



(10) **DE 10 2008 051 964 B4** 2015.07.09

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 051 964.2**

(22) Anmeldetag: **16.10.2008**

(43) Offenlegungstag: **07.05.2009**

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **09.07.2015**

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

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

(30) Unionspriorität:  
**11/874,317 18.10.2007 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**

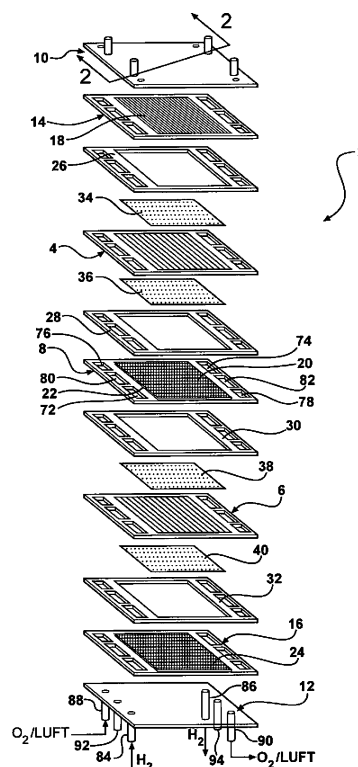
(72) Erfinder:  
**Machuca, Joe C., Rochester, N.Y., US;  
Mackintosh, Charles, Victor, N.Y., US; Robb, Gary  
M., Honeoye Falls, N.Y., US; Goebel, Steven G.,  
Victor, N.Y., US**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

**DE 11 2004 002 565 T5  
US 2004 / 0 067 399 A1  
US 2004 / 0 224 191 A1**

(54) Bezeichnung: **Brennstoffzellensystem und Verfahren zum Starten desselben**

(57) Hauptanspruch: Brennstoffzellensystem, umfassend:  
einen Brennstoffzellenstapel (2) mit einer Vielzahl von Brennstoffzellen (200), die Anoden und Kathoden besitzen, wobei der Brennstoffzellenstapel (2) einen Anodenversorgungsverteiler (202) und einen Anodenaustragsverteiler (204) in Fluidkommunikation mit den Anoden aufweist;  
einer Saugvorrichtung (310, 310', 310'') in Fluidkommunikation mit dem Anodenversorgungsverteiler (202) und/oder dem Anodenaustragsverteiler (204), wobei die Saugvorrichtung (310, 310', 310'') derart ausgebildet ist, um ein Teilvakuum an dem Brennstoffzellenstapel (2) selektiv während einer Inbetriebnahme des Brennstoffzellensystems (300, 300', 300'') zu erzeugen; und einem Anodeneinlassventil (210) in Fluidkommunikation mit dem Anodenversorgungsverteiler (202), einem ersten Spülventil (214) in Fluidkommunikation mit dem Anodenversorgungsverteiler (202), einem zweiten Spülventil (216) in Fluidkommunikation mit dem Anodenaustragsverteiler (204) und einem Anodenauslassventil (212) in Fluidkommunikation mit dem Anodenaustragsverteiler (204).



**Beschreibung****GEBIET DER ERFINDUNG**

**[0001]** Die vorliegende Offenbarung betrifft ein Brennstoffzellensystem und ein Verfahren zum Starten eines Brennstoffzellensystems.

**HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

**[0002]** Eine Brennstoffzelle ist als eine reine, effiziente und umweltfreundliche Energiequelle für Elektrofahrzeuge und verschiedene andere Anwendungen vorgeschlagen worden. Insbesondere ist die Brennstoffzelle als eine potenzielle Alternative für die herkömmlichen Brennkraftmaschinen, die in modernen Fahrzeugen verwendet werden, erkannt worden.

**[0003]** Ein Typ einer Brennstoffzelle ist als eine Protonenaustauschmembran(PEM)-Brennstoffzelle bekannt. Die PEM-Brennstoffzelle umfasst typischerweise drei Grundkomponenten: eine Kathodenelektrode, eine Anodenelektrode und eine Elektrolytmembran. Die Kathoden- und Anodenelektroden weisen typischerweise einen fein geteilten Katalysator, wie Platin auf, der auf Kohlenstoffpartikeln geträgert und mit einem Ionomer gemischt ist. Die Elektrolytmembran ist schichtartig zwischen der Kathode- und der Anode angeordnet, um eine Membranelektrodenanordnung (MEA) zu bilden. Die MEA ist oftmals zwischen porösen Diffusionsmedien (DM) angeordnet, die eine Lieferung von gasförmigen Reaktanden, typischerweise Wasserstoff und Sauerstoff, für eine elektrochemische Brennstoffzellenreaktion fördern. Solch eine Brennstoffzelle ist beispielsweise aus der DE 11 2004 002 565 T5 bekannt geworden. Gemäß der Lehre dieser Druckschrift wird beim Starten der Brennstoffzelle über den Anodenauslass der Brennstoffzelle ein Vakuum im Bereich des Anodenströmungsfelds der Zelle erzeugt.

**[0004]** Einzelne Brennstoffzellen können gemeinsam in Reihe gestapelt werden, um einen Brennstoffzellenstapel zu bilden. Bei Inbetriebnahme des Brennstoffzellenstapels wird typischerweise Wasserstoffgas dazu verwendet, um die Anoden von Luft zu spülen, die während des Abschaltens in die Anoden diffundiert ist und sich in diesen ansammelt. Das Strömen von Wasserstoffgas in die Anoden nach einer Abschaltung erzeugt eine "Wasserstoff-Luft-Front", die über die Anoden gelangt. Die Spülung ist erwünschtermaßen rasch, um den bekannten Kohlenstoffabbau zu minimieren, der auftritt, wenn sich die Wasserstoff-Luft-Front über die Anoden bewegt, während sich Luft an den Kathoden befindet. Ein herkömmliches Brennstoffzellensystem verwendet hauptsächlich den Wasserstoffgasdruck während des Spülens, um die angesammelte Luft zu verdrängen. Jedoch kann die Füllrate durch Druckbeschränkungen des Brennstoffzellenstapels wie auch Strö-

mungswiderstände über das Brennstoffzellensystem beschränkt sein.

**[0005]** Um einen Kohlenstoffabbau zu mindern, wird manchmal während des Spülens ein Kurzschluss des Brennstoffzellenstapels ausgeführt. Jedoch kann eine Kohlenstoffkorrosion auch durch eine nicht gleichzeitige Lieferung von Wasserstoff zu den Brennstoffzellen bewirkt werden. Beispielsweise können die der Wasserstoffversorgung am nächsten liegenden Brennstoffzellen Wasserstoff zuerst aufnehmen, und der Kurzschluss wirkt so lange nicht, bis der größte Teil der Brennstoffzellen Wasserstoff aufgenommen hat. Somit können die Brennstoffzellen, die den Wasserstoff zuerst aufnehmen, aufgrund der Wasserstoff-Luft-Front einer ungeminderten Korrosion ausgesetzt sein. Zusätzlich beginnt, wenn viele der Brennstoffzellen beginnen, Wasserstoff aufzunehmen, der Kurzschluss wirksam zu werden. Jedoch können die Brennstoffzellen, die keinen Wasserstoff aufweisen, bei einem Phänomen, das als eine "Zellenumkehr" bzw. "Zellenumpolung" bekannt ist, einer negativen Spannung ausgesetzt werden. Eine Zellenumkehr resultiert auch in einer unerwünschten Kohlenstoffkorrosion des Brennstoffzellenstapels.

**[0006]** Bei Inbetriebnahme wird auch Luft an einen Austrag eines Brennstoffzellenstapels umgeleitet, um den ausgetragenen reinen Wasserstoff zu verdünnen. Fahrzeugemissionsstandards erfordern allgemein, dass die Konzentration von ausgetragenen Wasserstoff kleiner als vier Volumenprozent (4 Vol.-%) ist. Bekannte Brennstoffzellensysteme sind jedoch aufgrund der inkonsistenten Bedingungen des Brennstoffzellensystems nach einer Abschaltperiode, wie einer variablen Menge von angesammelter Luft an den Anoden, bei einer Optimierung von Wasserstoffemissionen bei Inbetriebnahme nicht besonders wirkungsvoll.

**[0007]** Daher existiert ein fortwährender Bedarf nach einem Brennstoffzellensystem und einem Verfahren, die eine effiziente Inbetriebnahme bereitstellen, während erwünschte Wasserstoffaustragsemissionsstandards erfüllt werden. Erwünschtermaßen sehen das Brennstoffzellensystem wie auch die Verfahren eine rasche Systeminbetriebnahme mit einer minimalen Stapeldegradation durch Optimierung der Wasserstoff-Luft-Frontzeit während der Inbetriebnahme vor.

**ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG**

**[0008]** Gemäß der vorliegenden Offenbarung sind ein Brennstoffzellensystem und ein Verfahren entwickelt worden, die eine effiziente Inbetriebnahme bereitstellen, die Wasserstoffaustragsemissionsstandards erfüllt und eine Wasserstoff-Luft-Frontzeit sowie eine Stapeldegradation minimiert.

**[0009]** Bei einer Ausführungsform umfasst ein Brennstoffzellensystem die Merkmale des Anspruchs 1.

**[0010]** Bei einer anderen Ausführungsform umfasst ein erstes Verfahren zum Starten des Brennstoffzellensystems den Schritt, dass der Brennstoffzellenstapel mit dem Anodenversorgungsverteiler in Fluidkommunikation mit einem ersten Spülventil und einem Anodeneinlassventil bereitgestellt wird, das derart ausgebildet ist, um Wasserstoff selektiv an den Anodenversorgungsverteiler zu liefern. Der Anodenaustragsverteiler steht in Fluidkommunikation mit einem Anodenauslassventil. Eine Saugvorrichtung in Fluidkommunikation mit dem ersten Spülventil und dem Anodenauslassventil ist ebenfalls vorgesehen. Das erste Verfahren umfasst ferner die Schritte, dass: ein Teilvakuum an dem Brennstoffzellenstapel erzeugt wird, indem das erste Spülventil und das Anodenauslassventil geöffnet werden; das Anodenauslassventil geschlossen wird; der Anodenversorgungsverteiler mit Wasserstoff durch Öffnen des Anodeneinlassventils gespült wird; das erste Spülventil geschlossen wird, wenn der Anodenversorgungsverteiler im Wesentlichen mit Wasserstoff gefüllt ist; die Anoden und der Anodenaustragsverteiler mit Wasserstoff durch Öffnen des Anodenauslassventils versorgt werden; und die Kathoden mit Luft versorgt werden. Der Brennstoffzellenstapel wird dadurch in einen Betriebsmodus versetzt.

