(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 035 995 B4** 2015.09.17

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 035 995.2**
(22) Anmeldetag: **01.08.2007**
(43) Offenlegungstag: **05.02.2009**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **17.09.2015**

(51) Int Cl.: ***H01M 8/02*** (2006.01)
H01M 8/24 (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).

(73) Patentinhaber:
Universität Bremen, 28359 Bremen, DE

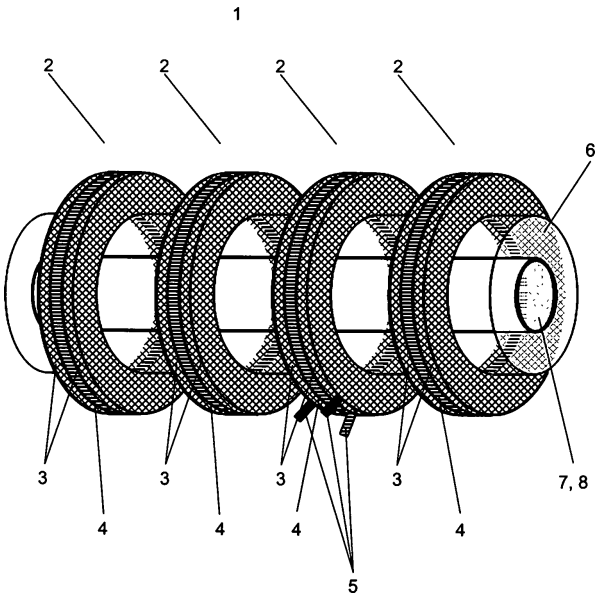
(74) Vertreter:
MÜLLER FOTTNER STEINECKE Rechtsanwalts- und Patentanwaltspartnerschaft mbB, 80335 München, DE

(72) Erfinder:
Thöming, Jorg, Prof. Dr.-Ing., 28355 Bremen, DE;
Baune, Michael, Dr., 28215 Bremen, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:
US 2002 / 0 098 401 A1

(54) Bezeichnung: **Brennstoffzellen-System und Vorrichtung mit diesem**

(57) Hauptanspruch: Brennstoffzellen-System (1), dadurch gekennzeichnet, dass
es in dieser Reihenfolge jeweils benachbart zueinander eine erste sauerstoffhaltige Gasschicht, eine Brennstoffdoppelzelle (2) und eine weitere sauerstoffhaltige Gasschicht enthält,
die Brennstoffdoppelzelle (2) jeweils benachbart zueinander eine erste kathodenseitige Einrichtung (3, 9) zur Stromzuleitung und kathodenseitigen Gasdiffusion, eine erste Kathode, eine erste Protonenaustauschermembran (10), eine erste Anode, eine anodenseitige Einrichtung (4, 11) zur anodenseitigen Gasdiffusion, Brennstoffverteilung und Stromableitung zu/von der ersten und zweiten Anode, eine zweite Anode, eine zweite Protonenaustauschermembran (10), eine zweite Kathode, eine zweite kathodenseitige Einrichtung (3, 9) zur kathodenseitigen Gasdiffusion und Stromzuleitung enthält,
die als Diffusionselektroden ausgebildeten Kathoden sich durch die kathodenseitigen Einrichtungen (3, 9) hindurch in Kontakt mit den jeweils zu ihnen benachbarten sauerstoffhaltigen Gasschichten befinden, wobei die sauerstoffhaltige Gasschicht derart ausgestaltet ist, dass sie
– an beiden Seiten einer Brennstoffdoppelzelle in Verbindung mit den in ihnen vorhandenen Kathoden-Diffusionselektroden eine diffuse Sauerstoffzufuhr und konvektive Wärmeabfuhr bei nahezu doppelter massenspezifischer Leistung gewährleistet und
– im Bereich der Kathoden-Diffusionselektroden eine effiziente Ableitung des durch die Kathodenreaktion gebildeten Wassers durch Verdunsten oder Verdampfen ermöglicht.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brennstoffzellen-System, eine Brennstoffdoppelzelle und eine Vorrichtung, die dieses Brennstoffzellen-System enthält.

[0002] Wie allgemein bekannt ist, erfolgt in einer Brennstoffzelle eine kontrollierte Oxidation eines Brennstoffs, wie beispielsweise Wasserstoff oder Methanol, mit Sauerstoff oder Luft. Da der Brennstoff und der Sauerstoff durch einen Elektrolyten räumlich voneinander getrennt sind, erfolgt kein direkter Elektronentransfer vom Brennstoff zum Sauerstoff, sondern es findet ein indirekter Elektronentransfer über zwei Elektroden statt. Der Ladungsausgleich erfolgt mittels Ionentransport durch den Elektrolyten. Auf diese Weise kann ein Teil der im Brennstoff gespeicherten chemischen Energie als elektrische Energie genutzt werden. Das Kernelement einer jeden Brennstoffzelle ist der Elektrolyt. Deshalb werden die einzelnen Brennstoffzellen-Typen nach der Art des verwendeten Elektrolyten unterschieden.

[0003] Durch die zunehmende Verbreitung von portablen, elektrisch betriebenen Kleingeräten, zum Beispiel im Bereich der Datenverarbeitung, der Telekommunikation aber auch der Unterhaltungselektronik, wächst der Bedarf an leistungsfähigen portablen Energieversorgungssystemen für diese Geräte. Neben den bisher verwendeten Lösungen auf Basis von Batterien, Akkumulatoren und Photovoltaiksystemen erscheinen Brennstoffzellen für derartige Geräte eine vielversprechende Alternative zu sein. Dies unter Anderem deshalb, weil bei Brennstoffzellen aufgrund der hohen Energiedichte des verwendeten Energieträgers (Brennstoffs) bis zu 4-fach höhere Betriebszeiten bei gleicher Baugröße als bei derzeit erhältlichen Li-Ionen Batterien möglich erscheinen.

