



(10) **DE 10 2015 106 504 A1** 2015.11.12

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 106 504.5**

(22) Anmeldetag: **28.04.2015**

(43) Offenlegungstag: **12.11.2015**

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

(30) Unionspriorität:

14/275,731 **12.05.2014** **US**

(71) Anmelder:

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

(72) Erfinder:

**Kumaraguru, Swaminatha P., Troy, Mich., US;
Rock, Jeffrey A., Rochester Hills, Mich., US;
Lakshmanan, Balasubramanian, Rochester Hills,
Mich., US**

(74) Vertreter:

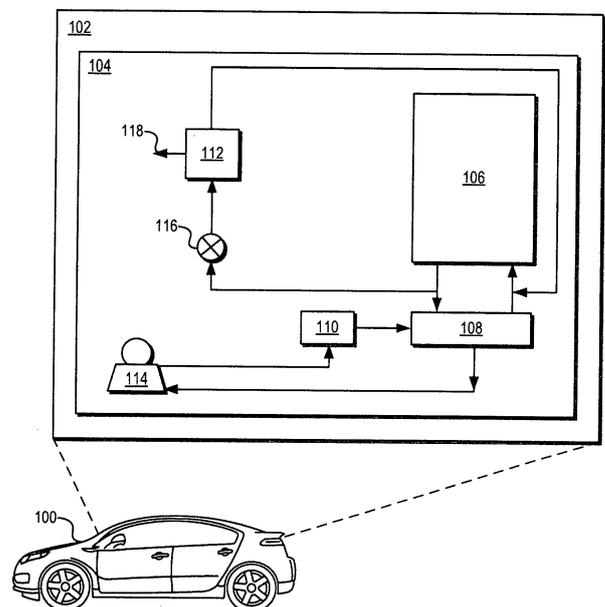
**Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80336
München, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Systeme und Verfahren zum Hemmen einer Kohlenstoffkorrosion in einem Brennstoffzellensystem**

(57) Zusammenfassung: Es sind ein System sowie Verfahren zur Reduzierung einer Kohlenstoffkorrosion in einem Brennstoffzellensystem vorgesehen. Insbesondere können die offenbarten Systeme und Verfahren in Verbindung mit einem Verhindern der Bildung einer sich ausbreitenden H₂-Luft-Grenzfläche in dem Brennstoffzellensystem verwendet werden. Bei gewissen Ausführungsformen können die offenbarten Systeme und Verfahren eine elektrochemische Pumpe verwenden, die in einem Kathodenkreislauf des Brennstoffzellensystems angeordnet und derart konfiguriert ist, Sauerstoff zu entfernen, der in das Brennstoffzellensystem eindringt. Bei weiteren Ausführungsformen können Pumpen in einem Anoden- und einem Kathodenkreislauf des Brennstoffzellensystems enthalten sein, die eine Zirkulation gewisser Gase zulassen können, um die Bildung einer H₂-Luft-Front in dem System zu verhindern.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Diese Offenbarung bezieht sich auf Systeme und Verfahren zum Schutz eines Brennstoffzellensystems während Anfahr- und Abschalt-Betriebsabläufen. Genauer, jedoch nicht ausschließlich, betrifft diese Offenbarung Systeme und Verfahren zum Verhindern einer Kohlenstoffkorrosion in Brennstoffzellensystemen mit Protonenaustauschmembran während Anfahr- und Abschalt-Betriebsabläufen.

HINTERGRUND

[0002] Personalfahrzeuge können Brennstoffzellen-("FC")-Systeme aufweisen, um bestimmte Merkmale von elektrischen Systemen und Antriebsstrangsystemen eines Fahrzeugs mit Leistung zu beaufschlagen. Zum Beispiel kann ein FC-System in einem Fahrzeug verwendet werden, um Komponenten des elektrischen Antriebsstrangs des Fahrzeugs direkt (zum Beispiel unter Verwendung elektrischer Antriebsmotoren und dergleichen) und/oder über ein Zwischenbatteriesystem zu betreiben. Wasserstoff ist ein möglicher Brennstoff, der in einem FC-System verwendet werden kann. Wasserstoff ist ein sauberer Brennstoff, der dazu verwendet werden kann, effizient Elektrizität in einer FC zu erzeugen. Ein Wasserstoff-FC-System ist eine elektrochemische Vorrichtung, die einen Elektrolyten zwischen einer Anode und einer Kathode aufweisen kann. Die Anode nimmt Wasserstoffgas auf, und die Kathode nimmt Sauerstoff oder Luft auf. Das Wasserstoffgas wird in der Anode aufgespalten, um freie Wasserstoffprotonen und Elektronen zu erzeugen. Die Wasserstoffprotonen können selektiv über den Elektrolyten geleitet werden. 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. Die Wasserstoffprotonen reagieren mit dem Sauerstoff und den Elektronen in der Kathode, um Wasser zu erzeugen.

[0003] Protonenaustauschmembran-Brennstoffzellen ("PEMFC") können in FC-betriebenen Fahrzeugen verwendet werden. Eine PEMFC umfasst allgemein eine protonenleitende Festpolymerelektrolytmembran, wie eine Perfluorsulfonsäuremembran. Eine Anode und Kathode, die in einer PEMFC enthalten sind, können fein geteilte Katalysatorpartikel (beispielsweise Platinpartikel) aufweisen, die auf Kohlenstoffpartikeln geträgert und mit einem Ionomer gemischt sind. Eine katalytische Mischung kann auf entgegengesetzten Seiten der Membran aufgetragen sein.

[0004] Während gewisser Betriebsabläufe eines PEMFC-Systems (z. B. Anfahr- und Abschalt-Betriebsabläufen) kann Sauerstoff langsam in das Brennstoffzellensystem eindringen, was bewirkt, dass sich eine H₂-Luft-Front von einer Kathode zu einer Anode des PEMFC-Systems ausbreitet. Bei gewissen Ausführungsformen kann diese sich ausbreitende Front eine unerwünschte Kohlenstoffkorrosion in dem PEMFC-System bewirken. Eine Kohlenstoffkorrosion in einem PEMFC-System kann den Gebrauch von Katalysatoren mit großer Oberfläche als Kohlenstoffträger begrenzen und kann die Platinbeladung unerwünscht erhöhen.

[0005] Die hier dargestellten Systeme und Verfahren können in Verbindung mit einem Hemmen einer Kohlenstoffkorrosion in einem PEMFC-System während Anfahr- und Abschalt-Betriebsabläufen verwendet werden. Wie hier verwendet ist, kann ein PEMFC-System eine einzelne Zelle aufweisen oder kann alternativ mehrere Zellen aufweisen, die in einer Stapelkonfiguration angeordnet sind. Bei einigen Ausführungsformen kann ein PEMFC-System eine Anodenkammer und eine Kathodenkammer aufweisen. Die Kathodenkammer kann mit einer Kathodeneingangsleitung gekoppelt sein, die einem Kathodenkreislauf des PEMFC Systems zugeordnet ist. Die Anodenkammer kann mit einer Anodeneingangsleitung gekoppelt sein, die einem Anodenkreislauf des PEMFC Systems zugeordnet ist.