**[0011]** Bei einer weiteren Ausführungsform umfasst ein zweites Verfahren zum Starten des Brennstoffzellensystems den Schritt, dass der Brennstoffzellenstapel mit dem Anodenversorgungsverteiler in Fluidkommunikation mit einem ersten Spülventil und einem Anodeneinlassventil bereitgestellt wird, das derart ausgebildet ist, um Wasserstoff selektiv an den Anodenversorgungsverteiler zu liefern. Der Anodenaustragsverteiler steht in Fluidkommunikation mit einem zweiten Spülventil und einem Anodenauslassventil. Es ist auch eine Saugvorrichtung in Fluidkommunikation mit dem ersten Spülventil und dem zweiten Spülventil vorgesehen. Das zweite Verfahren umfasst ferner die Schritte, dass: ein Teilvakuum an dem Anodenversorgungsverteiler durch Öffnen des ersten Spülventils erzeugt wird; der Anodenversorgungsverteiler mit Wasserstoff durch Öffnen des Anodeneinlassventils gespült wird; das erste Spülventil geschlossen wird, wenn der Anodenversorgungsverteiler im Wesentlichen mit Wasserstoff gefüllt ist; ein Teilvakuum an dem Anodenaustragsverteiler durch Öffnen des zweiten Spülventils und des Anodenauslassventils erzeugt wird, wobei die Anoden und der Anodenaustragsverteiler mit Wasserstoff versorgt werden; das zweite Spülventil geschlossen wird, wenn die Anoden im Wesentlichen mit Wasserstoff gefüllt sind; und die Kathoden des Brennstoffzellenstapels mit Luft versorgt werden.

Das Brennstoffzellensystem wird dadurch in einen Betriebsmodus versetzt.

## ZEICHNUNGEN

**[0012]** Die obigen wie auch andere Vorteile der vorliegenden Offenbarung werden dem Fachmann leicht aus der folgenden detaillierten Beschreibung insbesondere unter Bezugnahme auf die nachfolgend beschriebenen Zeichnungen offensichtlich, in welchen:

**[0013]** Fig. 1 eine schematische, perspektivische Explosionsdarstellung eines PEM-Brennstoffzellenstapels der vorliegenden Erfindung veranschaulicht, die nur zwei Zellen zeigt;

**[0014]** Fig. 2 eine schematische Schnittansicht des in Fig. 1 gezeigten Brennstoffzellenstapels ist, die eine Vielzahl von Brennstoffzellen in Fluidkommunikation mit einem Einlassventil, einem Auslassventil und Spülventilen zeigt;

**[0015]** Fig. 3 ein schematisches Flussdiagramm eines Brennstoffzellensystems gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung;

**[0016]** Fig. 4 ein schematisches Flussdiagramm des in Fig. 3 gezeigten Brennstoffzellensystems mit einem Ejektor ist, der derart ausgebildet ist, um eine Anodenspülung des Brennstoffzellensystems zu unterstützen; und

**[0017]** Fig. 5 ein schematisches Flussdiagramm des in Fig. 3 gezeigten Brennstoffzellensystems mit einem Luftkompressor und einem Strömungsbegrenzer ist, der derart ausgebildet ist, um eine Anodenspülung des Brennstoffzellensystems zu unterstützen.

## DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0018]** Die folgende Beschreibung ist lediglich beispielhafter Natur. Es sei auch zu verstehen, dass entsprechende Bezugszeichen in allen Zeichnungen gleiche oder entsprechende Teile und Merkmale angeben. In Bezug auf die offenbarten Verfahren sind die dargestellten Schritte lediglich beispielhafter Natur und somit nicht notwendig oder kritisch.

**[0019]** Fig. 1 zeigt einen Brennstoffzellenstapel 2 mit einem Paar von MEAs 4, 6, die voneinander durch eine elektrisch leitende Bipolarplatte 8 getrennt sind. Der Einfachheit halber ist in Fig. 1 nur ein zwei Zellen umfassender Stapel (d. h. eine Bipolarplatte) veranschaulicht und beschrieben, wobei zu verstehen sei, dass ein typischer Brennstoffzellenstapel viel mehr derartige Zellen und Bipolarplatten besitzt.

**[0020]** Die MEAs **4, 6** und die Bipolarplatte **8** sind zwischen einem Paar von Klemmplatten **10, 12** und einem Paar von unipolaren Endplatten **14, 16** aneinander gestapelt. Die Klemmplatten **10, 12** sind durch ein Dichtungselement oder eine dielektrische Beschichtung (nicht gezeigt) elektrisch von den Endplatten **14, 16** isoliert. Die unipolaren Endplatten **14, 16** weisen Strömungsfelder **18, 20, 22, 24** auf. Die Strömungsfelder **18, 20, 22, 24** verteilen Wasserstoffgas und Luft über eine Anode bzw. eine Kathode der MEAs **4, 6**.

**[0021]** Nichtleitende Dichtungselemente **26, 28, 30, 32** sehen Abdichtungen wie auch eine elektrische Isolierung zwischen den verschiedenen Komponenten des Brennstoffzellenstapels **2** vor. Gaspermeable Diffusionsmedien **34, 36, 38, 40** grenzen an die Anoden und die Kathoden der MEAs **4, 6** an. Die Endplatten **14, 16** sind benachbart den Diffusionsmedien **34** bzw. **40** angeordnet, während die Bipolarplatte **8** benachbart dem Diffusionsmedium **36** an der Anodenseite der MEA **4** angeordnet ist. Die Bipolarplatte **8** ist ferner benachbart dem Diffusionsmedium **38** an der Kathodenseite der MEA **6** angeordnet.

**[0022]** Die Bipolarplatte **8**, die unipolaren Endplatten **14, 16** und die Dichtungselemente **26, 28, 30, 32** umfassen jeweils eine Anodenversorgungsöffnung **72** und eine Anodenaustragsöffnung **74**, eine Kathodenversorgungsöffnung **76** und eine Kathodenaustragsöffnung **78** und eine Kühlmittelversorgungsöffnung **80** und eine Kühlmittelaustragsöffnung **82**. Versorgungsverteiler, Austragsverteiler und Kühlmittelverteiler des Brennstoffzellenstapels **2** werden durch eine Ausrichtung der jeweiligen Öffnungen **72, 74, 76, 78, 80, 82** in der Bipolarplatte **8**, den unipolaren Endplatten **14, 16** und den Dichtungselementen **26, 28, 30, 32** geformt.

**[0023]** Die Anodenversorgungsöffnungen **72** und die Anodenaustragsöffnungen **74** stehen in Fluidkommunikation mit einer Anodeneinlassleitung **84** bzw. einer Anodenauslassleitung **86**. Eine Kathodeneinlassleitung **88** und eine Kathodenauslassleitung **90** stehen in Fluidkommunikation mit den Kathodenversorgungsöffnungen **76** bzw. den Kathodenaustragsöffnungen **78**. Die Kühlmittelversorgungsöffnungen **80** und die Kühlmittelaustragsöffnungen **82** stehen in Fluidkommunikation mit einer Kühlmittelinlassleitung **92** bzw. einer Kühlmittelauslassleitung **94**. Es sei zu verstehen, dass die Ausgestaltungen der verschiedenen Einlässe **84, 88, 92** und Auslässe **86, 90, 94** in **Fig. 1** zum Zwecke der Veranschaulichung dienen und gegebenenfalls andere Ausgestaltungen gewählt werden können.

**[0024]** Wie in **Fig. 2** gezeigt ist, kann der Brennstoffzellenstapel **2** eine Vielzahl von Brennstoffzellen **200** aufweisen. Der zusammengebaute Brennstoffzellen-

stapel **2** besitzt einen Anodenversorgungsverteiler **202** und einen Anodenaustragsverteiler **204**. Der Anodenversorgungsverteiler **202** ist derart ausgebildet, um eine Wasserstoffströmung über die Anodeneinlassleitung **84** aufzunehmen und den Wasserstoff an die Anoden der Vielzahl von Brennstoffzellen **200** zu liefern. Der Anodenaustragsverteiler **204** ist derart angepasst, um die Wasserstoffströmung von den Anoden der Vielzahl von Brennstoffzellen **200** aufzunehmen und den Wasserstoff an die Anodenauslassleitung **86** zu liefern. Der Brennstoffzellenstapel **2** kann ferner eine Versorgungsverteilerspülleitung **206** in Fluidkommunikation mit dem Anodenversorgungsverteiler **202** und/oder eine Austragsverteilerspülleitung **208** in Fluidkommunikation mit dem Anodenaustragsverteiler **204** aufweisen.

