstoffgas wird in der Anode aufgespalten, um freie Protonen und Elektronen zu erzeugen. Die Protonen gelangen durch den Elektrolyt an die Kathode. Die Protonen reagieren mit dem Sauerstoff und den Elektronen in der Kathode, um Wasser zu erzeugen. Die Elektronen von der Anode können nicht durch den Elektrolyt gelangen und werden somit durch eine Last geführt, in der sie Arbeit verrichten, bevor sie an die Kathode geliefert werden.

[0003] Protonenaustauschmembran-Brennstoffzellen (PEMFC) stellen eine populäre Brennstoffzelle für Fahrzeuge dar. Die PEMFC weist allgemein eine protonenleitende Festpolymerelektrolytmembran auf, wie eine Perfluorsulfonsäuremembran. Die Anode und die Kathode weisen typischerweise fein geteilte katalytische Partikel, gewöhnlich Platin (Pt), auf, die auf Kohlenstoffpartikeln getragen und mit einem Ionomer gemischt sind. Die katalytische Mischung wird auf entgegengesetzten Seiten der Membran abgeschieden. Die Kombination der katalytischen Anodenmischung, der katalytischen Kathodenmischung und der Membran definiert eine Membranelektrodenanordnung (MEA). MEAs sind relativ teuer herzustellen und erfordern bestimmte Bedingungen für einen effektiven Betrieb.

[0004] Typischerweise werden mehrere Brennstoffzellen in einem Brennstoffzellenstapel kombiniert, um die gewünschte Leistung zu erzeugen. Beispielsweise kann ein typischer Brennstoffzellenstapel für ein Fahrzeug zweihundert oder mehr gestapelte Brennstoffzellen aufweisen. Der Brennstoffzellenstapel nimmt ein Kathodeneingangsreaktandengas, typischerweise eine Strömung aus Luft auf, die durch einen Kompressor über den Stapel getrieben wird.

Es wird nicht der gesamte Sauerstoff von dem Stapel verbraucht, und ein Teil der Luft wird als ein Kathodenabgas ausgegeben, das Wasser als ein Stapelnebenprodukt enthalten kann. Der Brennstoffzellenstapel nimmt auch ein Anodenwasserstoffreaktandengas auf, das in die Anodenseite des Stapels strömt. Der Stapel weist auch Strömungskanäle auf, durch die ein Kühlfluid strömt.

[0005] Der Brennstoffzellenstapel weist eine Serie von Bipolarplatten auf, die zwischen den verschiedenen MEAs in dem Stapel positioniert sind, wobei die Bipolarplatten und die MEAs zwischen zwei Endplatten positioniert sind. Die Bipolarplatten weisen eine Anodenseite und eine Kathodenseite für benachbarte Brennstoffzellen in dem Stapel auf. Auf der Anodenseite der Bipolarplatten sind Anodengasströmungskanäle vorgesehen, die ermöglichen, dass das Anodenreaktandengas an die jeweilige MEA strömen kann. Auf der Kathodenseite der Bipolarplatten sind Kathodengasströmungskanäle vorgesehen, die ermöglichen, dass das Kathodenreaktandengas an die jeweilige MEA strömen kann. Eine Endplatte weist Anodengasströmungskanäle auf, und die andere Endplatte weist Kathodengasströmungskanäle auf. Die Bipolarplatten und die Endplatten bestehen aus einem leitenden Material, wie rostfreiem Stahl oder einem leitenden Komposit. Die Endplatten leiten die von den Brennstoffzellen erzeugte Elektrizität aus dem Stapel heraus. Die Bipolarplatten weisen auch Strömungskanäle auf, durch die ein Kühlfluid strömt.

[0006] Für Kraftfahrzeuganwendungen benötigt es typischerweise etwa 400 Brennstoffzellen, um die gewünschte Leistung bereitzustellen. Da in Brennstoffzellensystemkonstruktionen für Kraftfahrzeuge so viele Brennstoffzellen für den Stapel erforderlich sind, wird der Stapel manchmal in zwei Unterstapel aufgeteilt, von denen jeder etwa 200 Brennstoffzellen aufweist, da es schwierig ist, eine gleichmäßige Strömung von Wasserstoffgas durch so viele parallele Brennstoffzellen effektiv bereitzustellen.

[0007] In der Technik ist es vorgeschlagen worden, ein Schalten der Stapelreihenfolge oder ein Verlagern der Strömung in einem Brennstoffzellensystem vorzusehen, das geteilte Stapel verwendet. Insbesondere sind geeignete Ventile und eine geeignete Verrohrung in dem System vorgesehen, so dass auf eine zyklische Weise das Anodenabgas, das einen ersten Unterstapel verlässt, an den Anodeneingang eines zweiten Unterstapels geliefert wird, und das Anodenabgas, das den zweiten Unterstapel verlässt, an den Anodeneingang des ersten Unterstapels geliefert wird.