[0004] Nach dem derzeitigen Entwicklungsstand der Brennstoffzellen-Technik erscheinen für portable und mobile Anwendungen in Kleingeräten insbesondere Niedertemperatur-Brennstoffzellen wie die PEMFC (”proton exchange membrane fuel cell”, Protonenaustauschmembran-Brennstoffzelle) und die DMFC (”direct methanol fuel cell”, Direkt-Methanol-Brennstoffzelle) geeignet.

[0005] Die PEMFC kann eine Niedertemperatur-Brennstoffzelle mit einer theoretischen Arbeitstemperatur zwischen 60°C und 120°C sein. Bei Verwendung entsprechender Protonenaustauschermembranen kann die Arbeitstemperatur aber auch durchaus bis zu 200°C betragen (Hochtemperatur-PEMFCs = HT-PEMFCs). Sie wird mit Luft und Wasserstoff oder mit einem reformierten, wasserstoffreichen Gas (z. B. Erdgas) betrieben.

[0006] In einer PEMFC sind auf beiden Seiten einer als Elektrolyt dienenden, nur Protonen leitenden Membran (meist eine dünne Folie mit einer Dicke zwischen 30 bis 170 µm) Elektroden aufgebracht. Als Ausgangsmaterial für die Membran werden gegenwärtig üblicherweise Polymere verwendet, wie beispielsweise Polyimide, Polybenzimidazole und fluorierte oder perfluorierte Polysulfone, wie Polyether- oder Polyarylethersulfone. Bei der HT-PEMFC werden derzeit bevorzugt z. B. PBI/H_3PO_4 Membranen (PBI = Polybenzimidazol) verwendet. Die Elektroden enthalten einen Katalysator, wie beispielsweise fein verteilte Edelmetalle auf Kohle, wobei oftmals Pt auf der Kathodenseite und Pt/Ru auf der Anodenseite verwendet wird. Der Verbund aus Membran und den beidseitigen Elektroden wird in der Regel als Membran-Elektroden-Einheit oder abgekürzt als MEA bezeichnet.

[0007] Für die Zufuhr von Brennstoff zur Anode bzw. für die Abfuhr der Reaktionsprodukte von der Anode, sowie für die Zufuhr von Sauerstoff bzw. einem sauerstoffhaltigen Gas zur Kathode bzw. für die Abfuhr der Reaktionsprodukte von der Kathode sind auf beiden Seiten einer MEA jeweils eine Gasdiffusionslage vorhanden. Diese poröse und dadurch gasdurchlässige Gasdiffusionslage besteht häufig aus einem Graphitfasergewebe mit einer Dicke von etwa 0,1 bis 0,3 mm. Die Gasdiffusionslage muss die beiden Reaktionsgase möglichst optimal verteilt an die gesamte aktive Fläche der jeweiligen Elektrode heranführen. Des Weiteren muss die Gasdiffusionslage die in den Elektroden erzeugte elektrische Ladung (Elektronen) ableiten. Und schließlich erfolgt durch die Gasdiffusionslage auch der Wasser- bzw. Wasserdampftransport weg von der Membran.

[0008] Die von einer einzelnen Brennstoffzelle erzeugte Spannung beträgt je nach angeschlossener Last in der Regel zwischen einem halben und etwas mehr als einem Volt. Diese Spannung kann durch eine elektrische Serienschaltung mehrerer Einzelzellen zu einem sogenannten Stack (Stapel) erhöht werden. Brennstoffzellenstacks können von einigen wenigen (im Minimum zwei Einzelzellen) bis zu mehreren Hundert Einzelzellen aufgebaut sein.

[0009] Zur Trennung der Einzelzellen in einem Stack werden sogenannten Bipolarplatten verwendet. Kanalstrukturen in den Bipolarplatten, die oftmals als ”flow-field” bezeichnet werden, sorgen für die flächige Gaszuführung an die Gasdiffusionslage. Die gegenüberliegenden Flächen einer Bipolarplatte weisen zu einer Kathodenseite einer Einzelzelle und zur Anodenseite einer benachbarten Einzelzelle. Aus diesem Grund liegt auf den gegenüberliegenden Flächen einer Bipolarplatte eine umgekehrte Polarität an.

[0010] Steht für den Betrieb einer PEMFC notwendiges wasserstoffreiches Prozessgas nicht unmittelbar zur Verfügung, kann dieses mit Hilfe eines sogenannten Reformers aus geeigneten Ausgangsmaterialien, wie beispielsweise Benzin, Methanol oder Erdgas, hergestellt werden. Zur Erzeugung der wasserstoffreichen Prozessgase bedient man sich dabei katalytischer und thermischer Verfahren.

[0011] Die DMFC stellt eine modifizierte PEMFC dar, bei der an Stelle von Wasserstoff Methanol als Energieträger verwendet wird, um diesen direkt in elektrischen Strom umzusetzen. Die Arbeitstemperatur einer DMFC beträgt üblicherweise zwischen etwa 80°C und 130°C. In einer DMFC wird am Katalysator der Anodenseite Methanol mit Wasser oxidiert. Das dabei entstehende Kohlendioxid wird aus der Zelle abgeführt. Auf der Kathodenseite wird aus den Protonen, die durch die Membran transportiert werden, den Elektronen, die über einen äußeren Nutzstromkreis geleitet werden, und dem Sauerstoff der Luft Wasser gebildet. Eine DMFC kann Methanol also direkt als Brennstoff verwenden, ohne dass dieses vorher mittels eines Reformers in ein wasserstoffreiches Prozessgas umgewandelt werden muss.

[0012] Für stark miniaturisierte Brennstoffzellen-Systeme ist es wünschenswert, die Systemperipherie sowohl in Bezug auf die Anzahl an Einheiten als auch in Bezug auf deren Raumbedarf so klein wie möglich zu gestalten, um eine möglichst hohe Leistungsdichte zu erzielen. Ein verringerter Platzbedarf für die Systemperipherie und eine damit im Zusammenhang stehende erhöhte Leistungsdichte sind daher derzeit zwei der vorrangigen Ziele bei der Entwicklung stark miniaturisierter Brennstoffzellen.