ZUSAMMENFASSUNG

[0006] Eine erste Pumpe kann mit der Kathodenleitung gekoppelt und derart konfiguriert sein, ein oder mehrere Gase in die Kathodenkammer selektiv zu zirkulieren, wie beispielsweise N₂, die derart konfiguriert sind, eine Bildung einer H₂-Luft-Grenzfläche in der Kathodenkammer zu verhindern. Eine zweite Pumpe kann mit der Anodenleitung gekoppelt und derart konfiguriert sein, ein oder mehrere Gase in der Anodenkammer selektiv zu zirkulieren, die derart konfiguriert sind, eine Bildung einer H₂-Luft-Grenzfläche in der Anodenkammer zu verhindern (z. B. N₂). Ein Steuersystem kann den Betrieb der ersten Pumpe und der zweiten Pumpe steuern. Bei weiteren Ausführungsformen kann auch eine elektrochemische Sauerstoffpumpe mit der Kathodenleitung gekoppelt sein, die derart konfiguriert ist, Sauerstoff zu entfernen, der in das PEMFC-System eindringt. Dadurch, dass die Bildung einer sich ausbreitenden H₂-Luft-Front verhindert wird und jeglicher Sauerstoff, der in das PEMFC-System eindringt, entfernt wird, kann eine Kohlenstoffkorrosion in dem System gehemmt werden.

[0007] Gemäß weiteren Ausführungsformen kann ein Verfahren zum Hemmen einer Kohlenstoffkorrosion in einem PEMFC-System ein Betätigen einer ersten Pumpe umfassen, die mit einer Kathodeneingangsleitung in Kommunikation mit einer Kathodenkammer des PEMFC Systems gekoppelt ist, um ein erstes Gas (z. B. N₂) in der Kathodenkammer zu zirkulieren.

kulieren, das derart konfiguriert ist, eine Bildung einer H_2 -Luft-Grenzfläche in der Kathodenkammer zu verhindern. In ähnlicher Weise kann eine zweite Pumpe, die mit einer Anodeneingangsleitung in Kommunikation mit einer Anodenkammer des PEMFC Systems gekoppelt ist, betätigt werden, um ein zweites Gas (z. B. N_2) in der Anodenkammer zu zirkulieren, das derart konfiguriert ist, eine Bildung einer H_2 -Luft-Grenzfläche in der Anodenkammer zu verhindern. Es kann auch eine Sauerstoffpumpe, die mit der Kathodeneingangsleitung gekoppelt ist, betätigt werden, um Sauerstoff zu entfernen, der in das PEMFC System eindringt.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0008] Nicht beschränkende und nicht erschöpfende Ausführungsformen der Offenbarung sind beschrieben, die verschiedene Ausführungsformen der Offenbarung mit Bezug auf die Figuren enthalten, in welchen:

[0009] Fig. 1A ein konzeptionelles Flussdiagramm eines Kathodenkreislaufs eines PEMFC-Systems gemäß hier offenbarten Ausführungsformen zeigt.

[0010] Fig. 1B ein anderes konzeptionelles Flussdiagramm eines Kathodenkreislaufs eines PEMFC-Systems gemäß hier offenbarten Ausführungsformen zeigt.

[0011] Fig. 2 ein konzeptionelles Flussdiagramm eines Anodenkreislaufs eines PEMFC-Systems gemäß hier offenbarten Ausführungsformen zeigt.

[0012] Fig. 3A ein konzeptionelles Diagramm einer Sauerstoffeindringung in ein vereinfachtes PEMFC-System gemäß hier offenbarten Ausführungsformen zeigt.

[0013] Fig. 3B ein konzeptionelles Diagramm eines Verfahrens zum Hemmen einer Kohlenstoffkorrosion in einem PEMFC-System gemäß hier offenbarten Ausführungsformen zeigt.

[0014] Fig. 3C ein anderes konzeptionelles Diagramm eines Verfahrens zum Hemmen einer Kohlenstoffkorrosion in einem PEMFC-System gemäß hier offenbarten Ausführungsformen zeigt.

[0015] Fig. 4 ein Flussdiagramm eines beispielhaften Verfahrens zum Hemmen einer Kohlenstoffkorrosion in einem PEMFC-System gemäß hier offenbarten Ausführungsformen zeigt.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0016] Es ist eine detaillierte Beschreibung von Systemen und Verfahren in Übereinstimmung mit Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung nach-

folgend vorgesehen. Während verschiedene Ausführungsformen beschrieben sind, sei zu verstehen, dass die Offenbarung nicht auf irgendeine Ausführungsform beschränkt ist, sondern stattdessen zahlreiche Alternativen, Modifikationen und Äquivalente enthält. Zusätzlich können, während zahlreiche spezifische Details in der folgenden Beschreibung dargestellt sind, um ein vollständiges Verständnis der hier offenbarten Ausführungsformen bereitzustellen, einige Ausführungsformen ohne einige oder alle dieser Details ausgeführt werden. Überdies ist zu Zwecken der Klarheit bestimmtes technisches Material, das in der Technik bekannt ist, nicht detailliert beschrieben worden, um ein unnötiges Verschleiern der Offenbarung zu vermeiden.

[0017] Die Ausführungsformen der Offenbarung werden am besten unter Bezugnahme auf die Zeichnungen verständlich, in denen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet sind. Die Komponenten der offenbarten Ausführungsformen, wie allgemein in den Figuren hier beschrieben und veranschaulicht ist, können in einer breiten Vielzahl verschiedener Konfigurationen angeordnet und ausgelegt sein. Somit ist die folgende detaillierte Beschreibung der Ausführungsformen der Systeme und Verfahren der Offenbarung nicht dazu bestimmt, den Schutzzumfang der Offenbarung, wie beansprucht ist, zu beschränken, sondern ist lediglich repräsentativ für mögliche Ausführungsformen der Offenbarung. Zusätzlich müssen die Schritte eines Verfahrens nicht unbedingt in einer spezifischen Reihenfolge oder sogar sequentiell ausgeführt werden, noch müssen die Schritte nur einmal ausgeführt werden, sofern es nicht anderweitig festgelegt ist.

[0018] Die hier vorgesehenen Systeme und Verfahren können in Verbindung mit einem Hemmen einer Sauerstoffeindringung in ein PEMFC-System (z. B. Sauerstoffeindringung während Anfahr- und Abschalt-Betriebsabläufen des PEMFC Systems) verwendet werden. Ein Hemmen einer derartigen Sauerstoffeindringung kann das Auftreten einer H_2 -Luft-Front, die sich von einer Kathode zu einer Anode des PEMFC-Systems ausbreitet, sowie eine zugeordnete Kohlenstoffkorrosion in dem System reduzieren. Bei bestimmten Ausführungsformen können die offenbarten Systeme und Verfahren eine elektrochemische Pumpe verwenden, die in einem Kathodenkreislauf eines PEMFC-Systems angeordnet ist. Die elektrochemische Pumpe kann derart konfiguriert sein, Sauerstoff zu entfernen, der in das PEMFC-System eindringt. Gemäß weiteren Ausführungsformen können Pumpen in einem Anoden- und einem Kathodenkreislauf des PEMFC Systems enthalten sein (z. B. Miniatur- und/oder Niedrigleistungspumpen), die derart konfiguriert sein können, für gleichförmige Gasströmungen in den Anoden- und/oder Kathodenkammern des PEMFC-Systems zu sorgen. Derartige Pumpen können ferner eine Zirkulation gewisser Ga-

se ermöglichen, die so ausgelegt sind, die Bildung einer H₂-Luft-Front in dem System zu verhindern.

[0019] Fig. 1A zeigt ein konzeptionelles Flussdiagramm eines Kathodenkreislaufs **104** eines PEMFC-Systems **102**, das in einem Fahrzeug **100** enthalten ist, gemäß hier offenbarten Ausführungsformen. Das Fahrzeug **100** kann ein Kraftfahrzeug, ein Wasserfahrzeug, ein Flugzeug und/oder irgendein anderer Typ von Fahrzeug sein und kann irgendeinen geeigneten Typ von Antriebsstrang aufweisen, der zur Integration der hier offenbarten Systeme und Verfahren geeignet ist. Zusätzliche Ausführungsformen können die Lehren der vorliegenden Offenbarung auf stationäre FC-Systeme (z. B. Generatoren) anwenden. Wie gezeigt ist, kann das Fahrzeug **100** ein PEMFC-System **102** aufweisen, das derart konfiguriert ist, elektrische Leistung für bestimmte Komponenten des Fahrzeugs **100** bereitzustellen. Beispielsweise kann das PEMFC-System **102** so konfiguriert sein, Leistung für Komponenten eines elektrischen Antriebsstrangs des Fahrzeugs **100** bereitzustellen.