[0008] Es ist erwünscht, dass die Verteilung von Wasserstoff in den Anodenströmungskanälen in dem Brennstoffzellenstapel für einen ordnungsgemäßen Betrieb des Brennstoffzellenstapels im Wesentlichen

konstant ist. Daher ist es in der Technik bekannt, mehr Wasserstoff in den Brennstoffzellenstapel einzuführen, als es für eine bestimmte Ausgangslast des Stapels erforderlich ist, so dass das Anodengas gleichmäßig verteilt wird. Jedoch ist aufgrund dieser Anforderung die Menge an Wasserstoff in dem Anodenabgas erheblich und würde zu einem geringen Systemwirkungsgrad führen, wenn dieser Wasserstoff nicht genutzt würde. Daher ist es in der Technik bekannt, das Anodenabgas zur Wiederverwendung des nicht genutzten Wasserstoffes zurück an den Anodeneingang zu rezirkulieren.

[0009] Die MEAs sind porös und ermöglichen somit, dass Stickstoff in der Luft von der Kathodenseite des Stapels hindurchdringen und sich in der Anodenseite des Stapels sammeln kann, was in der Industrie als ein Stickstoffübertritt bezeichnet wird. Stickstoff in der Anodenseite des Brennstoffzellenstapels verdünnt den Wasserstoff derart, dass, wenn die Stickstoffkonzentration über einen bestimmten Prozentsatz, wie 50%, zunimmt, der Brennstoffzellenstapel instabil wird und ausfallen kann. In der Technik ist es bekannt, ein Ablassventil an dem Anodengasausgang des Brennstoffzellenstapels vorzusehen, um Stickstoff von der Anodenseite des Stapels zu entfernen.

[0010] Das Rezirkulationsgas, das periodisch von dem Anodenrezirkulationskreislauf abgelassen wird, enthält typischerweise eine beträchtliche Menge an Wasserstoff. In der Technik ist es bekannt, das abgelassene Rezirkulationsgas an einen Brenner zu führen, um den meisten oder den gesamten Wasserstoff darin zu verbrennen, bevor das Rezirkulationsgas an die Umgebung ausgetragen wird. Jedoch trägt der Brenner zu erheblichen Kosten, zu einem erheblichen Gewicht wie auch einer erheblichen Komplexität für das Brennstoffzellensystem bei, was unerwünscht ist.

[0011] In der Technik ist es auch bekannt, den Brenner wegzulassen und das Rezirkulationsgas direkt mit dem Kathodenabgas zu mischen. Wenn das Rezirkulationsgas direkt mit dem Kathodenabgas ohne Steuerung gemischt wird, ist die Menge an Wasserstoff in dem Rezirkulationsgas nicht bekannt. In der Kathodenabgasleitung kann nach dem Mischpunkt mit dem Rezirkulationsgas ein Wasserstoffkonzentrationssensor vorgesehen sein, um die Konzentration von Wasserstoff zu detektieren. Der Wasserstoffkonzentrationssensor würde ein Signal an den Controller während des Ablassens liefern, das die Konzentration von Wasserstoff in dem gemischten Abgas angibt. Wenn die Konzentration von Wasserstoff zu hoch wäre, würde der Controller die Drehzahl des Kompressors erhöhen, um mehr Kathodenaustragsluft vorzusehen und damit die Konzentration von Wasserstoff zu verringern. Wenn der Kompressor nicht in der Lage wäre, die Konzentration von

Wasserstoff effektiv unter der sicheren Grenze für die Stapellast zu halten, dann müsste der Controller das Ablassventil schließen. Jedoch müsste der Wasserstoffsensoren kostengünstig und in der Lage sein, die Feuchte des Abgases auszuhalten. Derzeit sind bekannte Wasserstoffkonzentrationssensoren nicht in der Lage, diese Anforderungen zu erfüllen.