**[0025]** Bei bestimmten Ausführungsformen steht die Anodenversorgungsleitung **84** in Fluidkommunikation mit einem Anodeneinlassventil **210**. Ein Anodenauslassventil **212** steht in Fluidkommunikation mit der Anodenauslassleitung **86**. Ein erstes Spülventil **214** steht in Fluidkommunikation mit der Versorgungsverteilerspülleitung **206**. Das erste Spülventil **214** erleichtert eine Spülung von Gasen von dem Anodenversorgungsverteiler **202**, wenn es sich in einer offenen Position befindet. Ein zweites Spülventil **216** kann in Fluidkommunikation mit dem Anodenaustragsverteiler **204** stehen. Das zweite Spülventil **216** erleichtert eine Spülung von Gasen von dem Anodenaustragsverteiler, wenn es sich in einer offenen Position befindet. Es sei angemerkt, dass das Anodenauslassventil **212**, das erste Spülventil **214** und das zweite Spülventil **216** gegebenenfalls einzeln oder in einer beliebigen Kombination bei einer Spülung der Anoden des Brennstoffzellenstapels **2** verwendet werden können.

**[0026]** **Fig. 3** zeigt ein Brennstoffzellensystem **300** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Das Brennstoffzellensystem **300** weist den Brennstoffzellenstapel **2** auf. Der Brennstoffzellenstapel **2** weist die Anodeneinlassleitung **84** und die Anodenauslassleitung **86** und die Kathodeneinlassleitung **88** und die Kathodenauslassleitung **90** auf. Jede der Einlassleitungen **84, 88** und Auslassleitungen **86, 90** steht in Fluidkommunikation mit den jeweiligen Anoden und Kathoden der Vielzahl von Brennstoffzellen **200**. Bei einer bestimmten Ausführungsform ist der Brennstoffzellenstapel **2** mit einer elektrischen Last verbunden, wie einem elektrischen Antriebsmotor (nicht gezeigt) eines Elektrofahrzeugs.

**[0027]** Das Brennstoffzellensystem **300** weist einen Luftkompressor **302** in Fluidkommunikation mit der Kathodeneinlassleitung **88** auf. Der Luftkompressor **302** ist derart angepasst, um Luft beispielsweise aus der umgebenden Atmosphäre aufzunehmen und die Kathoden des Brennstoffzellenstapels **2** mit der Luft zu versorgen. Das Brennstoffzellensystem **300** weist

auch eine Wasserstoffquelle **304** auf, die derart ausgebildet ist, um die Anoden des Brennstoffzellenstapels **2** mit Wasserstoffgas zu versorgen. Als ein nicht beschränkendes Beispiel kann die Wasserstoffquelle **304** ein Hochdruckspeichergefäß mit komprimiertem Wasserstoffgas sein. Es sei zu verstehen, dass gegebenenfalls andere geeignete Wasserstoffquellen **304** verwendet werden können.

[0028] Das Anodeneinlassventil **210** ist zwischen der Wasserstoffquelle **304** und dem Anodeneinlass **84** des Brennstoffzellenstapels **2** angeordnet. Das Anodeneinlassventil **210** ist derart angepasst, um Wasserstoff selektiv von der Wasserstoffquelle **304** an die Anoden des Brennstoffzellenstapels **2** zu liefern.

[0029] Das Brennstoffzellensystem **300** weist ferner ein Bypassventil **306** auf, das zwischen dem Luftkompressor **302** und dem Brennstoffzellenstapel **2** angeordnet ist. Das Bypassventil **306** ist derart angepasst, um eine Strömung der Luft selektiv von dem Luftkompressor **302** um den Brennstoffzellenstapel **2** herum zu lenken. Bei einer Ausführungsform lenkt das Bypassventil **306** die Luftströmung von dem Luftkompressor **302** zu einem Austrag. Die Luft mischt sich mit restlichem Wasserstoff und Produkten, die von den Anoden des Brennstoffzellenstapels **2** ausgetragen werden, und verdünnt diese.

[0030] Ein Luftversorgungsventil **308** kann in Fluidkommunikation mit dem Luftkompressor **302** und dem Brennstoffzellenstapel **2** vorgesehen sein. Das Luftversorgungsventil **308** kann zusätzlich zu dem Bypassventil **306** zum Zweck der Steuerung der Luftströmung zu dem Brennstoffzellenstapel **2** verwendet werden. Beispielsweise kann zwischen dem Bypassventil **306** und dem Luftversorgungsventil **308** übergegangen bzw. gewechselt werden, um überschüssigen Wasserstoffemissionen entgegenzuwirken. Es sei angemerkt, dass, während der Brennstoffzellenstapel **2** gefüllt wird, sich Wasserstoff durch die Polymerelektrolytmembran zu den Kathoden beispielsweise über Diffusion und elektrochemisches Pumpen bewegen kann. Bei einem Strömen von Luft zu dem Brennstoffzellenstapel **2** wird der Wasserstoff in den Kathoden zu dem Austrag herausgetrieben. Durch Überlappen des Öffnens und Schließens des Bypassventils **306** und des Luftversorgungsventils **308** kann eine Luftmenge für den Austrag des Brennstoffzellenstapels **2** bereitgestellt werden, die ausreichend ist, um den Wasserstoff, der die Kathoden während des Befüllens der Kathoden mit Luft verlässt, zu verdünnen.

[0031] Bei einer bestimmten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung weist das Brennstoffzellensystem **300** eine Saugvorrichtung **310** auf. Die Saugvorrichtung **310** steht in Fluidkommunikation mit dem Anodenversorgungsverteiler **202** und/oder dem

Anodenaustragsverteiler **204** des Brennstoffzellenstapels **2**. Die Saugvorrichtung **310** ist derart angepasst, um zumindest ein Teilvakuum an dem Brennstoffzellenstapel **2** selektiv während eines Inbetriebnahmevorgangs des Brennstoffzellensystems **300** zu erzeugen. Die Saugvorrichtung **310** erzeugt ein Vakuum unterhalb des Umgebungsdruckes, was das Füllen des Brennstoffzellenstapels **2** mit Wasserstoff unterstützt. Beispielsweise kann die Saugvorrichtung **310** ein Vakuum von zumindest etwa 5 kPa unterhalb des Umgebungsdruckes bereitstellen. Bei einem anderen nicht beschränkenden Beispiel stellt die Saugvorrichtung **310** ein Vakuum von bis zu etwa 40 kPa unterhalb des Umgebungsdruckes bereit. Es sei angemerkt, dass gegebenenfalls andere geeignete Unterdrücke bzw. Vakuum verwendet werden können.

[0032] Die Saugvorrichtung **310** kann derart angepasst sein, um ein Teilvakuum selektiv beispielsweise an dem Anodenversorgungsverteiler **202** und/oder dem Anodenaustragsverteiler **204** zu erzeugen. Die Saugvorrichtung **310** kann auch derart angepasst sein, um das Teilvakuum an dem Brennstoffzellenstapel **2** als ein Ganzes selektiv zu erzeugen, d. h. ein gleichzeitiges Erzeugen eines Teilvakuums an den Anoden und sowohl dem Anodenversorgungsverteiler **202** als auch dem Anodenaustragsverteiler **204**. Die Saugvorrichtung **310** ist insbesondere angepasst, um ein Spülen der Verteiler und ein Füllen der Anoden des Brennstoffzellenstapels **2** mit Wasserstoff während des Inbetriebnahmevorgangs zu unterstützen.

[0033] Die Saugvorrichtung **310** steht in Fluidkommunikation mit dem Anodenauslassventil **212**, dem ersten Spülventil **214** und/oder dem zweiten Spülventil **216**. Es sei zu verstehen, dass, wenn sich eines des Anodenauslassventils **212**, des ersten Spülventils **214** und des zweiten Spülventils **216** in einer offenen Stellung befindet, die Saugvorrichtung **310** ein Teilvakuum an dem Brennstoffzellenstapel **2** erzeugen kann. Gleichermassen ist, wenn sich alle des ersten Spülventils **214**, des zweiten Spülventils **216** und des Anodenauslassventils **212** in Kommunikation mit der Saugvorrichtung **310** in einer geschlossenen Stellung befinden, die Saugvorrichtung **310** nicht in der Lage, das Teilvakuum an dem Brennstoffzellenstapel **2** zu erzeugen. Somit wird die Betätigung der Ventile **212**, **214**, **216** dazu verwendet, das Teilvakuum selektiv an dem Brennstoffzellenstapel **2** zu erzeugen.

[0034] Als ein nicht beschränkendes Beispiel kann, wenn Wasserstoff über das Anodeneinlassventil **210** geliefert wird, das erste Spülventil **214** sich in einer offenen Stellung befindet und die anderen Ventile **212**, **216** (wenn vorhanden) geschlossen sind, das Teilvakuum im Wesentlichen ausschließlich an dem Anodenversorgungsverteiler **212** gezogen werden. Als ein weiteres nicht beschränkendes Beispiel

kann, wenn sich das erste Spülventil **214** und das Anodenauslassventil **212** in offenen Stellungen befinden, das Teilvakuum an dem Brennstoffzellenstapel **2** als ein Ganzes, einschließlich dem Anodenversorgungsverteiler **202**, dem Anodenaustragsverteiler **204** und den Anoden der Vielzahl von Brennstoffzellen **200** gezogen werden.

**[0035]** Das Brennstoffzellensystem **300** der vorliegenden Offenbarung kann ferner zumindest eine Stapelkurzschlussvorrichtung (nicht gezeigt) in elektrischer Kommunikation mit dem Brennstoffzellenstapel **2** besitzen. Bei bestimmten Ausführungsformen ist die Stapelkurzschlussvorrichtung ein Widerstand. Die Stapelkurzschlussvorrichtung ist derart angepasst, um eine Widerstandslast an dem Brennstoffzellenstapel **2** bei Inbetriebnahme anzulegen, wodurch einer durch Kohlenstoffkorrosion bewirkten Brennstoffzellendegradation entgegengewirkt wird. Eine geeignete Stapelkurzschlussvorrichtung ist in der U.S.-Anmeldung US 2008/0220294 A1 des Anmelders beschrieben. Gegebenenfalls können andere geeignete Stapelkurzschlussvorrichtungen verwendet werden.