[0013] Eine der Möglichkeiten zum Erreichen der oben genannten Ziele wird in einem passiven Betrieb einer Brennstoffzelle gesehen, d. h. Brennstoffzellen, die für einen Betrieb im Idealfall ohne Pumpe(n) und/oder Ventilator(en) auskommen.

[0014] Den oben genannten Zielen dient auch die Entwicklung von selbstatmenden Kathoden (”air-breathing”) im Bereich der sog. flachen Brennstoffzellen. Bei derartigen flachen Brennstoffzellen befindet sich die Kathodenseite mit der Gasdiffusionslage in Kontakt mit einem sauerstoffhaltigen Gas, wie zum Beispiel normaler Umgebungsluft. Der für die Umsetzung der durch die Membran wandernden Protonen zu Wasser notwendige Sauerstoff wird der Kathode mittels Diffusion zugeführt. Die Versorgung der Anode mit Brennstoff erfolgt über ein herkömmliches „flow-field”. Um die Versorgung mit Brennstoff und Sauerstoff zu gewährleisten, wendet man hierbei unter anderem die Technik der Mikrostrukturierung an. Für die Mikrostrukturierung metallischer Werkstoffe stehen bereits eine Reihe unterschiedlicher Produktionstechniken zur Verfügung, beispielsweise mikromechanische Bearbeitung, Funkenerodieren, Laserablation, LIGA-Verfahren (LIGA = Lithographie-Galvanik-Abformung) sowie Mikrospritzguss.

[0015] Bei den verschiedenen Brennstoffzellentypen muss jeweils ein bestimmter Arbeitstemperaturbereich eingehalten werden, damit die Brennstoffzellenreaktionen mit ausreichender Geschwindigkeit ablaufen. Da bei diesen Reaktionen nur ein Teil der im Brennstoff gespeicherten chemischen Energie in elektrische Energie umgewandelt wird, der andere Teil aber in Form von Abwärme freigesetzt wird, müssen, insbesondere bei höheren Leistungen, Brennstoffzellen gekühlt werden, um ein Übersteigen der optimalen Arbeitstemperatur während des Betriebs zu vermeiden.

[0016] Die Kühlung erfolgt in der Regel durch herkömmliche Kühlsysteme, wie beispielsweise aktive Ventilation. Es werden aber auch Wärmetauscher verwendet, die zum Teil die Abwärme nutzen. Diese Techniken sind insbesondere aufgrund des damit verbundenen Platzbedarfs für stark miniaturisierte Brennstoffzellen nicht oder nur sehr eingeschränkt sinnvoll und möglich.

[0017] Brennstoffzellen-Systeme werden auch in den Druckschriften JP 2000-058100 A, JP H02-027670 A und in US 2002/0098401 A1 vorgestellt.

[0018] In der Druckschrift JP H02-027670 A weisen die Schichten mit sauerstoffhaltigem Gas einer Brennstoffzelle auf zumindest zwei Seiten der rechtwinklig gestalteten Brennstoffzellen-Einheit geschlossene Abstandselemente auf. Diese dienen dazu, einen Verlust an sauerstoffhaltigem Gas bei dessen Zuleitung zu den Brennstoffzellen zu vermeiden. In der Druckschrift JP H02-027670 A handelt es sich ganz offensichtlich um eine vollständig geschlossene Konstruktion einer Brennstoffzelle. Gleiches gilt für eine Brennstoffzelleneinheit gemäß der Druckschrift US 2002/0098401 A1, bei der das sauerstoffhaltige Gas mittels dünner Zu- und Ableitungen auf aktive Weise zu- bzw. abgeleitet werden muss. Bei allen Brennstoffzellen-Einheiten nach dem Stand der Technik ist somit konstruktionsbedingt ein lageunabhängiger Betrieb unter Zuhilfenahme von konvektiver Sauerstoff-Zufuhr zu den Kathoden und konvektiver Abfuhr von Wärme und Wasser(dampf) von den Kathoden nicht möglich.

[0019] Vor diesem Hintergrund ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Brennstoffzellen-System und eine Brennstoffzelle zur Verfügung zu stellen, mit der viele der mit Brennstoffzellen nach dem Stand der Technik verbundenen Nachteile überwunden werden.

[0020] Diese Aufgabe wird gelöst durch das Brennstoffzellen-System nach Anspruch 1, die Brennstoffdoppelzelle nach Anspruch 1 sowie die Vorrichtung nach Anspruch 23, die das erfindungsgemäße Brennstoffzellen-System enthält. Weitere Ausgestaltungen und Weiterentwicklungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0021] Das erfindungsgemäße Brennstoffzellen-System ist dadurch gekennzeichnet, dass es in dieser Reihenfolge jeweils benachbart zueinander eine erste sauerstoffhaltige Gasschicht, eine Brennstoffdoppelzelle und eine weitere sauerstoffhaltige Gasschicht enthält, die Brennstoffdoppelzelle jeweils benachbart zueinander eine erste kathodenseitige Einrichtung zur Stromzuleitung und kathodenseitigen Gasdiffusion, eine erste Kathode, eine erste Protonenaustauschermembran, eine erste Anode, eine anodenseitige Einrichtung zur anodenseitigen Gasdiffusion, Brennstoffverteilung und Stromableitung zu/von der ersten und zweiten Anode, eine zweite Anode, eine zweite Protonenaustauschermembran, eine zweite Kathode, eine zweite kathodenseitige Einrichtung zur kathodenseitigen Gasdiffusion und Stromzuleitung enthält, und die Kathoden sich durch die kathodenseitigen Einrichtungen hindurch in Kontakt mit den jeweils zu ihnen benachbarten sauerstoffhaltigen Gasschichten befinden.

[0022] Das erfindungsgemäße Brennstoffzellen-System ist in bevorzugter Weise als ein passives Brennstoffzellen-System ausgelegt bzw. kann als solches betrieben werden.