[0020] Bei einigen Ausführungsformen kann das PEMFC-System **102** derart konfiguriert sein, Leistung direkt an elektrische Antriebsstrangkomponenten bereitzustellen. Bei gewissen Ausführungsformen kann das PEMFC-System **102** konfiguriert sein, um Leistung für Komponenten **104** eines elektrischen Antriebsstrangs über ein Zwischenbatteriesystem bereitzustellen. Bei weiteren Ausführungsformen kann das PEMFC-System **102** derart konfiguriert sein, Leistung an ein oder mehrere andere Batteriesysteme zu liefern, einschließlich Niederspannungsbatteriesysteme (z. B. Bleisäure-12V-Kraftfahrzeugbatterien), die elektrische Energie an eine Vielzahl von Systemen des Fahrzeugs **100** liefern, einschließlich beispielsweise elektrische Kühlmittelpumpen, Beleuchtungssysteme, Audiosysteme und/oder dergleichen.

[0021] Das FC-System **102** kann eine einzelne Zelle oder mehrere Zellen aufweisen, die in einer Konfiguration eines PEMFC-Stapels **106** angeordnet sind, und kann gewisse PEMFC-Systemelemente und/oder -merkmale, wie oben beschrieben ist, enthalten. Bei einigen Ausführungsformen kann der PEMFC-Stapel **106** ein Kathodeneingangsgas aufnehmen, das Sauerstoff oder Luft umfassen kann. Während des Betriebs kann es sein, dass ein Anteil des Kathodeneingangsgases (z. B. Sauerstoff) nicht von dem PEMFC-Stapel **106** verbraucht wird, und kann somit als ein Kathodenabgas ausgegeben werden, das Wasser aufweisen kann.

[0022] Wasser, das in dem Kathodenabgas enthalten ist, kann Wasserdampf und/oder flüssiges Wasser umfassen. Bei gewissen Ausführungsformen kann dieses Wasser durch eine Wasserdampfüber-

tragungs-("WVT")Einheit **108** in Kommunikation mit dem PEMFC-Stapel **106** abgefangen werden.

[0023] Bei einigen Ausführungsformen kann durch die WVT-Einheit **108** abgefangenes Wasser in Verbindung mit einer Befeuchtung einer Kathodeneingangsluftströmung verwendet werden. Bei einigen Ausführungsformen kann Kathodeneinlassluft unter Verwendung eines Ladeluftkühlers ("CAC") **110** in Kommunikation mit der WVT-Einheit **100** vor einer Übertragung der Einlassluft an die WVT-Einheit **108** gekühlt werden. Gemäß weiteren Ausführungsformen kann Kühleinlassluft unter Verwendung des CAC **110** ermöglichen, dass sich die Luft bei einer besseren Temperatur zur Unterstützung der Wasserdampfübertragung befindet.

[0024] Eingangs- und/oder Ausgangsgase können in dem gezeigten PEMFC-System **102** unter Verwendung einer oder mehrerer Pumpen zirkuliert werden. Bei gewissen Ausführungsformen kann ein Verdichter- und Expander-Modul **110** in Kommunikation mit der WVT-Einheit **108**, dem CAC **110** und/oder anderen Komponenten des Kathodenkreislaufs **104** stehen und derart konfiguriert sein, gewisse Gase (z. B. Einlassluft und/oder Wasserstoff und/oder Auslassgase), die dem PEMFC-Stapel **106** und/oder verwandten Systemen (z. B. WVT-Einheit **108**, CAC **110**) zugeordnet sind, zu zirkulieren.

[0025] Bei einigen Ausführungsformen kann das PEMFC-System **102** eine Sauerstoffpumpe **112** aufweisen, die in dem Kathodenkreislauf **104** angeordnet ist. Bei gewissen Ausführungsformen kann die Sauerstoffpumpe **112** verwendet werden, um Sauerstoff **118** zu entfernen, der in das PEMFC-System **102** eindringt (z. B. Während Anfah- und Abschaltbetriebsabläufen des PEMFC-Systems **102**). Wie oben diskutiert ist, kann ein Eindringen von Sauerstoff in das PEMFC-System **102** zu dem Auftreten einer H₂-Luft-Front/-Grenzfläche führen, die sich von einer Kathode zu einer Anode des PEMFC-Systems **102** ausbreitet. Diese sich ausbreitende Front kann zu Kohlenstoffkorrosion innerhalb gewisser Materialien des PEMFC-Systems **102** führen. Gemäß hier offenbarten Ausführungsformen kann durch Entfernen von Sauerstoff **118**, der in das PEMFC-System **102** eindringt, die Sauerstoffpumpe **112** die Entwicklung einer sich ausbreitenden H₂-Luft-Front hemmen, wodurch eine Kohlenstoffkorrosion in dem PEMFC-System **102** reduziert wird.

[0026] Die Sauerstoffpumpe **112** kann eine elektrochemische Sauerstoffpumpe umfassen, obwohl andere geeignete Typen von Sauerstoffpumpen und/oder Sauerstoffentfernungsvorrichtungen ebenfalls in Verbindung mit den offenbarten Ausführungsformen verwendet werden können. Bei einigen Ausführungsformen kann die Sauerstoffpumpe **112** durch ein elektrisches Niederspannungssystem des Fahr-

zeugs **100** (z. B. ein elektrisches 12 V System oder dergleichen) mit Leistung beaufschlagt werden. Gemäß weiteren Ausführungsformen kann die Sauerstoffpumpe **112** eine elektrochemische Sauerstoffpumpe mit 8 Zellen sein, obwohl auch elektrochemische Pumpen mit einer beliebigen Anzahl von Zellen verwendet werden können.

[0027] Gemäß weiteren Ausführungsformen kann eine erste Pumpe **116** in Kommunikation mit dem Kathodenkreislauf **104** stehen und derart konfiguriert sein, Gase in dem Kathodenkreislauf **104** zu zirkulieren. Eine derartige Zirkulation kann unter anderem die Bildung einer H₂-Luft-Front in einer Kathodenkammer des PEMFC-Stapels **106** hemmen, wodurch eine Kohlenstoffkorrosion in dem PEMFC-System **102** reduziert wird. Beispielsweise kann, wie nachfolgend diskutiert ist, die erste Pumpe **116** derart konfiguriert sein, H₂, N₂ und/oder Luft (z. B. Sauerstoff) in Verbindung mit einem Hemmen der Bildung einer H₂-Luft-Front in einer Kathodenkammer des PEMFC-Stapels **106** (während Anfahr- und/oder Abschalt-Betriebsabläufen des PEMFC-Systems **102**) zu zirkulieren. Bei gewissen Ausführungsformen kann die erste Pumpe **116** eine relativ kleine und/oder miniaturisierte Pumpe umfassen und derart konfiguriert sein, während des Betriebs relativ wenig Leistung zu verbrauchen. Bei einigen Ausführungsformen kann die erste Pumpe **116** durch ein elektrisches Niederspannungssystem des Fahrzeugs **100** (z. B. ein elektrisches 12 V-System oder dergleichen) mit Leistung beaufschlagt werden.