[0012] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, die Wasserstoffkonzentration im Abgas eines Brennstoffzellenstapels zu reduzieren.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0013] Gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung wird diese Aufgabe durch ein Brennstoffzellensystem gemäß Anspruch 1 und ein Verfahren gemäß Anspruch 12 zum Begrenzen der Menge an Wasserstoff gelöst, die von einer Anodenabgasströmung in einem Brennstoffzellensystem abgelassen wird. Das Verfahren umfasst, dass eine Druckvorspannung bzw. -differenz zwischen einem Anodenauslass, der hier auch als Anodenausgangsleitung oder Anodenabgasleitung bezeichnet wird, und einem Kathodenauslass, der hier auch als Kathodenausgangsleitung oder Kathodenabgasleitung bezeichnet wird, des Brennstoffzellenstapels beibehalten wird, so dass, wenn ein Anodenabgas abgelassen und mit dem Kathodenabgas gemischt wird, die Konzentration von Wasserstoff in dem gemischten Gas unter eifern vorbestimmten Prozentsatz beibehalten wird. Die Druckvorspannung ist derart, dass das Anodenabgas einen höheren Gasdruck aufweist, als das Kathodenabgas. Beim Systemstart umgeht Kathodeneinlass- bzw. -eingangsluft den Stapel zur direkten Mischung mit dem gemischten Kathodenabgas und Anodenabgas. Das Verfahren stellt bei nach oben gerichteten Leistungsübergängen an dem Stapel eine Anstiegsgeschwindigkeit für die Druckvorspannung ein, so dass jede Verzögerung zwischen einer Bereitstellung von Kathodenluft für den Stapel und Wasserstoffreaktandengas für den Stapel reduziert ist. Das Verfahren verhindert auch manchmal einen Wasserstoffabgasablass während eines Leistungsübergangs nach unten.

[0014] Zusätzliche Merkmale der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung und den angefügten Ansprüchen in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen offensichtlich.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0015] [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm eines Brennstoffzellensystems, das ein Ablassen von Stickstoff steuert, gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG
DER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0016] Jedoch besitzt das erfindungsgemäße Verfahren zur Steuerung der Menge an Wasserstoff, die von einer Abgasströmung abgelassen wird, auch Anwendung für andere Brennstoffzellensysteme, wie diejenigen, die getrennte Stapel wie auch ein Verlagern von Anodenströmung verwenden. Sofern hier von einer "Strömung" die Rede ist, so ist hierunter der Volumen- bzw. Mengestrom zu verstehen.

[0017] **Fig. 1** ist ein schematisches Blockdiagramm eines Brennstoffzellensystems **10**, das einen Brennstoffzellenstapel **12** aufweist. Wasserstoffgas von einer Wasserstoffquelle **14** wird an eine Mischverzweigung **16** geliefert und dann an die Anodenseite des Brennstoffzellenstapels **12** über die Leitung **18** gesendet. Ein Anodenabgas wird von dem Brennstoffzellenstapel **12** über Leitung **20** ausgegeben und an ein Ablassventil **26** geliefert. Eine Rezirkulationspumpe (nicht gezeigt) pumpt das Anodenabgas durch das Ventil **26** an die Mischverzweigung **16** zur Mischung mit frischem Wasserstoff von der Quelle **14**, um einen Anodenrezirkulationskreislauf vorzusehen. Die korrekte Mischung des frischen Wasserstoffs von der Quelle **14** mit dem rezirkulierten Anodenabgas an der Mischverzweigung **16** stellt den Druck der Anodenseite des Stapels **12** ein.

[0018] Das Brennstoffzellensystem **10** weist auch einen Kompressor **30** auf, der Kathodenluft über Leitung **32** an die Kathodenseite des Brennstoffzellenstapels **12** liefert. Das Kathodenabgas von dem Stapel **12** wird von dem Stapel **12** über eine Kathodenabgasleitung **34** ausgegeben.

[0019] Wie oben beschrieben ist, verdünnt ein Stickstoffübertritt von der Kathodenseite des Brennstoffzellenstapels **12** den Wasserstoff in der Anodenseite, was die Stapelleistungsfähigkeit beeinträchtigt. Daher ist es notwendig, das Anodenabgas periodisch abzulassen, um die Menge an rezirkuliertem Stickstoff zu reduzieren. Beim Ablassen des Stickstoffes wird das Ventil **26** gesteuert, um das Anodenabgas durch Schalten des Ventils **26** von dem Rezirkulationskreislauf in die Abgasleitung **28** zu leiten. Bei dieser Ausführungsform wird das abgelassene Rezirkulationsgas in der Leitung **28** mit dem Kathodenabgas in der Leitung **34** in einer Mischverzweigung **36** gemischt.

[0020] Das System **10** weist auch eine Leitung **40** auf, die mit der Kathodeneingangsleitung **32** und der Mischverzweigung **36** gekoppelt ist. Wie nachfolgend detaillierter beschrieben ist, kann es bei bestimmten Zeiten des Betriebs des Brennstoffzellensystems **10** erwünscht sein, den Brennstoffzellenstapel **12** mit einem Teil der Kathodeneingangsluft durch Steuerung eines Bypassventils **42** zu umgehen, so dass mehr

Luft in dem Kathodenabgas vorhanden ist, um die Konzentration von Wasserstoff zu reduzieren.

[0021] Die vorliegende Erfindung schlägt ein Verfahren zum Steuern der Wasserstoffemissionen in dem Austrag des Brennstoffzellensystems **10** vor. Bei bestimmten Konstruktionen von Brennstoffzellensystemen ist es erwünscht, den Prozentsatz von Wasserstoff in dem gemischten Anoden- und Kathodenabgas auf kleiner als 2 Vol.-%, nur für wenige Sekunden zwischen 2 Vol.-% und 4 Vol.-% und niemals größer als 4 Vol.-% zu halten.