[0023] Die Erfindung umfasst ebenfalls eine Brennstoffdoppelzelle mit den Merkmalen, wie sie in den Ansprüchen 1, 6, 9 und 12 bis 16 angegeben sind. Diese Brennstoffdoppelzelle könnte man der Einfachheit halber als eine ”Kathode-Anoden-Kathode-Sandwich”-Konstruktion bezeichnen, da sie zwei mittige Anoden und zwei äußere Kathoden aufweist.

[0024] Da sich dem Fachmann der Aufbau und die Funktionsweise der erfindungsgemäßen Brennstoffdoppelzelle durch die Beschreibung des Aufbaus und der Funktionsweise des erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-Systems und vice versa in vollem Umfang erschließt, erfolgt im nachfolgenden eine gemeinsame Beschreibung des erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-Systems und der erfindungsgemäßen Brennstoffdoppelzelle.

[0025] Bei den sauerstoffhaltigen Gasschichten kann es sich beispielsweise um ein Sauerstoffgas oder um natürliche oder synthetische Luft handeln. Die Kathoden sind als Diffusionselektroden ausgebildet. Das heißt, der für die Kathodenreaktionen benötigte Sauerstoff wird den Kathoden über die kathodenseitigen Einrichtungen bzw. die weiter unten beschriebenen kathodenseitigen Elemente mittels Diffusion zugeführt.

[0026] Die Funktionsweise des erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-Systems, unterscheidet sich nicht grundsätzlich von herkömmlich bekannten Brennstoffzellen. Durch die katalytisch aktiven Anoden erfolgt die Oxidation des Brennstoffs mit der dabei stattfindenden Bildung von Kationen und Elektronen. Die Kationen wandern anschließend durch die Protonenaustauschermembranen zu den Kathoden. Die Elektronen fließen über einen Außenstromkreis zu den Kathoden. Jedoch sind in einer erfindungsgemäßen Brennstoffdoppelzelle die Anoden einander zugewandt und somit keine Bipolarplatten im herkömmlichen Sinn für den Aufbau des erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-Systems erforderlich.

[0027] In der nachfolgenden Beschreibung der Erfindung wird für die Kombination aus kathodenseitiger Einrichtung (zur Stromzuleitung und kathodenseitiger Gasdiffusion) bzw. kathodenseitigem Element und Kathode in der Regel der Begriff ”Kathoden-Diffusionselektrode” verwendet.

[0028] Die für die Einheiten bzw. Elemente der erfindungsgemäßen Brennstoffdoppelzelle verwendbaren Materialien und der Aufbau der Einheiten bzw. Elemente sind nicht besonders beschränkt. Es ist lediglich darauf zu achten, dass (gegenwärtig erhältliche oder in Zukunft entwickelte) Materialien und ein Aufbau gewählt werden, mit denen die erfindungsgemäßen Vorteile erreichbar sind.

[0029] So sind zum Beispiel für die als Elektrolyt dienenden, nur Protonen leitenden Membranen feste Polymermembranen verwendbar. Diese werden entweder aus reinen Polymer- oder aus Kompositmembranen hergestellt, bei denen andere Materialien in eine Polymermatrix eingebettet sind. Als Polymere werden derzeit überwiegend Polyimide, Polybenzimidazole und fluorierte oder perfluorierte Polysulfone, wie Polyether- oder Polyarylethersulfone verwendet. Kommerziell am weitesten verbreitet ist derzeit Nafion des Chemiekonzerns DuPont.

[0030] Soll die erfindungsgemäße Brennstoffdoppelzelle bei einer höheren Temperatur betrieben werden, können Membranen verwendet werden, die z. B. zumindest überwiegend aus PBI/H_3PO_4 bestehen. Diese Membranen besitzen den Vorteil, dass sie nahezu ohne anodenseitigen Eintrag von Wasser funktionieren.

[0031] Die Protonenaustauschermembranen weisen auf den einander gegenüberliegenden Flächen je eine Kathode und eine Anode (Elektroden) auf. Die Elektroden sind aus katalytisch aktivem Material gebildet, zum Beispiel einer Mischung aus Kohlenstoff (Ruß) und einem fein verteilten Katalysator, häufig

Platin oder einem Gemisch aus Platin-Ruthenium (Pt-Ru-Elektroden), Platin-Nickel (PtNi-Elektroden), oder Platin-Cobalt (PtCo-Elektroden).

[0032] Für die Gestaltung der in dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-System enthaltenen Brennstoffdoppelzelle und der Brennstoffdoppelzelle an sich ist als eine bevorzugte Ausführungsform vorgesehen, dass entweder

a) zumindest eine der kathodenseitigen Einrichtungen jeweils zueinander benachbart eine Stromzuleitungseinheit und eine kathodenseitige Gasdiffusionseinheit enthält, und/oder die anodenseitige Einrichtung jeweils zueinander benachbart eine erste anodenseitige Gasdiffusionseinheit, eine Brennstoffverteilungseinheit mit einer Stromableitungseinheit und eine zweite anodenseitige Gasdiffusionseinheit enthält, oder

b) zumindest eine der kathodenseitigen Einrichtungen und/oder die anodenseitige Einrichtung jeweils als ein einheitliches, elektrisch leitendes und gasdurchlässiges kathodenseitiges bzw. anodenseitiges Element ausgebildet ist/sind.

[0033] In beiden Fällen befindet sich jeweils eine Einrichtung, Einheit oder ein Element zur Gasdiffusion in direktem Kontakt zu den katalytisch aktiven Elektroden. Diese Einrichtung, Einheit oder dieses Element hat insbesondere die Aufgabe, Brennstoff bzw. Sauerstoff gleichmäßig an die Anoden bzw. Kathoden zu führen, und Strom und Wärme von den Membranen abzuführen. Die Materialien für und der Aufbau der Einrichtungen, Einheiten oder Elemente zur Gasdiffusion sind nicht besonders beschränkt und es können solche ausgewählt werden, die für den beabsichtigten Zwecke jeweils geeignet sind, zum Beispiel jene, die oben im Zusammenhang mit der Gasdiffusionslage beschrieben sind.