[0028] Das PEMFC-System **102** und/oder zugeordnete Systeme (z. B. eine erste Pumpe **116**, eine Sauerstoffpumpe **112**, eine WVT-Einheit **108**, einen CAC **110** und/oder ein Verdichter- und Expandermodul **114**) können kommunikativ mit einem zugeordneten Steuersystem (nicht gezeigt) gekoppelt sein. Das Steuersystem kann derart konfiguriert sein, gewisse Betriebsabläufe des PEMFC-Systems **102** und/oder zugeordneter Systeme zu überwachen und zu steuern. Beispielsweise kann das Steuersystem derart konfiguriert sein, Anfahr-, Abschalt-, Lade- und/oder Entlade-Betriebsabläufe des FC-Systems **102** zu überwachen und zu steuern. In ähnliche Weise kann das Steuersystem derart konfiguriert sein, Betriebsabläufe der ersten Pumpe **116** und/oder der Sauerstoffpumpe **112** während Anfahr- und/oder Abschalt-Betriebsabläufen in Verbindung mit Ausführungsformen der offenbarten Systeme und Verfahren zu überwachen und/oder zu steuern. Bei weiteren Ausführungsformen können ein internes Fahrzeugcomputersystem (nicht gezeigt) und/oder irgendein anderes geeignetes Computersystem derart konfiguriert sein, gewisse Betriebsabläufe des PEMFC-Systems **102** und/oder zugeordneter Systeme zu überwachen und zu steuern.

[0029] Fig. 1B zeigt ein anderes konzeptionelles Flussdiagramm eines Kathodenkreislaufs eines PEMFC-Systems gemäß hier offenbarten Ausführungsformen. Gewisse gezeigte Elemente können ähnlich zu Elementen sein, die mit Bezug auf Fig. 1A gezeigt und beschrieben sind, und demgemäß können ähnliche Elemente mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet sein. Bei gewissen Ausführungsformen kann eine erste Pumpe **116** in dem Kathodenkreislauf **104** angeordnet sein. Ein Stapel-Bypassventil **124** kann in Verbindung mit einem Bypasskreislauf angeordnet sein, der der WVT-Einheit **108**, dem CAC **110** und/oder dem Verdichter- und Expandermodul **114** zugeordnet ist. Bei gewissen Ausführungsformen können die erste Pumpe **116** und das Stapelbypassventil durch ein geeignetes System gesteuert werden, um einen Betrag an Rückführströmung in dem Kathodenkreislauf **104** zu steuern, um so ein Verhältnis von Rückführströmung zu Frischluft in dem Kathodenkreislauf **104** zu variieren.

[0030] Fig. 2 zeigt ein konzeptionelles Flussdiagramm eines Anodenkreislaufs **200** eines PEMFC-Systems **102**, das in einem Fahrzeug **100** enthalten ist, gemäß hier offenbarten Ausführungsformen. Gewisse Elemente des beispielhaften PEMFC-Systems **102** können ähnlich denen sein, die mit Bezug auf die Fig. 1A–Fig. 1B veranschaulicht und beschrieben sind, und demgemäß können ähnliche Elemente mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet sein. Wie gezeigt ist, kann bei einigen Ausführungsformen eine zweite Pumpe **202** in Kommunikation mit dem Anodenkreislauf **200** stehen, der derart konfiguriert ist, Gase in dem Anodenkreislauf **200** zu zirkulieren. Eine derartige Zirkulation kann unter anderem die Bildung einer H₂-Luft-Front in einer Anodenkammer des PEMFC-Stapels **106** hemmen, wodurch eine Kohlenstoffkorrosion in dem PEMFC-System **102** reduziert wird. Beispielsweise kann, wie nachfolgend diskutiert ist, die zweite Pumpe **202** derart konfiguriert sein, H₂, N₂ und/oder Luft (z. B. Sauerstoff) in Verbindung mit einem Hemmen der Bildung einer H₂-Luft-Front in einer Kathodenkammer des PEMFC-Stapels **106** (z. B. während Anfahr- und/oder Abschalt-Betriebsabläufen des PEMFC-Systems **102**) zu zirkulieren. Bei gewissen Ausführungsformen kann die zweite Pumpe **202** eine relativ kleine und/oder miniaturisierte Pumpe umfassen und derart konfiguriert sein, während des Betriebs relativ wenig Leistung zu verbrauchen. Bei einigen Ausführungsformen kann die zweite Pumpe **202** durch ein elektrisches Niederspannungssystem des Fahrzeugs **100** (z. B. ein elektrisches 12 V-System oder dergleichen) mit Leistung beaufschlagt werden.

[0031] Fig. 3A zeigt ein konzeptionelles Diagramm einer Sauerstoffeindringung in ein vereinfachtes PEMFC-System gemäß hier offenbarten Ausführungsformen. Insbesondere umfasst das gezeigte vereinfachte System **300** eine einzelne Zelle, obwohl

angemerkt sei, dass hier offenbarte Ausführungsformen in Verbindung mit einem PEMFC-System verwendet werden können, dass eine beliebige Anzahl von Zellen umfasst. Das vereinfachte PEMFC-System **300** kann eine Anodenkammer **308**, eine Kathodenkammer **310** und eine dazwischen angeordnete Protonenaustauschmembran **312** umfassen.

[0032] Wie gezeigt ist, kann bei gewissen Bedingungen (z. B. Anfahr- und/oder Abschalt-Betriebsabläufen des PEMFC-Systems **300**) Luft **304** (z. B. Sauerstoff) in das PEMFC-System **300** eindringen. Eine derartige Eindringung kann eine H₂-Luft-Front **314** an einer Grenzfläche der eingedrungenen Luft **304** und H₂ **302** in dem System **300** erzeugen, die sich von einer Kathodenkammer **310** zu einer Anodenkammer **308** des PEMFC-Systems **300** ausbreitet. Diese sich ausbreitende Front **314** kann zu Kohlenstoffkorrosion innerhalb gewisser Materialien des PEMFC-Systems **300** führen. Dementsprechend können, wie nachfolgend mit Bezug auf die Fig. 3B–Fig. 3C diskutiert ist, hier offenbarte Ausführungsformen eine elektrochemische Pumpe verwenden, die in einem Kathodenkreislauf des PEMFC-Systems **300** angeordnet und derart konfiguriert ist, Sauerstoff zu entfernen, der in das System **300** eindringt. Überdies können eine oder mehrere Pumpen in dem Anoden- und/oder Kathodenkreislauf enthalten sein, die derart konfiguriert sein können, Gase zu zirkulieren, die derart ausgelegt sein können, die Bildung der H₂-Luft-Front **314** in dem System **300** zu verhindern.

[0033] Fig. 3B zeigt ein konzeptionelles Diagramm eines Verfahrens zum Hemmen einer Kohlenstoffkorrosion in einem PEMFC-System gemäß hier offenbarten Ausführungsformen. Gewisse Elemente, die in Fig. 3B gezeigt sind, können ähnlich zu Elementen sein, die mit Bezug auf Fig. 3A gezeigt und beschrieben sind, und demgemäß können ähnliche Elemente mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet sein.