**[0036]** In dem Brennstoffzellensystem **300** kann auch eine Anodenrückföhrpumpe (nicht gezeigt) verwendet werden. Eine geeignete Anodenrückföhrpumpe ist in der US 2008/0187793 A1 oder der US 2004/0224191 A1 beschrieben. Die Anodenrückföhrpumpe kann in Fluidkommunikation mit dem Anodenversorgungsverteiler **202** und dem Anodenaustragsverteiler **204** stehen. Die Anodenrückföhrpumpe ist derart angepasst, um restlichen Wasserstoff, der von dem Brennstoffzellenstapel **2** beim Betrieb ausgeht, rückzuföhren. Die Anodenrückföhrpumpe liefert den restlichen Wasserstoff zurück an den Anodenversorgungsverteiler **202**, wo er in den elektrochemischen Reaktionen des Brennstoffzellenstapels **2** verwendet werden kann.

**[0037]** Das Brennstoffzellensystem **300** kann auch ein Anodenablassventil (nicht gezeigt) besitzen, das derart ausgelegt ist, um angesammelten Stickstoff in dem Brennstoffzellenstapel **2** abfließen zu lassen. Der Stickstoff kann sich beispielsweise aufgrund des Übertritts der Kathodenluft durch die Polymerelektrolytmembran und eine Rückföhrung des Anodenaustrags mit restlichem Wasserstoff an den Anodenversorgungsverteiler **202** über die Anodenrückföhrpumpe ansammeln. Bei bestimmten Ausführungsformen können das Anodenauslassventil **212**, das erste Spülventil **214** und/oder das zweite Spülventil **216** als das Anodenablassventil verwendet werden.

**[0038]** Das Brennstoffzellensystem **300** kann andere in der Technik bekannte Brennstoffzellensystemkomponenten verwenden. Beispielsweise kann das Brennstoffzellensystem einen Feuchtesensor, einen Spannungssensor, einen Drucksensor, eine Wasser-

dampföbertragungsvorrichtung, einen Controller, ein Rückschlagventil und/oder einen Ladeluftköhler aufweisen. Bei einer bestimmten Ausführungsform umfasst das Brennstoffzellensystem **300** eine Vielzahl von gleichermaßen ausgestalteten Brennstoffzellenstapeln **2**.

**[0039]** Weitere Ausführungsformen des Brennstoffzellensystems **300** sind in den **Fig. 4** und **Fig. 5** gezeigt. Gleiche oder verwandte Strukturen, die sich aus den **Fig. 1** bis **Fig. 3** wiederholen, weisen dieselben Bezugszeichen mit einem Strichindexsymbol (') oder einem Doppelstrichindexsymbol (") auf.

**[0040]** Bei einer in **Fig. 4** gezeigten Ausführungsform ist die Saugvorrichtung **310'** des Brennstoffzellensystems **300'** ein Ejektor, wie beispielsweise eine Strahlpumpe, eine Venturidüse oder ein Aspirator. Die Saugvorrichtung **310'** besitzt einen Antriebsdurchlass, einen Abflussschlauch und einen Saugschlauch. Die Saugvorrichtung **310'** ist derart ausgebildet, um eine Antriebsströmung eines Fluides, wie einen Luftstrom, durch die Antriebs- und Abflussschläuche aufzunehmen und eine Saugwirkung an dem Saugschlauch zu erzeugen. Die Saugwirkung ist in der Lage, gegebenenfalls ein Teilvakuum an dem Brennstoffzellenstapel **2** zu erzeugen.

**[0041]** Der Antriebsdurchlass der Saugvorrichtung **310'** steht in Fluidkommunikation mit einem Antriebsströmungsgenerator, wie dem Luftkompressor **302**, der dazu verwendet wird, im Betrieb den Brennstoffzellenstapel **2** mit Luft zu versorgen. Der Antriebsströmungsgenerator kann jedoch ein zweiter Luftkompressor sein. Es sei angemerkt, dass auch andere geeignete Antriebsströmungsgeneratoren verwendet werden können.

**[0042]** Bei einem bestimmten Beispiel steht der Antriebsdurchlass der Saugvorrichtung **310'** in Fluidkommunikation mit dem Bypassventil **306** und dem Luftkompressor **302**. Wenn das Bypassventil **306** derart ausgelegt ist, um eine Luftströmung um den Brennstoffzellenstapel **2** herumzuleiten, wie während des Inbetriebnahmevorgangs, wird die Luftströmung durch den Antriebsdurchlass der Saugvorrichtung **310'** gelenkt. Die Luftströmung stellt die Antriebskraft bereit, die eine Saugwirkung an dem Saugschlauch ermöglicht. Die Luftströmung wird dann zusammen mit Gasen, die an dem Saugschlauch eingeblasen werden, aus dem Abflussschlauch an den Austrag des Brennstoffzellensystems **300'** gelenkt.

**[0043]** Dem Fachmann ist offensichtlich, dass die Saugvorrichtung **310'** derart angepasst sein kann, um ein Verhältnis einer Saugwasserstoffströmung zu einer Antriebsluftströmung bereitzustellen, so dass die Wasserstoffkonzentration, die von der Saugvorrichtung **310'** abfließt, geringer als eine untere Entflammbarkeits- bzw. Explosionsgrenze (LFL) von Was-

serstoff in Luft ist. Bei einer besonderen Ausführungsform stellt die Saugvorrichtung **310'** ein Verhältnis der Wasserstoffströmung zu der Antriebsluftströmung bereit, das eine Konzentration von ausgetragem Wasserstoff von weniger als etwa vier Volumenprozent (4 Vol.-%) zur Folge hat.

**[0044]** Wie in **Fig. 5** gezeigt ist, umfasst die Saugvorrichtung **310''** des Brennstoffzellensystems **300''** den Luftkompressor **302** und einen Strömungsbegrenzer **500**, wie einen Luftfilter, der derart ausgebildet ist, um eine Luftströmung zu hemmen, die durch den Luftkompressor **302** hindurch gezogen wird. Andere geeignete Strömungsbegrenzer **500** können gegebenenfalls verwendet werden, wie beispielsweise ein strömungsbegrenzendes Ventil. Der Luftkompressor **302** steht in Fluidkommunikation mit dem Strömungsbegrenzer **500**. Eine Zone **502** mit reduziertem Druck wird zwischen dem Strömungsbegrenzer **500** und dem Luftkompressor **302** während des Betriebs des Luftkompressors **302** bei Inbetriebnahme gebildet. Es sei angemerkt, dass, wenn der Strömungsbegrenzer **500** einem Strömen von Luft in den Luftkompressor **302** entgegenwirkt, ein herabgesetzter Druck erzeugt werden kann, der ausreichend ist, um ein Teilvakuum an dem Brennstoffzellenstapel **2** zu erzeugen. Das Brennstoffzellensystem **300''** umfasst das Bypassventil **306**, das derart angepasst ist, um beispielsweise die Strömung der Luft selektiv von dem Luftkompressor **302** um den Brennstoffzellenstapel **2** herum und zu einem Austrag zu lenken.

**[0045]** Die vorliegende Offenbarung umfasst ein erstes Verfahren zum Starten des Brennstoffzellensystems **300**. Das Verfahren umfasst den Schritt, dass das Brennstoffzellensystem **300** bereitgestellt wird. Beispielsweise kann das Brennstoffzellensystem **300** den Brennstoffzellenstapel **2** mit dem Anodenversorgungsverteiler **202** und dem Anodenaustragsverteiler **204** in Fluidkommunikation mit den Anoden aufweisen. Der Anodenversorgungsverteiler **202** des Brennstoffzellenstapels **2** steht in Fluidkommunikation mit einem Anodeneinlassventil, das derart ausgebildet ist, um Wasserstoff selektiv von der Wasserstoffquelle **304** an den Anodenversorgungsverteiler zu liefern. Der Anodenversorgungsverteiler **202** steht auch in Fluidkommunikation mit dem ersten Spülventil **214**. Der Anodenaustragsverteiler **204** steht in Fluidkommunikation mit dem Anodenauslassventil **212**. Das bereitgestellte Brennstoffzellensystem **300** umfasst ferner die Saugvorrichtung **310** in Fluidkommunikation mit dem ersten Spülventil **214** und dem Anodenauslassventil **212**. Die Saugvorrichtung **310** ist derart ausgebildet, um nach Bedarf das Teilvakuum an dem Brennstoffzellenstapel **2** zu erzeugen.

**[0046]** Gemäß dem ersten Verfahren werden das Anodenauslassventil **212** und/oder das erste Spülventil **214** geöffnet. Bei einer bestimmten Ausführungsform werden sowohl das Anodenauslassventil

**212** als auch das erste Spülventil **214** gleichzeitig geöffnet. Beim Öffnen von zumindest einem des Anodenauslassventils **212** und des ersten Spülventils **214** in Fluidkommunikation mit der Saugvorrichtung wird das Teilvakuum an dem Brennstoffzellenstapel als ein Ganzes gezogen. Es sei angemerkt, dass ein Öffnen sowohl des Anodenauslassventils **212** als auch des ersten Spülventils **214** einem Ziehen von Gasen von einem des Anodenversorgungsverteilers **202** und des Anodenaustragsverteilers **204** in die Anoden der Brennstoffzellen **200** entgegenwirkt. Somit wird einem Verlauf von Wasserstoff-Luft-Fronten über die Anoden durch anfängliches Erzeugen des Teilvakuums an sowohl der Seite des Anodenversorgungsverteilers **202** als auch der Seite des Anodenaustragsverteilers **204** des Brennstoffzellenstapels **2** entgegengewirkt.