[0034] Auch für die Einrichtung, Einheit oder das Element zur Verteilung von Brennstoff gibt es keine besonderen Beschränkungen. Im Falle der obigen Option a) kann die Einheit zur Verteilung von Brennstoff (der der Anode zugeleitet wird) zum Beispiel eine beidseitig strukturierte Platte sein, die neben der Brennstoffverteilung auch zur elektrischen Kontaktierung dient. Die Platte kann z. B. aus gefrästem, geätztem, gestanztem oder durch ein anderes Verfahren strukturiertem Metall, aus einem porösen, leitfähigen Material, Metallschaum oder aus leitfähiger und strukturierter Keramik oder leitfähigem Polymer ausgebildet sein.

[0035] Die Einheit zur Brennstoffverteilung kann zum Beispiel auch ein sog. Anoden-Flowfield mit verästelten Kanälen und/oder Leitungen sein. Eine verästelte Kanalstruktur kann, ähnlich wie z. B. bei der Sauerstoffzufuhr der Lunge, die Versorgung mit Brenngas bis an den äußeren Rand des Bauteils und ohne größere „Todzonen" sicherstellen. Wenn die Brennstoffverteilungseinheit aus einem porösen, leitfähigen Material besteht, sollten die Durchmesser der Poren in vorteilhafter Weise vom Zentrum (d. h. vom Ort der Zufuhr von Brennstoff) zum Rand hin kleiner werden.

[0036] Die Stromzuleitungseinheit im Bereich der Kathoden kann zum Beispiel aus einer Platte (z. B. ein Metall-Lochblech), einem Metallschaum, einem Metallgewebe, optional mit einer mechanischen Stabilisierung, oder einem anderen leitfähigen Material/Gewebe (Keramik/Polymer) gebildet sein. Es ist lediglich jeweils darauf zu Achten, dass Gasdiffusion gewährleistet ist.

[0037] Gemäß der obigen Option b) können zumindest eine der kathodenseitigen Einrichtungen und/oder die anodenseitige Einrichtung jeweils auch als ein einheitliches, elektrisch leitendes und gasdurchlässiges Element ausgebildet sein. In diesem Fall braucht dann keine bestimmte Reihenfolge bzw. Anordnung der einzelnen Einheiten mehr gegeben zu sein, bzw. ist keine bestimmte Reihenfolge bzw. Anordnung der einzelnen Einheiten gegeben bzw. erkennbar.

[0038] Ein solches Element könnte zum Beispiel durch einen offenporigen Metallschwamm realisiert werden. Durch die stofflichen und mechanischen Eigenschaften (wie elektrische Leitfähigkeit und Gasdurchlässigkeit) kann ein Metallschwamm die Funktionen Brennstoffverteilung, Gasdiffusion und Stromab- bzw. -zuleitung in einem Element bzw. Bauteil vereinen. Auch sind andere Materialien, die diese Anforderungen erfüllen, wie z. B. elektrisch leitfähige und offenporige Kunststoffe oder Keramiken für diesen Zweck einsetzbar.

[0039] In jedem der oben geschilderten Ausführungsformen ist es bevorzugt, wenn die anodenseitige Einrichtung, die Brennstoffverteilungseinheit oder das anodenseitige Element Poren und/oder Kanäle zur Brennstoffverteilung aufweist.

[0040] Das Konstruktionsprinzip des erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-Systems bringt im Vergleich zu herkömmlichen (z. B. "air-breathing") Brennstoffzellen eine Reihe von Vorteilen mit sich. Neben den bereits weiter oben beschriebenen sind diese insbesondere, dass

a) durch die sauerstoffhaltige Gasschicht an beiden Seiten einer Brennstoffdoppelzelle in Verbindung mit den in ihnen vorhandenen Kathoden-Diffusionselektroden eine effiziente diffusive Sauerstoffzufuhr und konvektive Wärmeabfuhr bei nahezu doppelter massenspezifischen Leistung gewährleistet ist; und

b) die sauerstoffhaltige Gasschicht im Bereich der Kathoden-Diffusionselektroden eine effiziente Ableitung des durch die Kathodenreaktion gebildeten Wassers durch Verdunsten oder Verdampfen ermöglicht.

[0041] Die oben geschilderten Vorteile des Konstruktionsprinzips ermöglichen in bevorzugter Weise einen passiven Betrieb des erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-Systems, d. h. einen Betrieb ohne elektrisch betriebene Systemperipherie, wie zum Beispiel Ventilatoren, oder passiver Systemperipherie, wie zum Beispiel Wärmetauschern. Das Konstruktionsprinzip des erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-Systems und der erfindungsgemäßen Brennstoffdoppelzelle ermöglicht somit die Realisierung stark miniaturisierter, passiver, hoch leistungsfähiger Brennstoffzellen-Systeme, was insbesondere für mobile Gerätschaften einen großen Fortschritt darstellt.

[0042] Die vorliegende Erfindung schließt jedoch nicht aus, dass je nach Auslegung des erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-Systems und/oder der gegebenen Betriebsbedingungen eine solche, oben erwähnte Systemperipherie vorhanden sein kann. Auch kann das erfindungsgemäße Brennstoffzellen-System andere erforderliche oder erwünschte Systemperipherie aufweisen, wie zum Beispiel einen Gassättiger, wie er zum Anfeuchten von Brennstoffgas verwendet wird.

[0043] Wie oben bereits angemerkt wurde, dienen die anodenseitige Einrichtung mit der anodenseitigen Gasdiffusionseinheit und der Brennstoffverteilungseinheit bzw. das anodenseitige Element der Zufuhr und Verteilung von Brennstoff und der Abfuhr von Wärme und Strom. Darüber hinaus können sie aber auch zur Abfuhr von Reaktionsprodukten dienen. Wenn die erfindungsgemäße Brennstoffdoppelzelle z. B. eine DMFC ist, wird der Anode als Brennstoff ein gasförmiges Gemisch aus Methanol und Wasser zugeführt. Am Katalysator der Anodenseite wird das Methanol mit dem Wasser oxidiert. Das Ableiten des dabei entstehenden Kohlendioxids erfolgt durch einen leichten Verluststrom des Brenngases (englischer Fachbegriff: ”purge”). Insbesondere in solchen und vergleichbaren Fällen ist vorgesehen, dass die erfindungsgemäße Brennstoffdoppelzelle keine ”dead-end”-Konstruktion ist.