[0022] Ein Brennstoffzellensystem besitzt grundsätzlich vier Betriebsarten. Insbesondere besitzt das Brennstoffzellensystem eine Startbetriebsart, eine stabile Betriebsart, Leistungsübergangsbetriebsarten und eine Abschaltbetriebsart. Gemäß der Erfindung ist die Konzentration von Wasserstoff in dem gemischten Kathoden-/Anodenabgas während eines Ablassens der Anode durch Begrenzung der Menge an Wasserstoff, die von dem Rezirkulationskreislauf abgegeben wird, begrenzt. Die vorliegende Erfindung schlägt ein Begrenzen der Menge an Wasserstoff in dem gemischten Kathoden- und Anodenaustrag dadurch vor, dass eine Druckdifferenz zwischen der Kathodenseite des Stapels **12** und der Anodenseite des Stapels **12** vorgesehen wird, wobei die Anodenseite einen größeren Druck in einem vorher festgelegten Bereich als die Kathodenseite besitzt.

[0023] Gemäß der Erfindung besitzt die Druckdifferenz zwischen der Anodenseite und der Kathodenseite des Stapels **12** eine obere Grenze und eine untere Grenze abhängig von verschiedenen Faktoren. Beispielsweise sollte der anodenseitige Druck aufgrund von Sensorungenauigkeiten, Strömungsverlagerungseffekten, etc. zumindest 10 kPa höher als der kathodenseitige Druck sein, um zu verhindern, dass das Kathodenabgas in die Anodenseite des Stapels strömt. Jedoch sollte die Druckvorspannung stets so hoch wie möglich sein, so dass der maximale zulässige Anodenabgasdurchfluss während eines Ablassens auftritt. Ein höherer Durchfluss ist wichtig, um so viel Wasser und Stickstoff wie möglich von den Anodenströmungskanälen während des Ablassens zu entfernen. Der Wert von 10 kPa bei niedrigen Stapelstromdichten bewirkt eine ausreichend geringe Konzentration von Wasserstoff in dem gemischten Abgas, sogar obwohl die Menge an Luft in dem Abgas niedrig ist. Bei hohen Stromdichten kann die Druckvorspannung etwa 35 kPa betragen, um eine ausreichende Strömung zur Entfernung von Wasser ohne eine Erhöhung der Konzentration von Wasserstoff in dem gemischten Abgas aufgrund der größeren Menge an Luft vorzusehen.

[0024] Beim Systemstart befindet sich Luft in den Anodenströmungskanälen aus der vorhergehenden Abschaltung, und Wasserstoff wird in die Anoden-

strömungskanäle injiziert. Die Wasserstoff/Luft-Front sollte sich durch die Anodenseite des Stapels **12** aus verschiedenen Gründen, wie einem schnelleren, zuverlässigeren Start, so schnell wie möglich, wie es in der Technik gut bekannt ist, bewegen. Um diesen schnellen Start vorzusehen, muss eine signifikante Menge an Wasserstoff durch die Anodenseite des Stapels **12** strömen, um die Luft zu verdrängen, wodurch ein potenzielles Problem mit überhöht ausgelegtem Wasserstoff erzeugt wird.

[0025] Gemäß der Erfindung wird ein spezieller Steueralgorithmus in dem Controller **48** dazu verwendet, die Wasserstoffemissionen beim Start zu reduzieren. Insbesondere wird der Kompressor **30** vor der Wasserstoffströmung gestartet, und das Ventil **42** wird geöffnet, so dass Luft über die Leitung **40** an die Mischverzweigung **36** geliefert wird. Bald danach beginnen die Wasserstoffinjektoren (nicht gezeigt), Wasserstoff in die Anodenseite des Stapels **12** und aus dem Ablassventil **26** zu injizieren. Die Kathodenluft, die den Stapel **12** umgeht, verdünnt diese anfängliche Wasserstoffblase, die die in den Anodenströmungskanälen vorhandene Luft verdrängt, so dass die Wasserstoffemissionen unter 2 Vol.-% gehalten werden. Nach einer gewissen vorbestimmten Zeitdauer wird das Ventil **42** geschlossen, und die gesamte Luft von dem Kompressor **30** wird durch die Kathodenseite des Stapels **12** in Übereinstimmung mit der Last auf den Stapel **12** geführt. Ferner wird das Ablassventil **26** geschlossen. Während dieser Zeit sind keine weiteren Wasserstoffemissionen vorhanden, und die Brennstoffzellenreaktion bewirkt, dass die Zellenspannungen eine Leerlaufspannung erreichen. Eine bestimmte Zeit nach diesem Punkt wechselt das System **10** in eine normale Laufbetriebsart, und es wird zugelassen, dass Leistung von dem Stapel **12** gezogen werden kann.