[0034] Wie oben diskutiert ist, können bei einigen Ausführungsformen eine oder mehrere Pumpen (z. B. Miniaturpumpen mit Niedrigleistung) in Kommunikation mit einem Kathodenkreislauf und/oder einem Anodenkreislauf eines PEMFC-Systems **300** derart konfiguriert sein, gewisse Gase (z. B. H₂ **302**, Luft **304** und/oder N₂ **306**) in Verbindung mit einem Hemmen der Bildung einer H₂-Luft-Front, die sich von einer Kathodenkammer **310** zu einer Anodenkammer **308** des PEMFC-Systems **300** ausbreitet) zu zirkulieren. Beispielsweise können, wie gezeigt ist, die eine oder mehreren Pumpen N₂ **306** in der Kathodenkammer **310** und der Anodenkammer **308** des PEMFC-Systems **300** zirkulieren (d. h. Austausch und/oder wesentlicher Austausch von H₂ **302**, der sich in beiden Kammern **308**, **310** befindet). Sobald die Kathodenkammer **310** und die Anodenkammer **308** im Wesentlichen N₂ **306** enthalten, kann Luft **304** in der Kathodenkammer **310** durch eine dem Kathodenkreis-

lauf zugeordnete Pumpe zirkuliert werden. Gleichermaßen kann Luft **304** in der Kathodenkammer **308** durch eine dem Anodenkreislauf zugeordnete Pumpe zirkuliert werden. In dem zuerst N₂ **306** in die Anoden- und Kathodenkammern **308**, **310** vor dem Zirkulieren von Luft **304** zirkuliert wird, kann die Bildung einer sich ausbreitenden H₂-Luft-Front verhindert werden, wodurch eine Kohlenstoffkorrosion in dem PEMFC-System **300** gehemmt wird.

[0035] Fig. 3C zeigt ein anderes konzeptionelles Diagramm eines Verfahrens zum Hemmen einer Kohlenstoffkorrosion in einem PEMFC-System **300** gemäß hier offenbarten Ausführungsformen. Gewisse Elemente, die in Fig. 3C gezeigt sind, können ähnlich zu Elementen sein, die mit Bezug auf Fig. 3A–Fig. 3B gezeigt und beschrieben sind, und demgemäß können ähnliche Elemente mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet sein.

[0036] Wie oben diskutiert ist, können bei einigen Ausführungsformen eine oder mehrere Pumpen (z. B. Miniaturpumpen mit Niedrigleistung) in Kommunikation mit einem Kathodenkreislauf und/oder einem Anodenkreislauf eines PEMFC-Systems **300** derart konfiguriert sein, gewisse Gase (z. B. H₂ **302**, Luft **304** und/oder N₂ **306**) in Verbindung mit einem Hemmen der Bildung einer H₂-Luft-Front, die sich von einer Kathodenkammer **310** zu einer Anodenkammer **308** des PEMFC-Systems **300** ausbreitet) zu zirkulieren. Bei einer weiteren Ausführungsform kann eine elektrochemische Sauerstoffpumpe in einem Kathodenkreislauf des Systems **300** enthalten sein, die derart konfiguriert ist, Sauerstoff, der in das PEMFC-System **300** (z. B. Während Anfahr- und Abschalt-Betriebsabläufen) eindringt, zu entfernen. Beispielsweise kann, wie gezeigt ist, eine dem Kathodenkreislauf zugeordnete Pumpe N₂ **306** in der Kathodenkammer **310** zirkulieren. Gleichermaßen kann eine dem Anodenkreislauf zugeordnete Pumpe N₂ **306** in der Anodenkammer **308** zirkulieren. Jeglicher Sauerstoff (z. B. Luft), der in das System **300** eindringt, kann von der elektrochemischen Sauerstoffpumpe, die in dem Kathodenkreislauf des Systems **300** enthalten ist, entfernt werden. Auf diese Weise kann die Bildung einer sich ausbreitenden H₂-Luft-Front verhindert werden, wodurch eine Kohlenstoffkorrosion in dem PEMFC-System **300** gehemmt wird.

[0037] Fig. 4 zeigt ein Flussdiagramm eines beispielhaften Verfahrens **400** zum Hemmen einer Kohlenstoffkorrosion in einem PEMFC-System gemäß hier offenbarten Ausführungsformen. Das gezeigte Verfahren **400** kann zumindest teilweise unter Verwendung eines Steuersystems, einer oder mehrerer Pumpen (z. B. miniaturisierter Niedrigleistungspumpen) und/oder einer elektrochemischen Sauerstoffpumpe ausgeführt werden, obwohl auch andere geeignete Systeme und/oder Kombinationen von Systemen verwendet werden können.

[0038] Das Verfahren **400** kann bei **402** beginnen. Bei gewissen Ausführungsformen kann das Verfahren **400** während eines Anfahr- und/oder Abschalt-Betriebsablaufes des PEMFC-Systems ausgelöst werden. Bei **404** kann eine erste Pumpe, die mit einer Kathodeneingangsleitung (z. B. einer in einem Kathodenkreislauf enthaltenen Eingangsleitung) in Kommunikation mit einer Kathodenkammer des PEMFC Systems gekoppelt ist, betätigt werden. Bei bestimmten Ausführungsformen kann eine Betätigung der ersten Pumpe bewirken, dass ein erstes Gas in der Kathodenkammer zirkuliert, das derart konfiguriert ist, um eine Bildung einer H₂-Luft-Grenzfläche innerhalb der Kathodenkammer zu verhindern.

[0039] Bei **406** kann eine zweite Pumpe, die mit einer Anodeneingangsleitung (z.B. einer Eingangsleitung, die in einem Anodenkreislauf enthalten ist) in Kommunikation mit einer Anodenkammer des PEMFC-Systems gekoppelt ist, betätigt werden. Eine Betätigung der zweiten Pumpe kann dazu führen, ein zweites Gas innerhalb der Anodenkammer zu zirkulieren, das derart konfiguriert ist, eine Bildung einer H₂-Luft-Grenzfläche innerhalb der Kathodenkammer zu verhindern. In bestimmten Ausführungsformen können das erste Gas und/oder das zweite Gas N₂ enthalten, obwohl auch andere geeignete Gase, die derart konfiguriert sind, um die Bildung einer H₂-Luft-Grenzfläche zu verhindern, verwendet werden können.

[0040] Bei **408** kann eine elektrochemische Sauerstoffpumpe, die mit der Kathodeneingangsleitung gekoppelt ist, betätigt werden, um jeglichen Sauerstoff, der in das PEMFC-System eindringt, zu entfernen. Dadurch, dass die Bildung einer sich ausbreitenden H₂-Luft-Front verhindert wird und jeglicher Sauerstoff, der in das PEMFC-System eindringt, entfernt wird, kann eine Kohlenstoffkorrosion in dem System gehemmt werden. Das Verfahren kann bei **410** zum Ende weiterfahren.

[0041] Bestimmte Systeme und Verfahren, die hier offenbart sind, können zumindest teilweise unter Verwendung eines oder mehrerer Computersysteme implementiert sein. Die hier offenbarten Systeme und Verfahren beziehen sich nicht inhärent auf irgendeinen bestimmten Computer oder andere Vorrichtung und können durch eine geeignete Kombination von Hardware, Software und/oder Firmware implementiert sein. Software-Implementierungen können ein oder mehrere Computerprogramme aufweisen, die ausführbaren Code/Anweisungen umfassen, die, wenn sie von einem Prozessor ausgeführt werden, den Prozessor veranlassen, ein Verfahren durchzuführen, das zumindest teilweise durch die ausführbaren Anweisungen definiert ist. Das Computerprogramm kann in jeder Form von Programmiersprache, einschließlich kompilierter oder interpretierter Sprachen geschrieben sein, und kann in jeder

Form eingesetzt werden, einschließlich als ein eigenständiges Programm oder als Modul, Komponente, Subroutine oder andere Einheit, die zur Verwendung in einer Rechenumgebung geeignet ist. Ferner kann ein Computerprogramm eingesetzt werden, das auf einem Computer oder auf mehreren Computern an einem Ort oder über mehrere Standorte verteilt und durch ein Kommunikationsnetzwerk verbunden, ausgeführt wird. Software-Ausführungsformen können als ein Computerprogrammprodukt implementiert sein, das ein nicht-transistorisches Speichermedium umfasst, das derart konfiguriert ist, um Computerprogramme und Befehle zu speichern, die, wenn sie von einem Prozessor ausgeführt werden, konfiguriert sind, um den Prozessor zu veranlassen, ein Verfahren gemäß den Anweisungen auszuführen. Bei gewissen Ausführungsformen kann das nicht transistorische Speichermedium eine beliebige Form annehmen, die in der Lage ist, prozessorlesbare Anweisungen an einem nicht-transistorischen Speichermedium zu speichern. Ein nicht-transistorisches Speichermedium kann durch eine Compact-Disk, eine digitale Videoplatte, ein Magnetband, ein Bernoulli-Laufwerk, eine Magnetplatte, eine Lochkarte, Flash-Speicher, integrierte Schaltkreise oder eine beliebige andere nicht transistorische digitale Speichervorrichtung einer Verarbeitungseinrichtung ausgeführt werden.