[0044] Wenn eine elektrische Spannung oder eine elektrische Stromstärke erwünscht oder erforderlich ist, die höher bzw. größer ist als die, die eine erfindungsgemäße Brennstoffdoppelzelle zu liefern vermag, können – wie dies auch für herkömmliche Brennstoffzellen bekannt ist – mehrere Brennstoffdoppelzellen in Reihe oder parallel geschaltet werden.

[0045] Die bei der erfindungsgemäßen Brennstoffdoppelzelle vorhandenen Kathoden-Diffusionselektroden, Polymerelektrolytmembranen und Anoden weisen eine in der Regel gleiche Grundfläche auf. Wenn man nun die Grundflächen dieser Einheiten in Draufsicht betrachtet, so ist die sich ergebende Fläche hier als die Grundfläche der Brennstoffdoppelzelle definiert.

[0046] Wie leicht nachzuvollziehen ist, kann zur Erreichung einer Konfiguration, bei der mehrere erfindungsgemäße Brennstoffdoppelzellen in Reihe oder parallel geschaltet sind und sich gleichzeitig vor und hinter jeder Brennstoffdoppelzelle eine sauerstoffhaltige Gasschicht befindet, eine unendliche Vielzahl an möglichen Anordnungen gewählt werden. Dabei können die Ausrichtungen und die Lagen der Grundflächen der einzelnen Brennstoffdoppelzellen im Raum so lange beliebig gewählt werden, so lange das Kriterium der sauerstoffhaltigen Schicht vor und hinter jeder Brennstoffdoppelzelle erfüllt ist. Hierbei, wie auch bei der erfindungsgemäßen Brennstoffdoppelzelle als solcher braucht selbstverständlich die sauerstoffhaltige Gasschicht über die Grundfläche der Kathoden-Diffusionselektrode hinweg keine einheitliche Dicke aufzuweisen. Erfindungsgemäß sind daher zum Beispiel auch Anordnungen möglich, bei der sich Kanten von benachbarten Kathoden-Diffusionselektroden berühren.

[0047] Eine weitere erfindungsgemäße Ausführungsform sieht vor, dass in einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-System mehrere Brennstoffdoppelzellen so voneinander und hintereinander beabstandet angeordnet sind, dass zwischen Kathodenseiten (Kathoden-Diffusionselektroden) benachbarter Brennstoffdoppelzellen jeweils eine sauerstoffhaltige Gasschicht vorhanden ist.

[0048] Da für jede Brennstoffdoppelzelle zumindest eine Zuführung für Brennstoff erforderlich ist, wird es beispielsweise aus Gründen des Platzbedarfs und der Produktionskosten in vielen Fällen bevorzugt sein, dass bei dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-System mit mehr als einer Brennstoffdoppelzelle diese so voneinander und hintereinander beabstandet angeordnet sind, dass Kathoden-Diffusionselektroden benachbarter Brennstoffdoppelzellen einander parallel oder unter einem vergleichsweise kleinen Winkel von bis zu etwa 45° gegenüberstehen und der Abstand für die Schicht aus sauerstoffhaltigem Gas gerade so groß gewählt wird, wie er für die diffusive Sauerstoffzufuhr, die konvektive Kühlung und den Abtransport des gebildeten Wassers (in Form von Wasserdampf) erforderlich ist.

[0049] Durch eine solche Anordnung ergibt sich ein „kühlrippenartiger” Aufbau, durch den sich, insbesondere bei einer im Wesentlichen parallelen Ausrichtung der einzelnen Brennstoffdoppelzellen zueinan-

der, weitere Vorteile beim Aufbau und Betrieb der erfindungsgemäßen Brennstoffzelle ergeben. Diese Vorteile sind weiter unten beschrieben.

[0050] Das erfindungsgemäße Brennstoffzellen-System kann bevorzugt weiter mindestens eine Reformereinheit und/oder mindestens einen Behälter zum Aufnehmen von Brennstoff und/oder mindestens eine Zufuhreinrichtung für Brennstoff enthalten, die/der jeweils mindestens eine Einrichtung zum Abgeben von Brennstoff aufweist/aufweisen, wobei die Reformereinheit und/oder der Behälter zum Aufnehmen von Brennstoff und/oder die Zufuhreinrichtung für Brennstoff gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform zumindest im Bereich der Brennstoffdoppelzelle(n) eine im Wesentlichen rohrförmige äußere Gestaltung aufweist/aufweisen. Die Einrichtung zum Abgeben von Brennstoff kann beispielsweise mindestens eine Öffnung in der Außenhülle der Reformereinheit und/oder des mindestens einen Behälters zum Aufnehmen von Brennstoff und/oder der mindestens einen Zufuhreinrichtung für Brennstoff sein. Die Öffnung kann einen direkten Kontakt zu der Brennstoffverteilungseinheit der anodenseitigen Einrichtung oder dem anodenseitigen Element aufweisen. Die rohrförmige Gestaltung ist nicht besonders beschränkt und kann beispielsweise im Querschnitt betrachtet kreisförmig, kreissegmentförmig, ellipsenförmig, ellipsensegmentförmig, drei-, vier-, fünf-, sechseckig sein oder eine andere polygone Form aufweisen.