[0026] Während des stabilen Betriebs wird von dem Ablassventil **26** während des Ablassens eine "Druckvorspannung" bzw. eine Druckdifferenz zwischen dem Rezirkulationsgas und dem Kathodenabgas in der Leitung **34** beibehalten, wobei der Rezirkulationsgasdruck an dem Ablassventil **26** höher als der Kathodenabgasdruck in der Leitung **34** ist. Diese Druckdifferenz zwischen der Kathodenseite und der Anodenseite des Brennstoffzellensystems **10** behält die Konzentration von Wasserstoff in dem gemischten Kathoden- und Anodenabgas unter 2% bei.

[0027] Das System **10** ist so kalibriert, dass für eine gegebene Kathodenreaktandengasströmung und Kathodenstöchiometrie bzw. Luftzahl als eine Funktion der Stromdichte eine erwünschte Druckvorspannung zwischen der Kathodenseite und der Anodenseite vorgesehen wird. Mit anderen Worten, wenn die Kathodenstöchiometrie im stabilen Zustand bei $0,2 \text{ A/cm}^2$ $3,0$ beträgt, dann ist eine entsprechende kalibrierte Druckvorspannung vorhanden, die an der

Anodenseite des Stapels **12** beispielsweise 25 kPa höher ist, was in einer Konzentration von gemischtem Luft/Wasserstoffaustrag bzw. -abgas resultiert, die geringfügig kleiner als 2% ist, sogar, wenn die Anodenwasserstoffkonzentration 100% beträgt. Somit überschreitet sogar, wenn das Ablassventil **26** konstant geöffnet ist, die Abgaskonzentration im stabilen Zustand niemals 2%. Es kann eine Druckvorspannungstabelle für den stabilen Betrieb vorgesehen werden, wo eine Soll-Druckdifferenz zwischen den Kathoden- und Anodenseiten des Stapels **12** ungeachtet der Last auf den Stapel **12** beibehalten wird. Typischerweise sind die Druckvorspannungswerte für unterschiedliche Niveaus von Wasserstoff in der Nähe des Leerlaufs am kleinsten, beispielsweise 10 kPa, und bei Hochleistung am höchsten, beispielsweise 35 kPa.

[0028] Es kann sein, dass die oben beschriebene Druckvorspannungstabelle nicht in der Lage ist, übermäßige Wasserstoffaustragsemissionen während eines Leistungsübergangs nach oben zu verhindern, da eine höhere Druckvorspannung die Wasserstoffaustragskonzentration für eine sehr kurze Zeit erhöhen kann, da die Wasserstoffinjektoren schneller als der Kompressor **30** ansprechen. Um dieses potenzielle Problem zu berücksichtigen, schlägt die vorliegende Erfindung bei Leistungsübergängen nach oben eine Anstiegsgeschwindigkeit für den Druckvorspannungseinstellungspunkt vor. Beispielsweise würde bei einer Anforderung von einer Leerlaufleistung zu einer maximalen Leistung von dem Stapel **12** der Einstellungspunkt normalerweise von 10 kPa auf 35 kPa gestuft. Die höhere Wasserstoffströmung, die durch diese höhere Druckvorspannung bewirkt wird, wird manchmal solange nicht ausreichend verdünnt, bis der Kompressor **30** den Soll-Kathodeneinstellungspunkt für maximale Leistung erreicht. Wenn die Zunahmerate des Druckvorspannungseinstellungspunktes auf kleiner als die Kathodenströmungszunahmerate begrenzt ist, dann bleibt der Wasserstoff über den Leistungsübergang nach oben hinweg ausreichend verdünnt.

[0029] Wenn ein schneller Leistungsübergang nach unten mit signifikanter Größe und Geschwindigkeit vorhanden ist, kann es sein, dass die Druckvorspannung nicht ausreichend Zeit hat, signifikant anzusteigen, und somit kann das System übermäßigen Wasserstoff in dem Anodenabgas bei dem Leistungsübergang nach unten während eines Rezirkulationsablassens vorsehen. Gemäß der Erfindung kann der Algorithmus eine Ablassanforderung während eines Leistungsübergangs nach unten verhindern oder außer Kraft setzen, um zu viel Wasserstoff in dem gemischten Abgas zu verhindern.