**[0047]** Das Verfahren umfasst als Nächstes einen Schritt zum Schließen des Anodenauslassventils **212**. Das Anodeneinlassventil **210** wird dann geöffnet, was in einem Spülen des Anodenversorgungsverteilers **202** resultiert. Während des Spülschrittes sei angemerkt, dass Wasserstoff durch das Anodeneinlassventil **210** mit einem Durchfluss geliefert werden kann, der einer Strömung von Wasserstoff in die Anoden der Brennstoffzellen **200** entgegenwirkt. Beispielsweise wird der Wasserstoff mit einer Rate geliefert, die ausreichend ist, um das interne Vakuum an dem Brennstoffzellenstapel **2** aufrecht zu erhalten. Das interne Vakuum an dem Brennstoffzellenstapel kann im Wesentlichen gleich dem Vakuum sein, das vor der Einführung von Wasserstoff über das Anodeneinlassventil **210** hergestellt wird. Der Wasserstoff wird durch den Anodenversorgungsverteiler **202** und das erste Spülventil **214** in Kommunikation mit der Saugvorrichtung **310** gezogen, wodurch jeglicher wesentlichen Wanderung des Wasserstoffs in die Anoden des Brennstoffzellenstapels **2** entgegengewirkt wird. Die Dauer des Spülschrittes ist eine Zeitdauer, die angemessen ist, um den Anodenversorgungsverteiler **202** im Wesentlichen mit dem Wasserstoffgas zu füllen.

**[0048]** Nach dem Spülen des Anodenversorgungsverteilers **202** wird das erste Spülventil **214** geschlossen und das Anodenauslassventil **212** wird geöffnet. Die Anoden der Brennstoffzellen **200** und der Anodenaustragsverteiler **204** werden dann mit Wasserstoff in einem "Stapelfüll"-Schritt gespült. Der Durchfluss des Wasserstoffs kann beim Öffnen des Anodenauslassventils **212** erhöht werden, um eine rasche Füllung der Anoden und des Anodenaustragsverteilers **204** zu fördern. Es sei angemerkt, dass das Füllen der Anoden und des Anodenaustragsverteilers **204** während dieses Schrittes durch Erzeugen des Teilvakuums an dem Anodenauslassventil **212** unterstützt wird. Die Dauer des Stapelfüllschrittes ist eine Zeitdauer, die ausreichend ist, um die Anoden

der Brennstoffzellen **200** im Wesentlichen mit Wasserstoff zu füllen.

**[0049]** Um die Inbetriebnahme des Brennstoffzellensystems **300** zu vervollständigen, werden die Kathoden der Brennstoffzellen **200** mit Luft versorgt. Beispielsweise wird die Luft durch den Luftkompressor **302** bereitgestellt. Bei dem Schritt zum Versorgen der Kathoden mit Luft kann das Bypassventil **306** und/oder das Luftversorgungsventil **308** derart ausgelegt sein, um Luft an die Kathodeneinlassleitung **88** des Brennstoffzellenstapels **2** umzulenken.

**[0050]** Mit neuerlichem Bezug auf **Fig. 4** kann das erste Verfahren die Saugvorrichtung **310'** verwenden, wie den Ejektor mit dem Antriebsdurchlass, dem Abflussschlauch und dem Saugschlauch. Der Saugschlauch kann in Fluidkommunikation mit dem Anodenauslassventil **212** und/oder dem ersten Spülventil **214** stehen. Der Luftkompressor **302** kann auch in Fluidkommunikation mit dem Antriebsdurchlass der Saugvorrichtung **310'** vorgesehen sein. Im Betrieb umfasst das Verfahren daher den Schritt zum Starten des Luftkompressors **302**, um die Antriebsluftströmung zu der Saugvorrichtung **310'** bereitzustellen. Der Luftkompressor **302** wird vor dem Erzeugen des Teilvakuums an dem Brennstoffzellenstapel **2** gestartet, so dass die Saugvorrichtung **310'** eine Saugwirkung erzeugen kann, die ausreichend ist, um das Teilvakuum zu erzeugen.

**[0051]** Das Verfahren kann ferner die Schritte umfassen, dass die Stapelkurzschlussvorrichtung in elektrischer Kommunikation mit dem Brennstoffzellenstapel **2** vorgesehen wird. Die Stapelkurzschlussvorrichtung wird vor dem Füllen der Anoden mit Wasserstoff eingekoppelt. Dadurch wird eine elektrische Last an dem Brennstoffzellenstapel **2** angelegt, die einer Kohlenstoffkorrosion des Brennstoffzellenstapels **2** entgegenwirkt, während die Anoden mit Wasserstoff gefüllt werden. Nachdem die Anoden im Wesentlichen mit Wasserstoff gefüllt sind, kann die Stapelkurzschlussvorrichtung ausgekoppelt werden.

**[0052]** Dem Fachmann sei angemerkt, dass ein Teilvakuum typischerweise in den Anoden des Brennstoffzellenstapels **2** während einer herkömmlichen Abschaltung erzeugt wird. Da Wasserstoff ohne Wiederauffüllung verbraucht wird, werden die Anodengase abgekühlt und Wasserdampf kondensiert, was in einem Druck unterhalb Umgebungsdruck an den Anoden, dem Anodenversorgungsverteiler **202** und dem Anodenaustragsverteiler **204** resultiert. Somit erlaubt bei herkömmlichen Systemen das Öffnen des Anodenauslassventils **212** eine Rückströmung von Luft von der Atmosphäre in die Anoden, die den Druck unterhalb Umgebungsdruck besitzt. Der Rückfluss erzeugt eine unerwünschte Wasserstoff-Luft-Front, die eine Kohlenstoffkorrosion und eine Leistungsver schlechterung zur Folge haben kann. Das Brennstoff-

zellensystem **300, 300'** und das erste Verfahren der Offenbarung wirken einem Rückfluss von Luft in den Brennstoffzellenstapel **2** durch Füllen der Anoden mit Wasserstoff entgegen.

**[0053]** Die vorliegende Offenbarung weist auch ein zweites Verfahren zum Starten des Brennstoffzellensystems **300** auf. Das zweite Verfahren weist auch den Schritt zur Bereitstellung des Brennstoffzellensystems **300** auf. Beispielsweise weist der Brennstoffzellenstapel **2** den Anodenversorgungsverteiler **202** in Fluidkommunikation mit dem Anodeneinlassventil **210** und dem ersten Spülventil **214** auf. Im Gegensatz zu dem ersten Verfahren steht der Anodenaustragsverteiler **204** jedoch in Fluidkommunikation mit dem Anodenauslassventil **212** und dem zweiten Spülventil **216**. Die Saugvorrichtung **310** ist ebenfalls in Fluidkommunikation mit dem ersten Spülventil **214** und dem zweiten Spülventil **216** vorgesehen und derart angepasst, um ein Vakuum an dem Brennstoffzellenstapel **2** nach Bedarf zu erzeugen.

**[0054]** Gemäß dem zweiten Verfahren erzeugt die Saugvorrichtung **310** das Vakuum im Wesentlichen ausschließlich an dem Anodenversorgungsverteiler **202**, wenn das erste Spülventil **214** geöffnet ist. Im Betrieb folgt dem Erzeugen des Teilvakuums an dem Anodenversorgungsverteiler **202** ein Spülschritt. Bei dem Spülschritt wird das Anodeneinlassventil **210** geöffnet und der Anodenversorgungsverteiler **202** wird im Wesentlichen mit Wasserstoff gefüllt. Nachdem der Anodenversorgungsverteiler **202** im Wesentlichen mit Wasserstoff gefüllt ist, wird das erste Spülventil **214** geschlossen.

**[0055]** Das Verfahren umfasst als Nächstes den Schritt zum Erzeugen des Teilvakuums an dem Anodenaustragsverteiler **204** durch Öffnen des Anodenauslassventils **212** und des zweiten Spülventils **216**. Das Öffnen der Ventile **212, 216** kann im Wesentlichen gleichzeitig mit dem Schließen des ersten Spülventils **214** ausgeführt werden. Wenn das Anodeneinlassventil **210** bereits geöffnet ist, ermöglicht das Öffnen der Ventile **212, 216** ein Spülen der Anoden und des Anodenaustragsverteilers **204** mit Wasserstoff bei dem Stapelfüllschritt. Das Öffnen sowohl des Anodenauslassventils **212** als auch des zweiten Spülventils **216**, die beide in Fluidkommunikation mit der Saugvorrichtung **310** stehen, erleichtert eine rasche Füllung der Anoden und des Anodenaustragsverteilers **204** mit Wasserstoff. Insbesondere minimiert ein Öffnen beider Ventile **212, 216** einen Widerstand gegenüber einer Wasserstoffströmung durch die Anoden und den Anodenaustragsverteiler **204**. Das zweite Spülventil **216** wird geschlossen, wenn beispielsweise die Anoden im Wesentlichen mit Wasserstoff gefüllt sind.

**[0056]** Wie bei dem hier beschriebenen ersten Verfahren wird die Inbetriebnahme des Brennstoffzellen-

systems **300** gemäß dem zweiten Verfahren vervollständigt, wenn die Kathoden des Brennstoffzellenstapels **2** mit Luft versorgt werden. Mit sowohl zu den Anoden strömendem Wasserstoff als auch zu den Kathoden strömender Luft wird das Brennstoffzellensystem **300** in einen Betriebsmodus versetzt.

**[0057]** Mit neuerlichem Bezug auf **Fig. 5** kann das zweite Verfahren das Brennstoffzellensystem **300''** verwenden, das die Saugvorrichtung **310''**, beispielsweise den Luftkompressor **302**, in Fluidkommunikation mit dem Strömungsbegrenzer **500** aufweist und eine dazwischen angeordnete Zone **502** mit reduziertem Druck besitzt. Bei dieser Konfiguration stehen das erste Spülventil **214** und das zweite Spülventil **216** in Fluidkommunikation mit der Zone **502** mit reduziertem Druck. Wenn das zweite Verfahren die Saugvorrichtung **310''** verwendet, umfasst das Verfahren den Schritt zum Starten des Luftkompressors vor dem Schritt zum Erzeugen des Teilvakuums an dem Anodenversorgungsverteiler **202**. Das Vakuum wird dadurch in der Zone **502** mit reduziertem Druck erzeugt, der ausreichend ist, um das Teilvakuum an dem Brennstoffzellenstapel **2** zu erzeugen.