[0042] Obwohl das Vorhergehende detailliert für die Zwecke der Klarheit beschrieben worden ist, sei angemerkt, dass gewisse Änderungen und Modifikationen ohne Abweichung von den Grundsätzen hier gemacht werden können. Zum Beispiel können bei bestimmten Ausführungsformen die Systeme und Verfahren, die hierin offenbart sind, in FC-Systemen verwendet werden, die nicht in einem Fahrzeug enthalten sind (z. B. wie in Reserve-Stromquellen oder dergleichen). Es sei angemerkt, dass es viele alternative Wege zur Implementierung sowohl der hierin beschriebenen Prozesse als auch Systeme gibt. Dementsprechend sind die vorliegenden Ausführungsformen als veranschaulichend und nicht als einschränkend zu verstehen, und die Erfindung ist nicht auf die hierin gegebenen Details beschränkt, sondern kann innerhalb des Schutzzumfangs und der Äquivalente der beigefügten Ansprüche modifiziert werden.

[0043] Die vorangehende Beschreibung ist unter Bezugnahme auf verschiedene Ausführungsformen beschrieben worden. Jedoch erkennt der Fachmann, dass verschiedene Modifikationen und Änderungen ohne Abweichung von dem Schutzzumfang der vorliegenden Offenbarung durchgeführt werden können. Beispielsweise können verschiedene Betriebsschritte wie auch Komponenten zur Ausführung von Betriebsschritten in alternativen Wegen abhängig von der bestimmten Anwendung oder in Betrachtung einer beliebigen Anzahl von Kostenfunktionen, die dem Betrieb des Systems zugeordnet sind, implementiert sein. Demgemäß können einer oder mehrere der

Schritte weggelassen, modifiziert oder mit anderen Schritten kombiniert werden. Ferner ist diese Offenbarung in einem illustrativen anstatt einem restriktiven Sinne zu betrachten, und alle derartigen Modifikationen sind dazu bestimmt, innerhalb des Schutzzumfangs derselben enthalten zu sein. Gleichermaßen sind ein Nutzen, andere Vorteile und Lösungen für Probleme oben mit Bezug auf verschiedene Ausführungsformen beschrieben worden. Jedoch sind Nutzen, Vorteile, Lösungen für Probleme und jedes Element (e), die dazu führen können, dass irgendein Nutzen, Vorteil oder eine Lösung auftritt oder deutlicher hervortritt, nicht als ein kritisches, ein erforderliches oder ein wesentliches Merkmal oder Element auszulegen.

[0044] Wie hierin verwendet, sind die Begriffe "umfassen" und "aufweisen" und irgendeine andere Variation davon dazu bestimmt, eine nicht ausschließliche Einbeziehung abzudecken, so dass ein Prozess, ein Verfahren, ein Gegenstand oder eine Vorrichtung, die eine Liste von Elementen umfasst, nicht nur diejenigen Elemente umfasst, sondern weitere Elemente, die nicht ausdrücklich aufgelistet oder einem solchen Prozess, Verfahren, System, Gegenstand oder Vorrichtung zugehörig sind, umfassen kann. Auch, wie hierin verwendet, sind die Begriffe "in Kommunikation", "gekoppelt", "koppelnd" und andere Variation derselben dazu bestimmt, eine physikalische Verbindung, eine elektrische Verbindung, eine magnetische Verbindung, eine optische Verbindung, eine kommunikative Verbindung, eine funktionale Verbindung und/oder jede andere Verbindung abzudecken.

[0045] Der Fachmann erkennt, dass viele Änderungen an den Details der oben beschriebenen Ausführungsformen gemacht werden können, ohne von den zugrunde liegenden Prinzipien der Erfindung abzuweichen. Der Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung sei daher nur durch die folgenden Ansprüche bestimmt.

Patentansprüche

1. System, umfassend:
 ein Brennstoffzellensystem, das eine Anodenkammer und eine Kathodenkammer umfasst;
 eine Kathodenleitung, die mit der Kathodenkammer gekoppelt ist;
 eine Anodenleitung, die mit der Anodenkammer gekoppelt ist;
 eine erste Pumpe, die mit der Kathodenleitung gekoppelt und derart konfiguriert ist, ein oder mehrere Gase in der Kathodenkammer selektiv zu zirkulieren, die derart konfiguriert sind, eine Bildung einer H₂-Luft-Grenzfläche in der Kathodenkammer zu verhindern;
 eine zweite Pumpe, die mit der Anodenleitung gekoppelt und derart konfiguriert ist, ein oder mehrere Gase in der Anodenkammer selektiv zu zirkulieren, die

derart konfiguriert sind, eine Bildung einer H₂-Luft-Grenzfläche in der Anodenkammer zu verhindern;
 eine Sauerstoffpumpe, die mit der Kathodenleitung gekoppelt und derart konfiguriert ist, selektiv Sauerstoff zu entfernen, der in das Brennstoffzellensystem eindringt; und
 ein Steuersystem in Kommunikation mit der ersten Pumpe, der zweiten Pumpe und der Sauerstoffpumpe, das derart konfiguriert ist, den Betrieb der ersten Pumpe, der zweiten Pumpe und der Sauerstoffpumpe zu steuern.

2. System nach Anspruch 1, wobei das Steuersystem derart konfiguriert ist, den Betrieb der ersten Pumpe und der zweiten Pumpe zu steuern durch:
 Betätigen der ersten Pumpe und der zweiten Pumpe, um N₂ in der Kathodenkammer und der Anodenkammer zu zirkulieren; und
 anschließendes Betätigen der ersten Pumpe und der zweiten Pumpe, um Luft in der Kathodenkammer und der Anodenkammer zu zirkulieren.

3. System nach Anspruch 1, wobei das Steuersystem derart konfiguriert ist, den Betrieb der ersten Pumpe, der zweiten Pumpe und der Sauerstoffpumpe zu steuern durch:
 Betätigen der ersten Pumpe und der zweiten Pumpe, um N₂ in der Kathodenkammer und der Anodenkammer zu zirkulieren; und
 Betätigen der Sauerstoffpumpe, um Sauerstoff zu entfernen, der in die Kammer des Brennstoffzellensystems eindringt.