[0030] Ein Leistungsübergang nach unten ist besonders schwierig, wenn er nach einem Übergang zu hoher Leistung auftritt oder nachdem der Stapel **12**

für eine lange Zeitdauer bei hoher Leistung betrieben worden ist. Wenn sich das System **10** bei maximaler oder hoher Leistung befindet, ist eine große Wasserstoffströmung durch die Anodenkanäle vorhanden, wobei das meiste derselben durch die Reaktion verbraucht wird. Sobald ein Leistungsübergang nach unten auftritt, ist plötzlich eine große Menge an Wasserstoff vorhanden und es ist nicht möglich, diesen in dem Stapel **12** zu verbrauchen. Glücklicherweise besteht auch keine Notwendigkeit, Anodenabgas durch das Ablassventil **26** in den Kathodenausgang für eine gewisse kurze Zeitdauer während dieser Leistungsübergänge nach unten abzulassen. Daher setzt die vorliegende Erfindung jegliche Ablassanforderung außer Kraft, wenn ein Leistungsübergang nach unten detektiert wird, und hält das Ablassventil **26** für eine kurze Zeitdauer geschlossen. Nachdem diese Zeitdauer vergangen ist, endet die Außerkräftsetzung, und es kann ein normaler Ablassbetrieb wieder aufgenommen werden. Dies verhindert eine übermäßige Wasserstoffkonzentration in der Kathodenaustragsmischung während eines großen Leistungsübergangs nach unten.

[0031] Bei einer Abschaltung des Systems ist es erwünscht, dass das System **10** die Kathoden- und Anodenströmungskanäle in dem Stapel **12** spült, um so viel Wasser wie möglich zu entfernen und damit ein Gefrieren nach einer Abschaltung zu verhindern oder ein Fluten von Zellen bei einem anschließenden Neustart bei kälteren Temperaturen zu verhindern. Bei dieser Abschaltspülung wird mehr als ausreichend Kathodenabgas auf der Leitung **34** ausgetragen, um den Großteil des in dem System **10** bei der Abschaltung vorhandenen Wasserstoffs zu verdünnen.

[0032] Ferner ist bei einigen Brennstoffzellensystemkonstruktionen der Kompressor **30** ein Turbo-Kompressor, der einen großen Luftmengenstrom für Hochleistungsanforderungen vorsieht. Während derjenigen Zeiten, wenn die Leistungsanforderung gering ist, wäre es für den Kompressor **30** schwierig, einen stabilen geringen Durchfluss beizubehalten. Daher kann ein Teil der Kathodenströmung durch das Ventil **42** um den Stapel **12** herum gelenkt werden, so dass der Kompressor **30** schneller laufen kann, als es für die Systemleistungsanforderung notwendig ist.

Patentansprüche

1. Brennstoffzellensystem (**10**), mit:
 einem Brennstoffzellenstapel (**12**);
 einer Kathodeneingangsleitung (**32**), die Kathodeneingangsluft an den Brennstoffzellenstapel (**12**) liefert;
 einer Anodeneingangsleitung (**18**), die ein Anodeneingangsgas an den Brennstoffzellenstapel (**12**) liefert;

einer Kathodenausgangsleitung (**34**), die ein Kathodenabgas von dem Brennstoffzellenstapel (**12**) liefert;

einer Anodenausgangsleitung (**20**), die ein Anodenabgas von dem Brennstoffzellenstapel (**12**) liefert;
 einer Mischverzweigung (**36**) zum Mischen des Kathodenabgases und des Anodenabgases; und
 einem Controller (**48**), der zur Begrenzung der Konzentration von Wasserstoff in dem gemischten Kathoden- und Anodenabgas eingerichtet ist;
dadurch gekennzeichnet, dass

der Controller (**48**) derart eingerichtet ist, dass er eine Druckdifferenz zwischen der Anodenausgangsleitung (**20**) und der Kathodenausgangsleitung (**34**), bei der der Anodenabgasdruck höher als der Kathodenabgasdruck ist, so beibehält, dass die Konzentration von Wasserstoff unter einem vorbestimmten Prozentsatz bleibt.

2. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1, wobei der Controller (**48**) so kalibriert ist, dass für einen bestimmten Kathodenluftmengenstrom und eine bestimmte Luftzahl für eine gewünschte Stapelstromdichte ein entsprechender Anodenabgasstrom vorhanden ist, so dass der Anodenabgasdruck um einen vorbestimmten Wert höher als der Kathodenabgasdruck ist, so dass der Kathodenabgasstrom die Konzentration von Wasserstoff in dem gemischten Abgas unter dem vorbestimmten Prozentsatz hält.

3. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 2, wobei der Anodenabgasdruck abhängig von der Stromdichte des Stapels in dem Bereich von 10 kPa–35 kPa höher als der Kathodenabgasdruck ist.

4. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1, ferner mit einem Anodenabgasablassventil (**26**), wobei das Ablassventil (**26**) von dem Controller (**48**) so gesteuert ist, dass das Anodenabgas mit dem Kathodenabgas gemischt wird oder das Kathodenabgas zurück an die Anodeneingangsleitung (**18**) rezirkuliert wird.

5. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 4, wobei der Controller (**48**) eingerichtet ist, um während eines Leistungsübergangs nach unten ein Ablassen von Anodenabgas durch das Ablassventil zu verhindern.

6. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1, ferner mit einem Kompressor (**30**) und einem Bypassventil (**42**), wobei der Kompressor (**30**) die Kathodeneingangsluft an den Brennstoffzellenstapel (**12**) liefert und der Controller (**48**) eingerichtet ist, um das Bypassventil (**42**) derart zu steuern, dass Kompressorluft geliefert wird, die den Brennstoffzellenstapel (**12**) umgeht und mit dem Kathodenabgas und dem Anodenabgas gemischt wird.

7. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 6, wobei der Controller (48) eingerichtet ist, um das Bypassventil (42) beim Systemstart zu öffnen.

8. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 7, wobei der Controller (48) eingerichtet ist, um beim Systemstart zu einem Zeitpunkt Kathodenluft durch den Brennstoffzellenstapel zu liefern und um den Brennstoffzellenstapel (12) umzuleiten, und um dann zuzulassen, dass zu einer späteren Zeit Wasserstoff in den Brennstoffzellenstapel (12) strömt, so dass eine ausreichende Menge an Luft an der Mischverzweigung (36) zum Verdünnen des Wasserstoffs bereitgestellt wird, der durch den Brennstoffzellenstapel (12) beim Start strömen kann.

9. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1, wobei der Controller (48) eingerichtet ist, um eine Anstiegsgeschwindigkeit für die Druckdifferenz bei nach oben gerichteten Leistungsübergängen an dem Brennstoffzellenstapel (12) festzulegen, so dass jegliche Verzögerung zwischen einem Kompressor (30), der Kathodenluft liefert, und einer Wasserstoffquelle (14), die Wasserstoffreaktandengas liefert, reduziert ist.

10. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1, wobei die Druckdifferenz die Wasserstoffkonzentration unter 2 Vol.-% hält.

11. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1, ferner mit:

einem Kompressor (30), der Kathodeneingangsluft an die Kathodenseite des Brennstoffzellenstapels (12) liefert;

einem Bypassventil (42), um zu ermöglichen, dass Kathodeneingangsluft den Brennstoffzellenstapel (12) umgeht; und

einem Ablassventil (26) zum Ablassen von Anodenabgas von dem Brennstoffzellenstapel (12);

wobei der Controller (48) eingerichtet ist, um das Bypassventil (42) beim Systemstart zu steuern, um Kathodenluft zu liefern, die den Brennstoffzellenstapel (12) umgeht und mit dem Kathodenabgas und dem Anodenabgas gemischt wird, wobei der Controller (48) eingerichtet ist, um eine Anstiegsgeschwindigkeit für die Druckdifferenz bei nach oben gerichteten Leistungsübergängen an dem Brennstoffzellenstapel (12) zu begrenzen, so dass jede Verzögerung zwischen dem Kompressor (30), der die Kathodeneingangsluft bereitstellt, und einer Wasserstoffquelle (14), die ein Wasserstoffreaktandengas bereitstellt, reduziert ist, wobei der Controller (48) ferner eingerichtet ist, um ein Ablassen von Anodenabgas durch das Ablassventil (26) während eines Leistungsübergangs nach unten zu verhindern.

12. Verfahren zum Begrenzen der Konzentration von Wasserstoff in einem gemischten Kathoden- und Anodenabgas von einem Brennstoffzellenstapel (12), wobei das Verfahren umfasst, dass:

ein Anodenabgas von dem Brennstoffzellenstapel (12) geliefert wird;

ein Kathodenabgas von dem Brennstoffzellenstapel (12) geliefert wird; und

das Anodenabgas und das Kathodenabgas von dem Stapel gemischt werden;

dadurch gekennzeichnet, dass

eine Druckdifferenz zwischen dem Anodenabgas und dem Kathodenabgas, bei der der Anodenabgasdruck höher als der Kathodenabgasdruck ist, so beibehalten wird, dass die Konzentration von Wasserstoff unter einem vorbestimmten Prozentsatz gehalten wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, ferner umfassend, dass ein bestimmter Kathodenluftmengenstrom zu dem Brennstoffzellenstapel (12) und eine Luftzahl für eine gewünschte Stapelstromdichte festgelegt werden, wobei das Liefern eines Anodenabgases von dem Brennstoffzellenstapel (12) umfasst, dass ein entsprechender Anodenabgasmengenstrom geliefert wird, so dass der Anodenabgasdruck um einen vorbestimmten Wert höher als der Kathodenabgasdruck ist, so dass der Kathodenabgasmengenstrom die Konzentration von Wasserstoff in dem gemischten Abgas unter dem vorbestimmten Prozentsatz hält.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei der Anodenabgasdruck abhängig von der Stromdichte des Stapels in dem Bereich von 10 kPa–35 kPa höher als der Kathodenabgasdruck ist.