**[0058]** Es sei angemerkt, dass das Brennstoffzellensystem **300, 300', 300''** und die hier beschriebenen Verfahren das selektive Erzeugen des Teilvakuums verwenden, um Luft von den Anoden des Brennstoffzellenstapels **2** zu ziehen, die sich während einer Abschaltung des Brennstoffzellensystems angesammelt hat. Somit wird das Spülen und Füllen der Anoden mit Wasserstoff durch das Erzeugen des Teilvakuums an dem Brennstoffzellenstapel **2** unterstützt. Ein Wasserstoffdruck, der ausreichend ist, um die angesammelte Luft zu verdrängen, wird hierdurch reduziert, insbesondere, da das Teilvakuum durch Ziehen der angesammelten Luft von dem Brennstoffzellenstapel **2** unterstützend wirkt.

**[0059]** Dem Fachmann sei offensichtlich, dass das Brennstoffzellensystem **300, 300', 300''** und die Verfahren der Offenbarung einer Wasserstoffströmung in die Anoden der Vielzahl von Brennstoffzellen **200** während dem Spülen des Anodenversorgungsverteilers **202** entgegenwirken. Beispielsweise erlaubt das Teilvakuum, das an dem Anodenversorgungsverteiler **202** vor dem Wasserstoffspülschritt erzeugt wird, eine rasche Füllung ohne Überschreitung eines Drucks, bei dem der Wasserstoff in die Anoden des Brennstoffzellenstapels **2** getrieben wird.

**[0060]** Das unterstützte Spülen und Füllen des Brennstoffzellenstapels **2** mit Wasserstoff über das Erzeugen des Teilvakuums an dem Anodenversorgungsverteiler **202** und/oder dem Anodenaustragsverteiler **204** fördert auch eine rasche und zuverlässige Inbetriebnahme. Das Brennstoffzellensystem **300, 300', 300''** und die Verfahren resultieren in einer im Wesentlichen gleichmäßigen Verteilung von

Wasserstoff über die Anoden des Brennstoffzellenstapels **2** hinweg. Wenn sich die Wasserstoff-Luft-Front rasch als eine "schnelle Front" in Ansprechen auf sowohl den Wasserstoffdruck als auch das Teilvakuum, das an dem Brennstoffzellenstapel **2** erzeugt wird, bewegt, wird einer Zellenumkehr, negativen Zellenspannungen und einer Kohlenstoffkorrosion entgegengewirkt. Dadurch wird eine Lebensdauer des Brennstoffzellenstapels **2** optimiert.

**[0061]** Das Brennstoffzellensystem **300, 300', 300''** und die Verfahren der Offenbarung minimieren auch Wasserstoffemissionen. Beispielsweise kann aufgrund der Unterstützung der Anodenspülung und Füllung des Brennstoffzellenstapels **2** mit dem daran gezogenen Teilvakuum der Druck des an den Brennstoffzellenstapel **2** gelieferten Wasserstoffs reduziert werden. Herkömmliche Brennstoffzellensysteme verlassen sich auf den Wasserstoffdruck, um eine Kombination von angesammelter Luft und restlichem Wasserstoff mit unbekannter Zusammensetzung zu verdrängen. Das an dem Brennstoffzellenstapel **2** gezogene Teilvakuum erlaubt die Verwendung von weniger Wasserstoff, um die Gase zu verdrängen, die nach Abschaltung vorhanden sind. Mit dem vorliegenden Brennstoffzellensystem **300, 300', 300''** und den Verfahren wird dadurch eine Bereitstellung einer ausreichenden Menge von Wasserstoff für Betriebsabläufe des Brennstoffzellenstapels **2** gefördert, während eine Menge nicht überschritten wird, die in Abgasemissionen resultiert, die größer als etwa vier Volumenprozent sind.

## Patentansprüche

1. Brennstoffzellensystem, umfassend:  
einen Brennstoffzellenstapel (**2**) mit einer Vielzahl von Brennstoffzellen (**200**), die Anoden und Kathoden besitzen, wobei der Brennstoffzellenstapel (**2**) einen Anodenversorgungsverteiler (**202**) und einen Anodenaustragsverteiler (**204**) in Fluidkommunikation mit den Anoden aufweist;  
einer Saugvorrichtung (**310, 310', 310''**) in Fluidkommunikation mit dem Anodenversorgungsverteiler (**202**) und/oder dem Anodenaustragsverteiler (**204**), wobei die Saugvorrichtung (**310, 310', 310''**) derart ausgebildet ist, um ein Teilvakuum an dem Brennstoffzellenstapel (**2**) selektiv während einer Inbetriebnahme des Brennstoffzellensystems (**300, 300', 300''**) zu erzeugen; und einem Anodeneinlassventil (**210**) in Fluidkommunikation mit dem Anodenversorgungsverteiler (**202**), einem ersten Spülventil (**214**) in Fluidkommunikation mit dem Anodenversorgungsverteiler (**202**), einem zweiten Spülventil (**216**) in Fluidkommunikation mit dem Anodenaustragsverteiler (**204**) und einem Anodenauslassventil (**212**) in Fluidkommunikation mit dem Anodenaustragsverteiler (**204**).

2. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1, wobei die Saugvorrichtung (**310**, **310'**, **310''**) in Fluidkommunikation mit dem ersten Spülventil (**214**), dem zweiten Spülventil (**216**) und/oder dem Anodenauslassventil (**212**) steht.

3. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1, wobei die Saugvorrichtung (**310'**) ein Ejektor mit einem Antriebsdurchlass, einem Abflussdurchlass und einem Saugdurchlass ist.

4. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 3, wobei der Anodenversorgungsverteiler (**202**) und/oder der Anodenaustragsverteiler (**204**) in Fluidkommunikation mit dem Saugdurchlass des Ejektors (**310'**) stehen.

5. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 3, wobei der Antriebsdurchlass des Ejektors (**310'**) in Fluidkommunikation mit einem Antriebsströmungsgenerator steht.

6. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 5, wobei der Antriebsströmungsgenerator ein Luftkompressor (**302**) ist.

7. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1, wobei die Saugvorrichtung einen Luftkompressor (**302**) in Fluidkommunikation mit einem Strömungsbegrenzer (**500**) aufweist.

8. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 7, wobei eine Zone (**502**) mit reduziertem Druck zwischen dem Luftkompressor (**302**) und dem Strömungsbegrenzer (**500**) gebildet wird, wenn sich der Luftkompressor (**302**) in Betrieb befindet.

9. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 7, wobei der Strömungsbegrenzer (**500**) ein Filter ist.

10. Verfahren zum Starten eines Brennstoffzellensystems (**300**, **300'**, **300''**), wobei das Verfahren die Schritte umfasst, dass:  
ein Brennstoffzellenstapel (**2**) mit einer Vielzahl von Brennstoffzellen (**200**) vorgesehen wird, die Anoden und Kathoden besitzen, wobei der Brennstoffzellenstapel (**2**) einen Anodenversorgungsverteiler (**202**) und einen Anodenaustragsverteiler (**204**) in Fluidkommunikation mit den Anoden besitzt, wobei der Anodenversorgungsverteiler (**202**) in Fluidkommunikation mit einem ersten Spülventil (**214**) und einem Anodeneinlassventil (**210**) steht, das derart ausgebildet ist, um Wasserstoff selektiv an den Anodenversorgungsverteiler (**202**) zu liefern, wobei der Anodenaustragsverteiler (**204**) in Fluidkommunikation mit einem Anodenauslassventil (**212**) steht;  
eine Saugvorrichtung (**310**, **310'**, **310''**) in Fluidkommunikation mit dem ersten Spülventil (**214**) und dem Anodenauslassventil (**212**) vorgesehen wird; ein Teilvakuum an dem Brennstoffzellenstapel (**2**) durch Öff-

nen des ersten Spülventils (**214**) und des Anodenauslassventils (**212**) erzeugt wird;  
das Anodenauslassventil (**212**) geschlossen wird;  
der Anodenversorgungsverteiler (**202**) mit Wasserstoff durch Öffnen des Anodeneinlassventils (**210**) gespült wird;  
das erste Spülventil (**212**) geschlossen wird, wenn der Anodenversorgungsverteiler (**202**) mit Wasserstoff gefüllt ist;  
die Anoden und der Anodenaustragsverteiler (**204**) mit Wasserstoff durch Öffnen des Anodenauslassventils (**212**) versorgt werden; und  
die Kathoden mit Luft versorgt werden, wobei der Brennstoffzellenstapel (**2**) in einen Betriebsmodus versetzt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei die Saugvorrichtung als ein Ejektor (**310'**) mit einem Antriebsdurchlass, einem Abflussdurchlass und einem Saugdurchlass vorgesehen wird, wobei der Saugdurchlass in Fluidkommunikation mit dem ersten Spülventil (**214**) und/oder dem Anodenauslassventil (**212**) steht.

12. Verfahren nach Anspruch 11, ferner mit den Schritten, dass:  
ein Luftkompressor (**302**) in Fluidkommunikation mit dem Antriebsdurchlass des Ejektors (**310'**) vorgesehen wird; und  
der Luftkompressor (**302**) vor dem Schritt zum Erzeugen eines Teilvakuums an dem Brennstoffzellenstapel (**2**) gestartet wird, wobei eine Antriebsluftströmung an den Ejektor (**310'**) geliefert wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei das Anodeneinlassventil (**210**) Wasserstoff mit einem Durchfluss liefert, der einer Wasserstoffströmung in die Anoden während des Schritts zum Spülen des Anodenversorgungsverteilers (**202**) entgegenwirkt.