4. System nach Anspruch 1, wobei die Sauerstoffpumpe eine elektrochemische Sauerstoffpumpe umfasst.

5. Verfahren zum Hemmen einer Kohlenstoffkorrosion in einem Brennstoffzellensystem, das eine Anodenkammer und eine Kathodenkammer umfasst und in einem Fahrzeug enthalten ist, wobei das Verfahren umfasst:
 Betätigen einer ersten Pumpe, die mit einer Kathodeneingangsleitung in Kommunikation mit der Kathodenkammer gekoppelt ist, um ein erstes Gas in der Kathodenkammer zu zirkulieren, das derart konfiguriert ist, eine Bildung einer H₂-Luft-Grenzfläche in der Kathodenkammer zu verhindern;
 Betätigen einer zweiten Pumpe, die mit einer Anodeneingangsleitung in Kommunikation mit der Anodenkammer gekoppelt ist, um ein zweites Gas in der Anodenkammer zu zirkulieren, das derart konfiguriert ist, eine Bildung einer H₂-Luft-Grenzfläche in der Anodenkammer zu verhindern; und
 Betätigen einer Sauerstoffpumpe, die mit der Kathodeneingangsleitung gekoppelt und derart konfiguriert ist, Sauerstoff zu entfernen, der in das Brennstoffzellensystem eindringt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das Verfahren während eines Anfahrens des Brennstoffzellensystems ausgeführt wird.

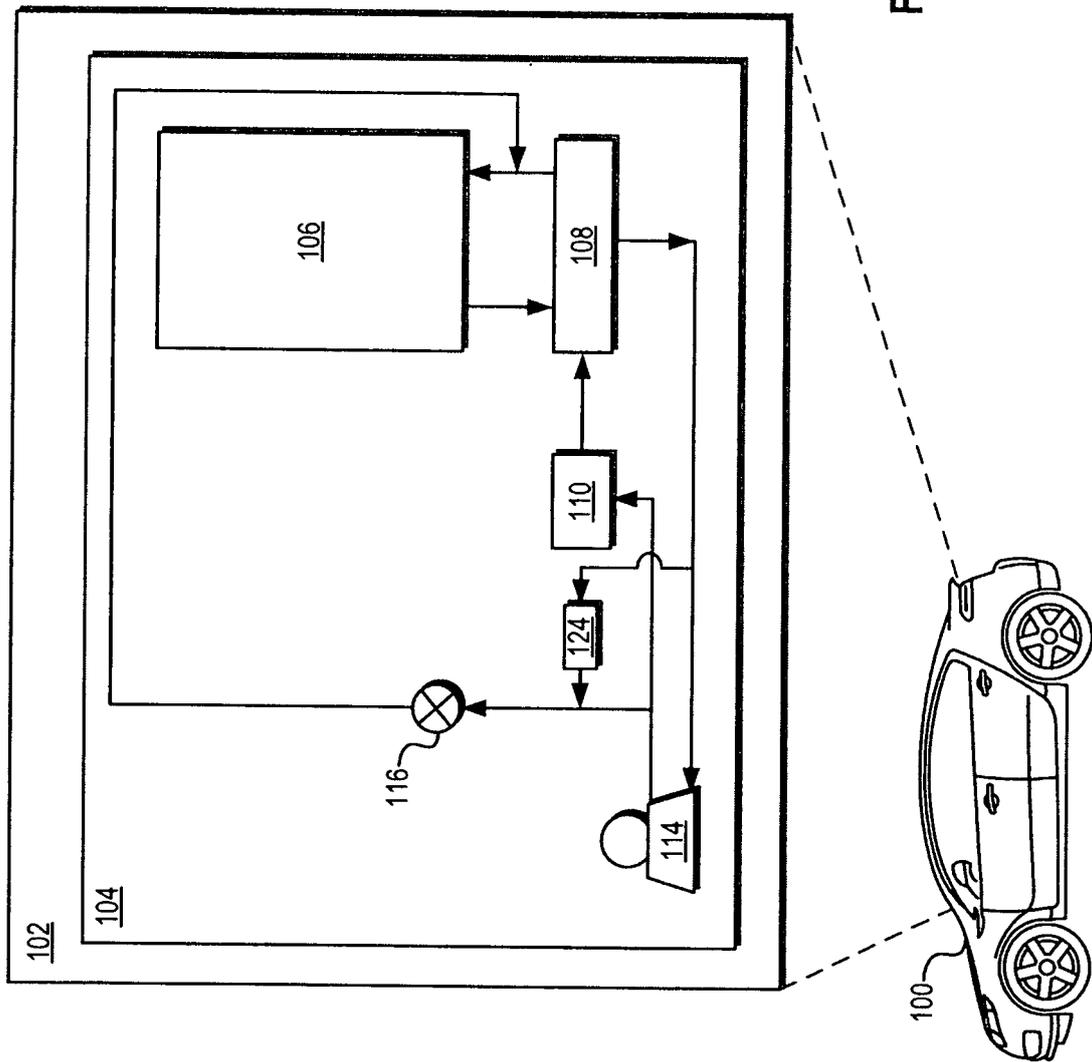
7. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das Verfahren während eines Abschaltens des Brennstoffzellensystems ausgeführt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Sauerstoffpumpe ferner derart konfiguriert ist, bei Betätigung Sauerstoff zu entfernen, der in die Kathodenkammer eindringt.

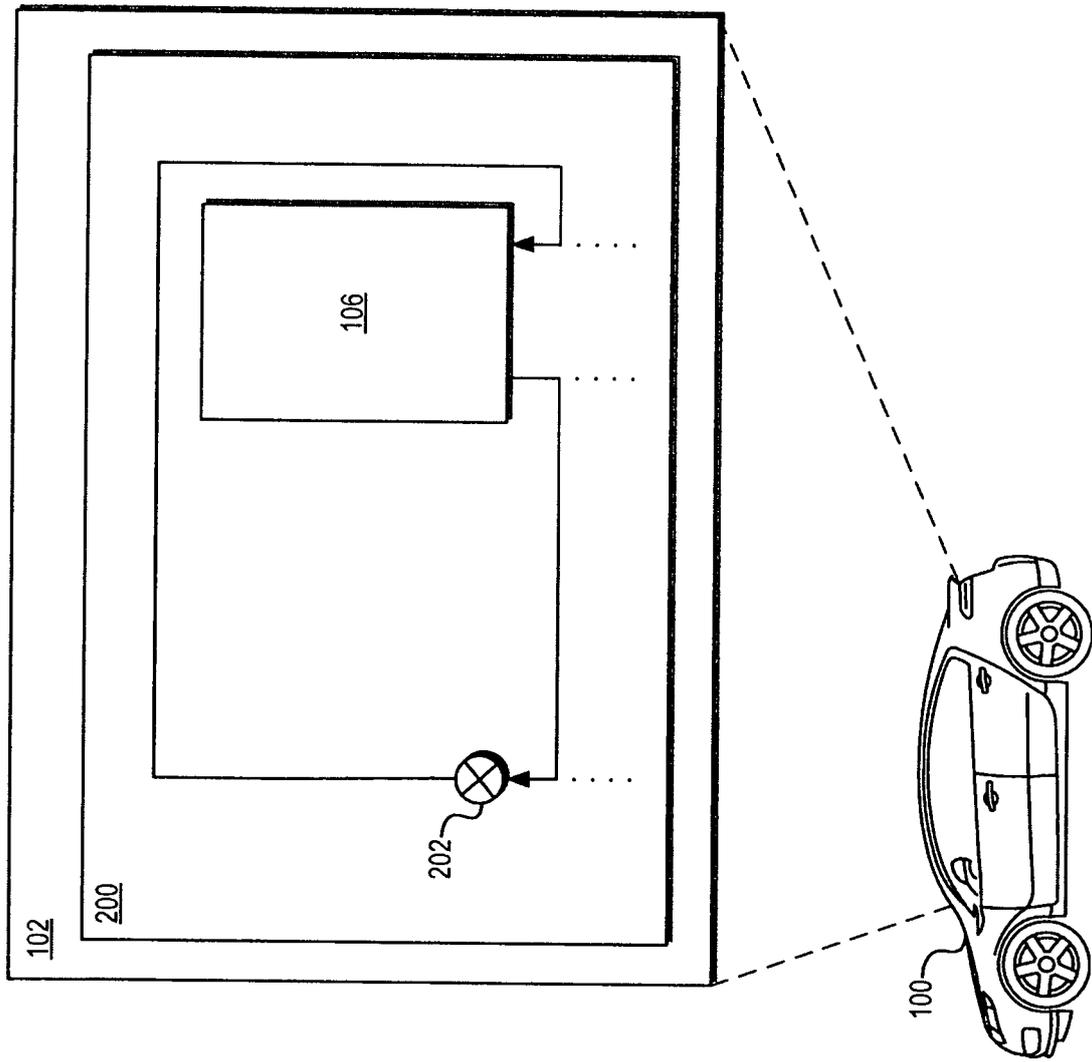
9. System, umfassend:
ein Brennstoffzellensystem, das eine Anodenkammer und eine Kathodenkammer umfasst;
eine Kathodenleitung, die mit der Kathodenkammer gekoppelt ist;
eine Anodenleitung, die mit der Anodenkammer gekoppelt ist;
eine erste Pumpe, die mit der Kathodenleitung gekoppelt und derart konfiguriert ist, ein oder mehrere Gase in der Kathodenkammer selektiv zu zirkulieren, das derart konfiguriert ist, eine Bildung einer H₂-Luft-Grenzfläche in der Kathodenkammer zu verhindern;
eine zweite Pumpe, die mit der Anodenleitung gekoppelt und derart konfiguriert ist, ein oder mehrere Gase in der Anodenkammer selektiv zu zirkulieren, das derart konfiguriert ist, eine Bildung einer H₂-Luft-Grenzfläche in der Anodenkammer zu verhindern;
ein Steuersystem in Kommunikation mit der ersten Pumpe und der zweiten Pumpe, das derart konfiguriert ist, den Betrieb der ersten Pumpe, der zweiten Pumpe und der Sauerstoffpumpe zu steuern.