[0051] Die Reaktionen zum Reformieren von Brennstoff verlaufen in ihrer Summe häufig endotherm, benötigen für ihren Ablauf also eine Energiezufuhr von Außen. Da bei den Reaktionen in einer Brennstoffzelle nur ein Teil der im Brennstoff gespeicherten Energie in elektrische Energie, der restliche Teil aber in Wärme umgewandelt wird, steht in einer Brennstoffzelle grundsätzlich die für die Reaktionen zum Reformieren von Brennstoff benötigte Energie zur Verfügung. Wenn das erfindungsgemäße Brennstoffzellen-System eine Reformereinheit mit in der Summe endotherm verlaufenden Reaktionen enthält, so bietet dies den Vorteil, dass geringere Ansprüche an die Sicherstellung einer ausreichenden Kühlung gestellt werden müssen, da zumindest ein Teil der durch die Reaktionen in der Brennstoffdoppelzelle erzeugten Wärmeenergie z. B. durch eine Wärmeübertragung zur Reformereinheit und den in der Reformereinheit ablaufenden Reaktionen abgeleitet und verbraucht wird. Jedoch ist es bei dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-System keinesfalls erforderlich, dass dieses eine Reformereinheit mit in der Summe endotherm ablaufenden Reaktionen enthält. Durch entsprechende Auslegung der Kathoden-Diffusionselektroden, der Dicke der Schichten mit sauerstoffhaltigem Gas, der Zufuhr an Brennstoff, etc. kann ein stabiler Betrieb des erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-Systems selbstverständlich auch erreicht werden, wenn das erfindungsgemäße Brennstoffzellen-System keine Reformereinheit mit in der Summe endotherm ablaufenden Reaktionen enthält, d. h. wenn das erfindungsgemäße Brennstoffzellen-System entweder eine Reformereinheit enthält, bei der die Reaktionen autotherm ablaufen oder gar keine Reformereinheit enthält.

[0052] Wenn das erfindungsgemäße Brennstoffzellen-System eine Reformereinheit aufweist, kann/können gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Behälter zum Aufnehmen von Brennstoff und/oder die Zufuhreinrichtung für Brennstoff zumindest teilweise im Inneren der Reformereinheit angeordnet sein, um so eine möglichst kompakte Bauform zu erreichen.

[0053] Als eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-Systems ist vorgesehen, dass die Reformereinheit und/oder der Behälter zum Aufnehmen von Brennstoff und/oder die Zufuhreinrichtung für Brennstoff durch die Grundfläche(n) der Brennstoffdoppelzelle(n) hindurchreichen. Dies kann zum Beispiel dadurch realisiert werden, dass am Rand der Brennstoffdoppelzelle(n) zumindest eine Aussparung, z. B. in Halbkreisform, vorgesehen ist oder an zumindest einer geeigneten Stelle in der/den Grundfläche(n) der Brennstoffdoppelzelle (n) ein Loch vorgesehen ist, das durch sämtliche Elemente der Brennstoffdoppelzelle(n) hindurchreicht.

[0054] Hierdurch kann zum Beispiel ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellen-System realisiert werden, bei der sich die Längsachse der Reformereinheit und/oder des Behälters zum Aufnehmen von Brennstoff und/oder der Zufuhreinrichtung für Brennstoff am Durchtrittspunkt zumindest annähernd senkrecht zu der/den Grundfläche(n) der Brennstoffdoppelzelle(n) am Durchtrittspunkt/an den Durchtrittspunkten erstreckt. Des weiteren besteht die Möglichkeit, ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellen-System zu realisieren, bei der sich die Längsachse der Reformereinheit und/oder des Behälters zum Aufnehmen von Brennstoff und/oder der Zufuhreinrichtung für Brennstoff zumindest annähernd durch das Zentrum oder den Schwerpunkt der Grundfläche(n) der Brennstoffdoppelzelle(n) erstreckt.

[0055] Insbesondere bei dem oben erwähnten „kühlrippenartigen" Aufbau des erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-Systems mit mehreren Brennstoffdoppelzellen erscheint der oben genannte Aufbau als vorteilhaft, da hierdurch eine einfache und kostengünstige Produktion sehr kompakter, hoch leistungsfähiger, passiver Brennstoffzellen erreicht werden kann.

[0056] Bei einem Aufbau des erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-Systems, bei der die Reformereinheit und/oder der Behälter zum Aufnehmen von

Brennstoff und/oder die Zufuhreinrichtung für Brennstoff durch die Grundfläche(n) der Brennstoffdoppelzelle(n) hindurchreicht/hindurchreichen, ist es von Vorteil, wenn die Reformereinheit und/oder der Behälter zum Aufnehmen von Brennstoff und/oder die Zufuhreinrichtung für Brennstoff im Bereich einer jeden Brennstoffverteilungseinheit oder eines jeden anodenseitigen Elements mehr als eine Einrichtung zum Abgeben von Brennstoff aufweist. Durch derartige Einrichtungen zum Abgeben von Brennstoff kann von mehreren Stellen aus gleichzeitig Brennstoff in die Brennstoffverteilungseinheit oder das anodenseitige Element eingeleitet werden, wodurch auf konstruktiv einfache Weise eine vergleichsweise großflächige Verteilung des Brennstoffs bereitgestellt wird.

[0057] Bei einer derartigen Gestaltungsvariante kann beispielsweise vorgesehen sein, dass eine Reformereinheit und/oder ein Behälter zum Aufnehmen von Brennstoff und/oder eine Zufuhreinrichtung für Brennstoff zumindest im Bereich der Brennstoffdoppelzelle(n) eine im Wesentlichen rohrförmige äußere Gestaltung aufweist und auf einer gedachten Linie im Wesentlichen quer zu seiner/ihrer Längsache eine Reihe von Öffnungen vorhanden ist. In dem fertig gestellten erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-System fluchten die Reihe von Öffnungen und die Brennstoffverteilungseinheiten bzw. die anodenseitigen Elemente. Die Brennstoffverteilungseinheiten bzw. die anodenseitigen Elemente sind bevorzugt in der Lage, von mehreren dieser Öffnungen Brennstoff zu empfangen, möglichst gleichmäßig innerhalb der Brennstoffverteilungseinheit bzw. dem anodenseitigen Element zu verteilen und so möglichst gleichmäßig an die katalytische Schicht der Anoden weiterzuleiten.