14. Verfahren nach Anspruch 12, wobei ein Verhältnis einer Wasserstoffströmung zu der Antriebsluftströmung in einer Konzentration von ausgetragenen Wasserstoff von weniger als 4 Volumenprozent resultiert.

15. Verfahren nach Anspruch 12, ferner mit den Schritten, dass:  
eine Stapelkurzschlussvorrichtung in elektrischer Kommunikation mit dem Brennstoffzellenstapel (**2**) vorgesehen wird;  
die Stapelkurzschlussvorrichtung vor dem Füllen der Anoden mit Wasserstoff eingekoppelt wird, wobei eine elektrische Last an dem Brennstoffzellenstapel (**2**) angelegt wird; und  
die Stapelkurzschlussvorrichtung ausgekoppelt wird, nachdem die Anoden mit Wasserstoff gefüllt sind.

16. Verfahren nach Anspruch 10, ferner mit den Schritten, dass:

eine Anodenrückföhrpumpe in Fluidkommunikation mit dem Anodenversorgungsverteiler (202) und dem Anodenaustragsverteiler (204) vorgesehen wird, wobei die Anodenrückföhrpumpe derart ausgebildet ist, um restlichen Wasserstoff rückzuföhren, der von dem Brennstoffzellenstapel (2) ausgetragen wird;  
 vor dem Füllen der Anoden mit Wasserstoff bewirkt wird, dass Wasserstoff von dem Anodenaustragsverteiler (204) um die Anodenrückföhrpumpe herum strömt;  
 die Anodenrückföhrpumpe mit Wasserstoff gefüllt wird; und  
 Wasserstoff von dem Anodenaustragsverteiler (204) zu der Rückföhrpumpe geliefert wird, nachdem die Anoden und der Anodenaustragsverteiler (204) mit Wasserstoff gefüllt sind.

17. Verfahren zum Starten eines Brennstoffzellensystems (300, 300', 300''), wobei das Verfahren die Schritte umfasst, dass:  
 ein Brennstoffzellenstapel (2) mit einer Vielzahl von Brennstoffzellen (200) vorgesehen wird, die Anoden und Kathoden besitzen, wobei der Brennstoffzellenstapel (2) einen Anodenversorgungsverteiler (202) und einen Anodenaustragsverteiler (204) in Fluidkommunikation mit den Anoden besitzt, wobei der Anodenversorgungsverteiler (202) in Fluidkommunikation mit einem ersten Spölventil (214) und einem Anodeneinlassventil (210) steht, das derart ausgebildet ist, um Wasserstoff selektiv an den Anodenversorgungsverteiler (202) zu liefern, wobei der Anodenaustragsverteiler (204) in Fluidkommunikation mit einem zweiten Spölventil (216) und einem Anodenauslassventil (212) steht;  
 eine Saugvorrichtung (310, 310', 310'') in Fluidkommunikation mit dem ersten Spölventil (214) und dem zweiten Spölventil (216) vorgesehen wird; ein Teilvakuum an dem Anodenversorgungsverteiler (202) durch Öffnen des ersten Spölventils (214) erzeugt wird;  
 der Anodenversorgungsverteiler (202) mit Wasserstoff durch Öffnen des Anodeneinlassventils (210) gespölnt wird;  
 das erste Spölventil (214) geschlossen wird, wenn der Anodenversorgungsverteiler (202) mit Wasserstoff gefüllt ist;  
 ein Teilvakuum an dem Anodenaustragsverteiler (204) durch Öffnen des zweiten Spölventils (216) und des Anodenauslassventils (212) erzeugt wird, wobei die Anoden und der Anodenaustragsverteiler (204) mit Wasserstoff versorgt werden;  
 das zweite Spölventil (216) geschlossen wird, wenn die Anoden mit Wasserstoff gefüllt sind; und  
 die Kathoden mit Luft versorgt werden, wobei das Brennstoffzellensystem (300, 300', 300'') in einen Betriebsmodus versetzt wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, wobei die Saugvorrichtung (310'') ein Luftkompressor (302) in Fluidkommunikation mit einem Strömungsbegrenzer (500)

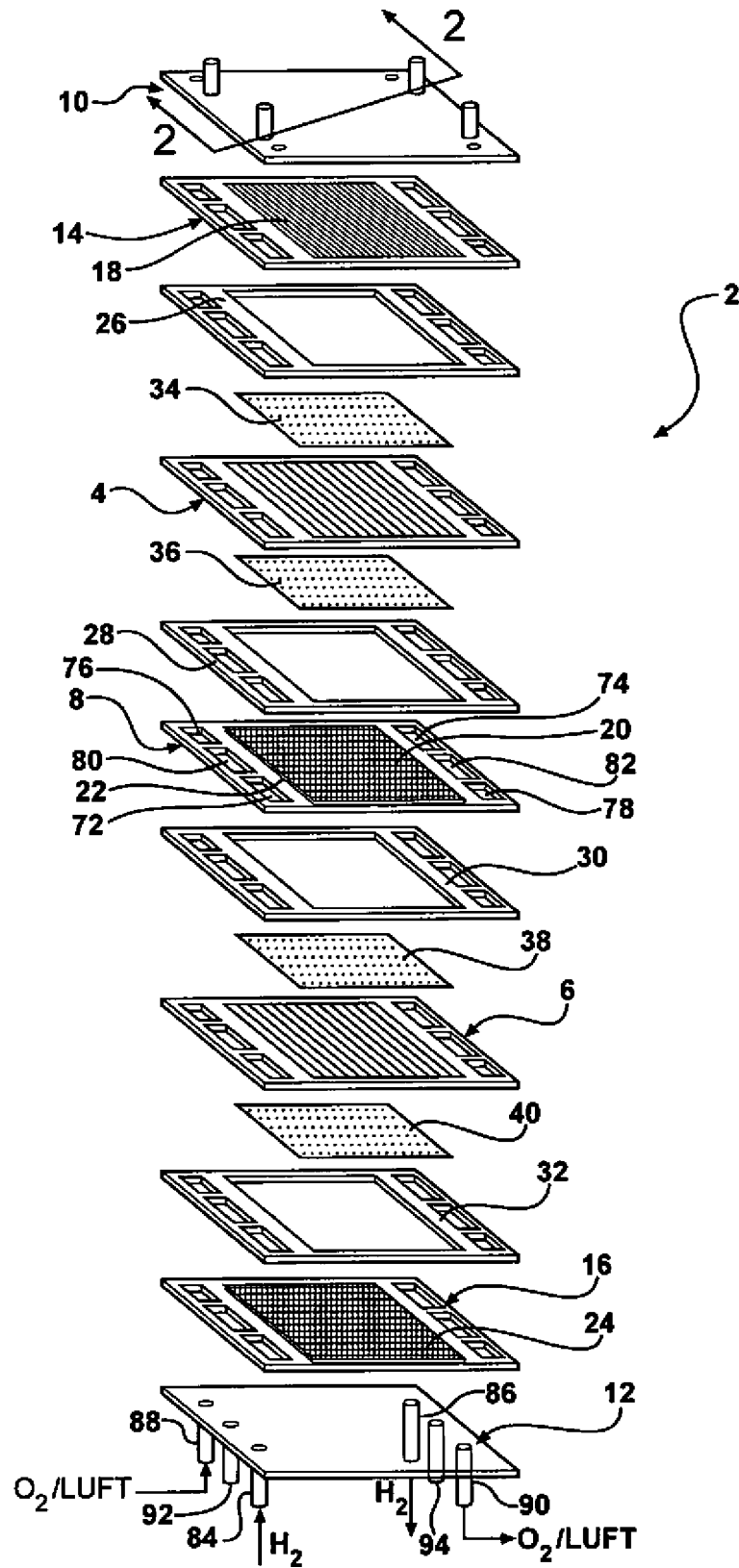
ist und eine dazwischen angeordnete Zone (502) mit reduziertem Druck besitzt, wobei die Zone mit reduziertem Druck in Fluidkommunikation mit dem ersten Spölventil (214) und dem zweiten Spölventil (216) steht.

19. Verfahren nach Anspruch 18, ferner mit dem Schritt, dass der Luftkompressor (302) vor dem Schritt zum Erzeugen eines Teilvakuums an dem Anodenversorgungsverteiler (202) gestartet wird, wobei in der Zone (502) mit reduziertem Druck eine Saugwirkung erzeugt wird.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG - 1