10. System nach Anspruch 9, wobei das Steuersystem derart konfiguriert ist, den Betrieb der ersten Pumpe und der zweiten Pumpe zu steuern durch:
Betätigen der ersten Pumpe und der zweiten Pumpe, um N₂ in der Kathodenkammer und der Anodenkammer zu zirkulieren; und
anschließendes Betätigen der ersten Pumpe und der zweiten Pumpe, um Luft in der Kathodenkammer und der Anodenkammer zu zirkulieren.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen



Figur 1B



Figur 2

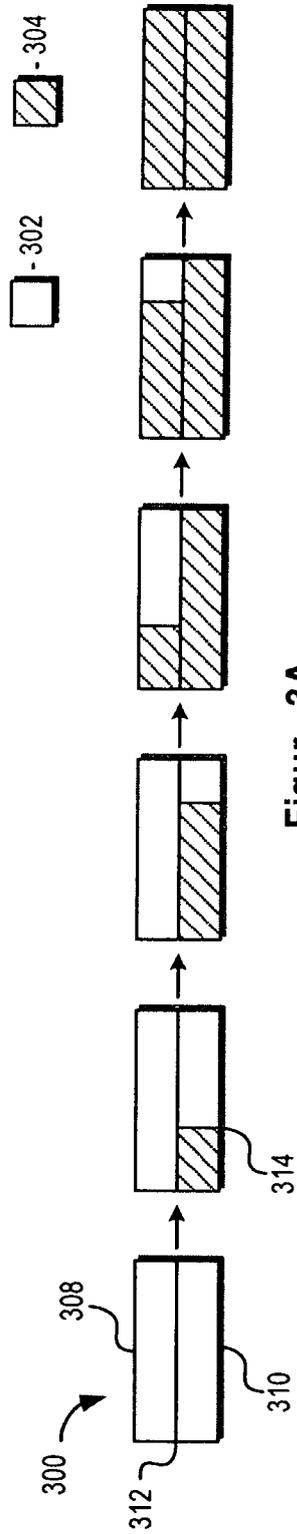


Figure 3A

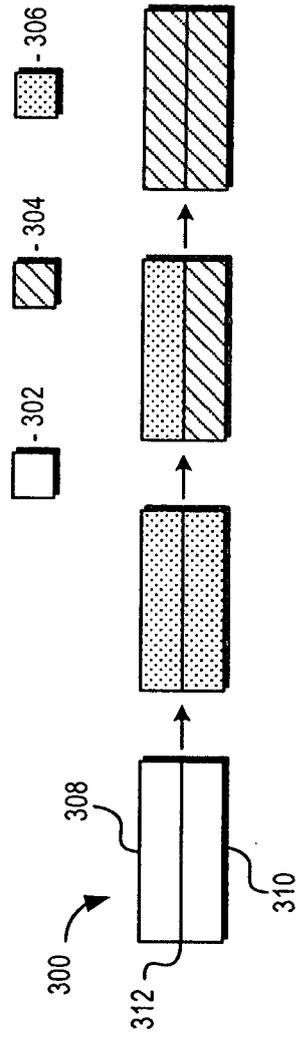


Figure 3B

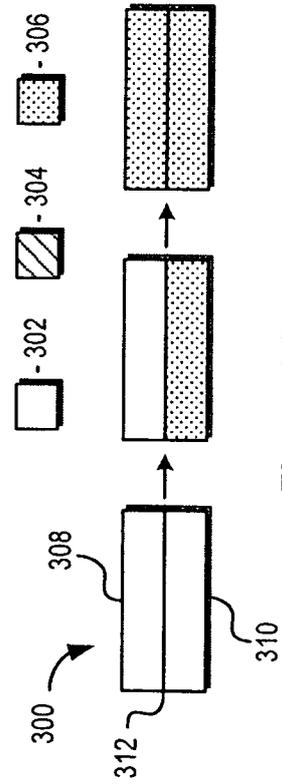
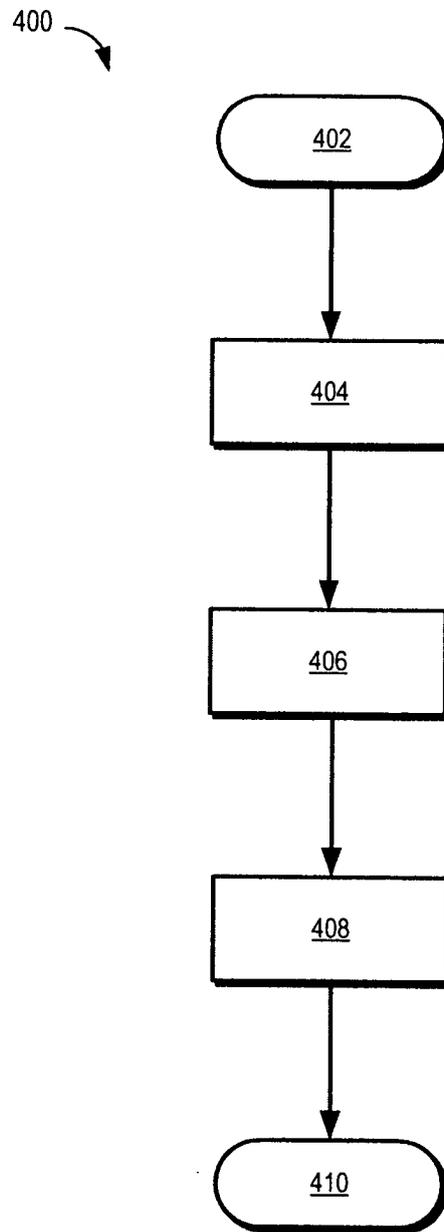


Figure 3C



Figur 4