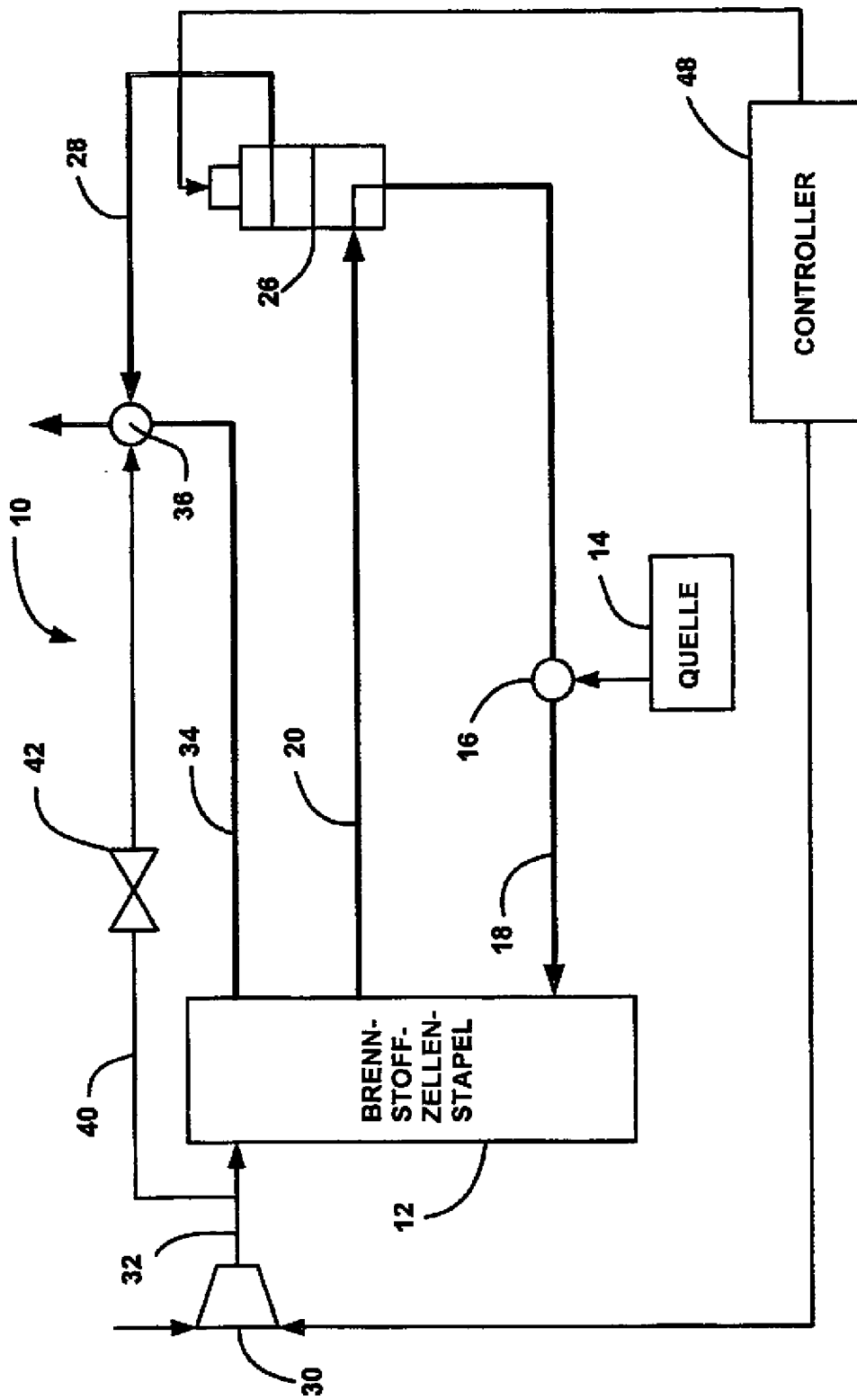
15. Verfahren nach Anspruch 12, ferner umfassend, dass Kathodeneingangsluft mit dem gemischten Kathoden- und Anodenabgas beim Systemstart gemischt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 12, ferner umfassend, dass eine Anstiegsgeschwindigkeit für die Druckdifferenz während Leistungsübergängen nach oben an dem Brennstoffzellenstapel (12) begrenzt wird, so dass jede Verzögerung zwischen der Kathodeneingangsluft zu dem Brennstoffzellenstapel (12) und Wasserstoffreaktandengas zu dem Brennstoffzellenstapel (12) reduziert ist.

17. Verfahren nach Anspruch 12, ferner umfassend, dass ein Ablassen von Anodenabgas durch das Ablassventil (26) während eines Leistungsübergangs nach unten verhindert wird.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



FIGUR 1