**FIG - 2**

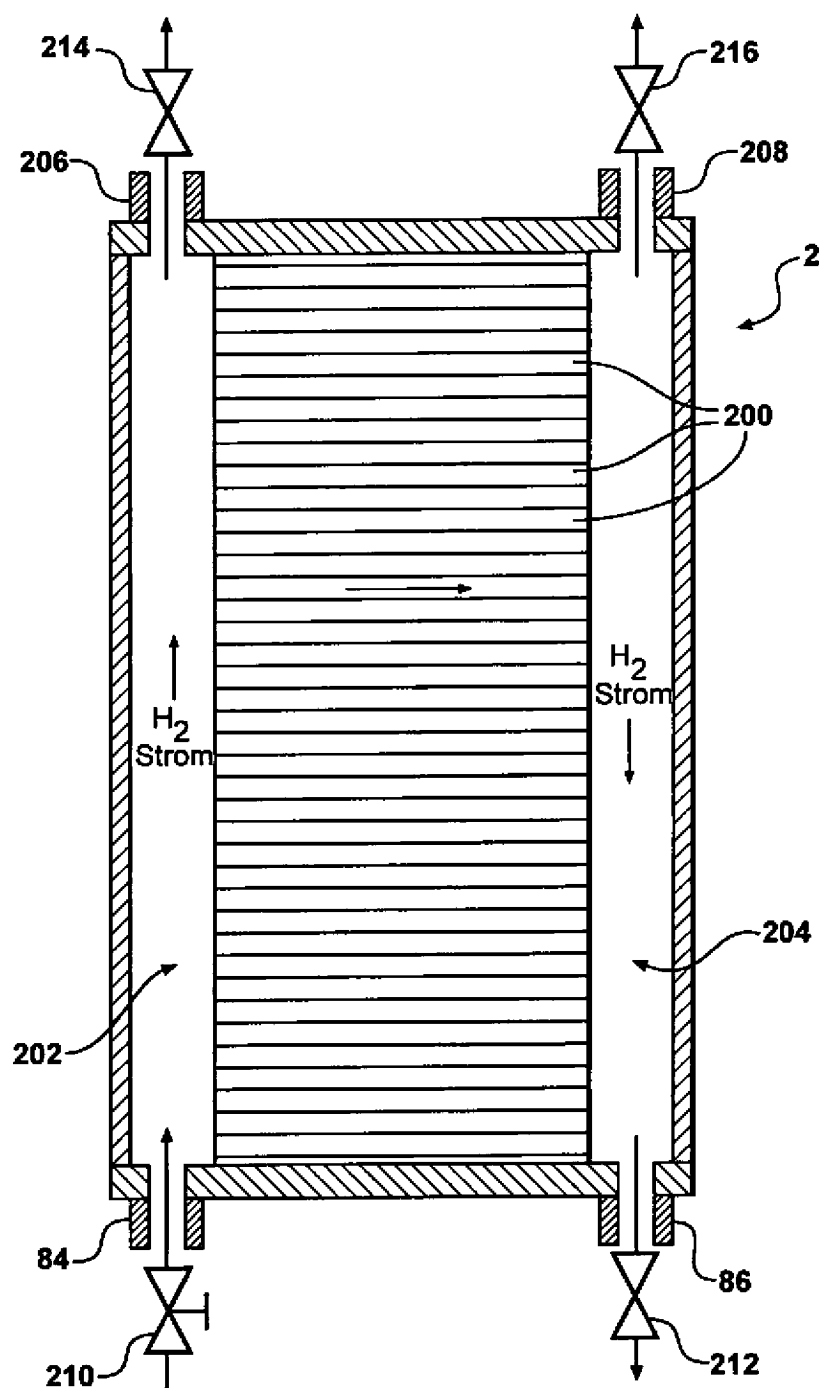
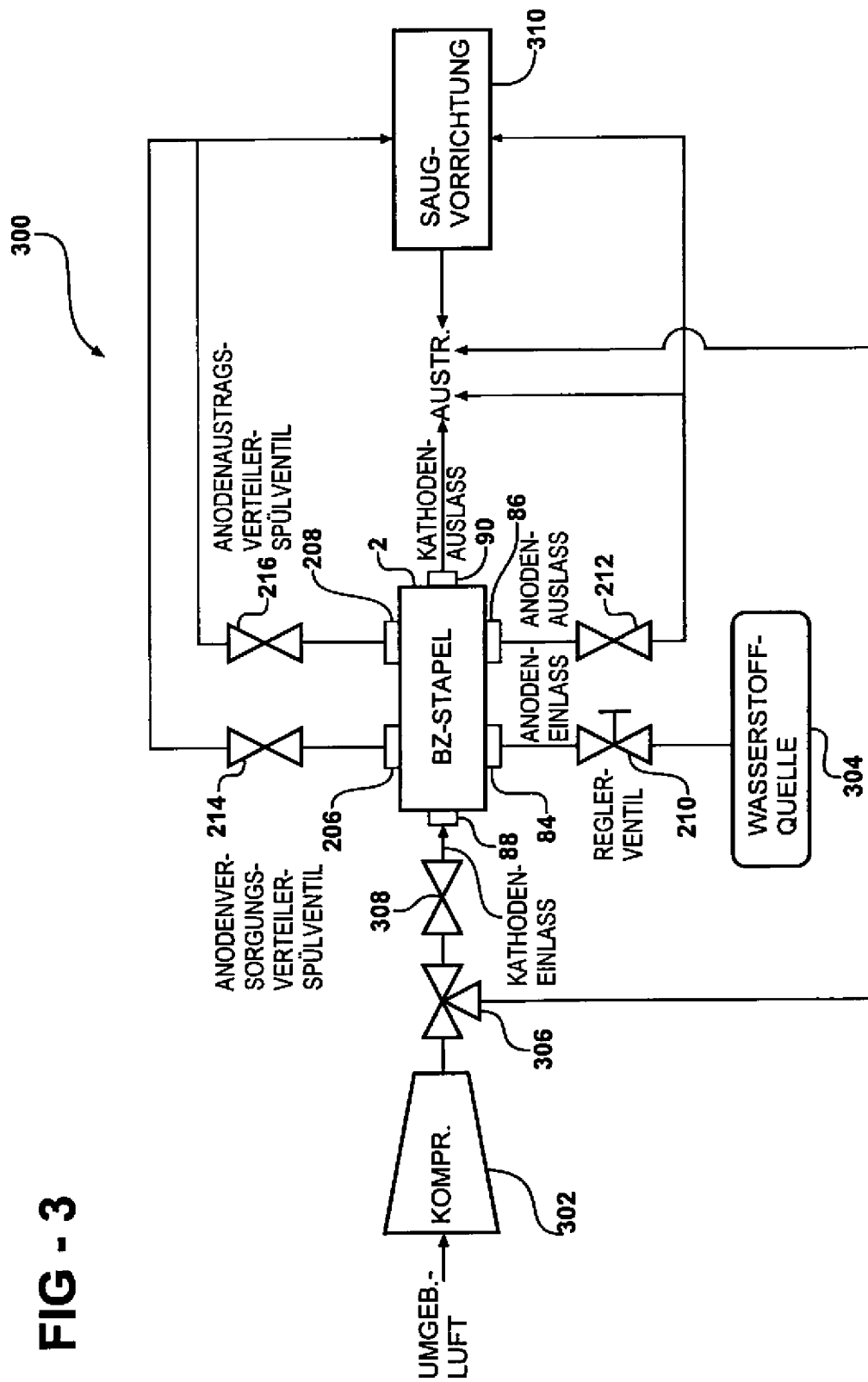
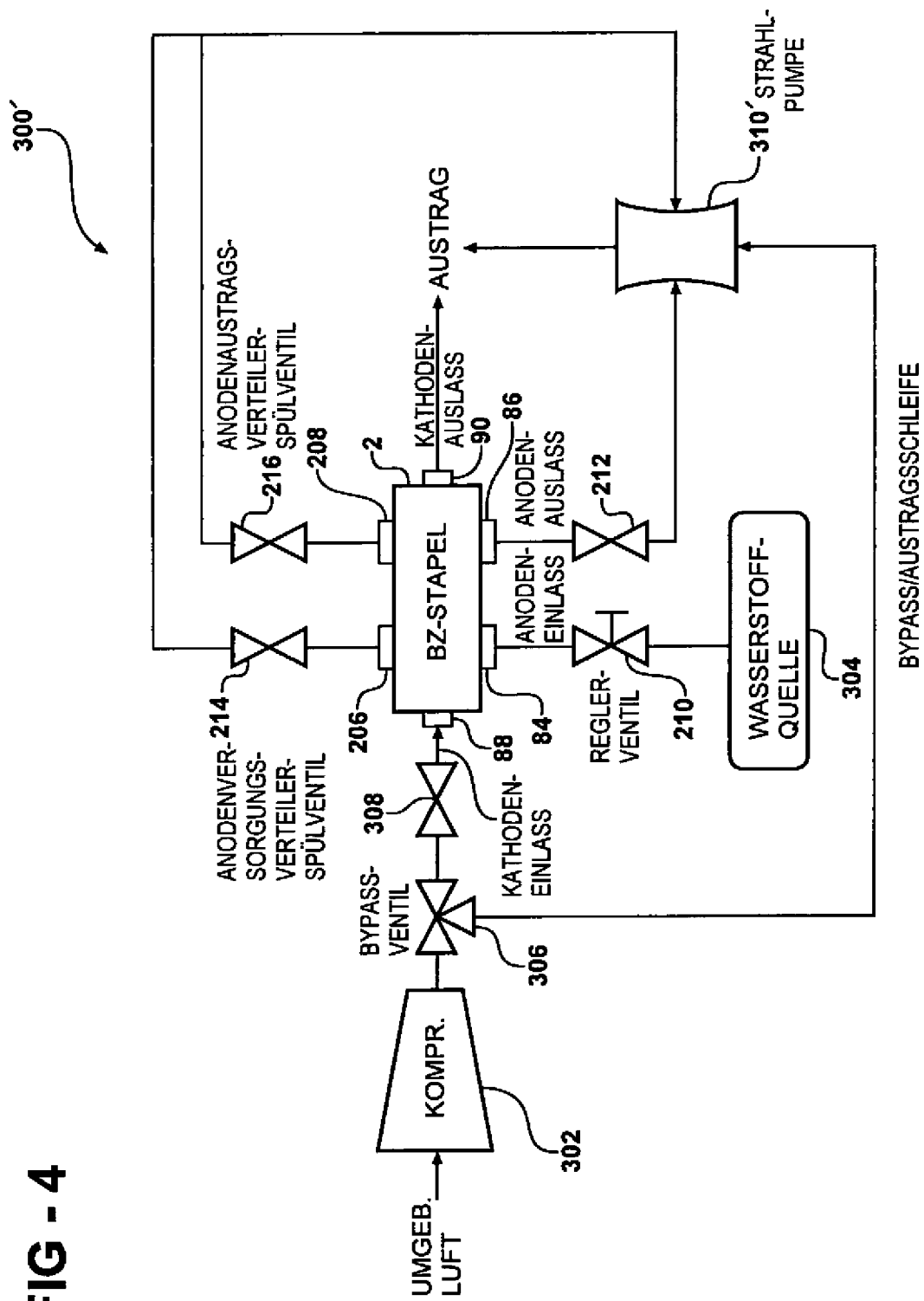


FIG - 3



**FIG - 4**

**FIG - 5**