[0058] Bei dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-System und der erfindungsgemäßen Brennstoffdoppelzelle ist die Form der Grundfläche der Brennstoffdoppelzelle(n) nicht besonders beschränkt. Die Grundfläche kann bei Draufsicht erfindungsgemäß zum Beispiel eine drei-, vier-, fünf-, sechseckige oder sonstige polygone, kreissegmenförmige (z. B. halbkreisförmige), ellipsensegmentförmige, kreisförmige oder ellipsenförmige Gestaltung aufweisen.

[0059] So kann/können beispielsweise bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-System und einer erfindungsgemäßen Brennstoffdoppelzelle die Grundfläche(n) der Brennstoffdoppelzelle(n) eine kreisförmige Gestaltung aufweisen und im Bereich des Zentrums der Grundfläche einer jeden Brennstoffdoppelzelle zumindest eine Öffnung vorgesehen sein, durch die eine Reformereinheit und/oder ein Behälter zum Aufnehmen von Brennstoff und/oder eine Zufuhreinrichtung für Brennstoff hindurchreicht. Wenn mehrere derartige Brennstoffdoppelzellen vorhanden sind, sind diese bevorzugt parallel hintereinander mit je einer Schicht aus sauerstoffhaltigem Gas dazwischen angeordnet. Durch diesen Aufbau ergibt sich ein im Wesentlichen kreiszylinderförmiges erfindungsgemäßes Brennstoffzellen-System. Ein Vorteil einer solchen Konstruktion besteht unter anderem darin, dass der maximale Abstand für die Wanderung des Brennstoff in der Brennstoffverteilungseinheit bzw. dem anodenseitigen Element bis zu deren/dessen Rand in jeder Richtung gleich groß ist, so dass eine sehr gleichmäßige Zufuhr und Umsetzung des Brennstoffs an den Anoden gewährleistet ist, ohne dass es Bereiche gibt, die nicht oder nur unzureichend mit Brennstoff versorgt werden. Auf diese Weise ist eine optimale Nutzung der zur Verfügung stehenden Anodenflächen gewährleistet.

[0060] Als ein weiteres Beispiel sei hier eine Brennstoffdoppelzelle mit einer quadratischen oder rechteckigen Grundfläche erwähnt. Wenn zum Beispiel mehrere solcher Brennstoffdoppelzellen mit gleicher Größe so hintereinander angeordnet sind, dass sich zwischen benachbarten Brennstoffdoppelzellen je eine Schicht mit sauerstoffhaltigem Gas befindet, die bevorzugt über ihre Fläche hinweg eine gleichbleibende Dicke aufweist, oder aber auch bei Verwendung nur einer solchen Brennstoffdoppelzelle, kann ein quaderförmiges erfindungsgemäßes Brennstoffzellen-System hergestellt werden, durch das zum Beispiel der zur Verfügung stehende Raum in einer dieses Brennstoffzellen-System verwendenden Vorrichtung sehr gut ausgenutzt werden kann. Bei einem solchen Brennstoffzellen-System könnte die Zufuhr des notwendigen Brennstoffs zum Beispiel von einem der Ränder und/oder Ecken der Brennstoffdoppelzelle (n) erfolgen oder durch eine der beschriebenen Zufuhrmöglichkeiten (Reformereinheit und/oder Behälter zum Aufnehmen von Brennstoff und/oder Zufuhreinrichtung für Brennstoff), die an zumindest einer geeigneten Stelle durch die Grundfläche der Brennstoffdoppelzelle(n) hindurchreicht/hindurchreichen.

[0061] Noch ein weiteres Beispiel einer möglichen Gestaltung eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-Systems könnte beispielsweise eine oder mehrere halbkreisförmige Brennstoffdoppelzelle(n) vorsehen. Diese könnte(n) weiter beispielsweise im Bereich des Mittelpunkts der Grundlinie des Halbkreises eine geeignet gestaltete Aussparung oder im Schwerpunkt des Halbkreises eine Öffnung aufweisen, in die eine Reformereinheit und/oder ein Behälter zum Aufnehmen von Brennstoff und/oder eine Zufuhreinrichtung für Brennstoff eingefügt ist/sind bzw. hindurchreicht/hindurchreichen. Eine solche Konstruktion ist selbstverständlich auch mit anders gestalteten erfindungsgemäßen Brennstoffdoppelzellen möglich.

[0062] Auch können erfindungsgemäße Brennstoffdoppelzellen beispielsweise „wendeltreppenartig" um eine Reformereinheit und/oder einen Behälter zum Aufnehmen von Brennstoff und/oder eine Zufuhrein-

richtung für Brennstoff angeordnet sein, wobei die Brennstoffdoppelzellen optional wie oben erwähnt eine Aussparung oder Öffnung aufweisen können, in die bzw. durch die eine Reformereinheit und/oder ein Behälter zum Aufnehmen von Brennstoff und/oder eine Zufuhreinrichtung für Brennstoff eingefügt ist/sind bzw. hindurchreicht/hindurchreichen.

[0063] Wie oben bereits erwähnt wurde, ist für einen effizienten und störungsfreien Betrieb einer Brennstoffzelle erforderlich, dass die optimale Betriebstemperatur eingehalten wird. Durch das Konstruktionsprinzip der erfindungsgemäßen Brennstoffdoppelzelle bzw. des erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-Systems mit einer Schicht aus sauerstoffhaltigem Gas vor jeder Kathoden-Diffusionselektrode kann im Gegensatz zu Lösungen nach dem Stand der Technik eine erforderliche Kühlung in vorteilhafter Weise auf passiv-konvektive Weise erreicht werden. Hierzu ist es lediglich erforderlich, dass sich Gas der sauerstoffhaltigen Gasschicht bei bzw. nach Aufnahme der Abwärme von der Kathoden-Diffusionselektrode wegbewegt und neues, kühleres Gas zu der Kathoden-Diffusionselektrode nachströmt. Dies sicherzustellen stellt bei stationären Brennstoffzellen oder bei Brennstoffzellen, die in stationär betriebenen Vorrichtungen betrieben werden, kein größeres Problem dar. In diesen Fällen kann zum Beispiel durch ein im Wesentlichen senkrechtes Ausrichten der Grundfläche(n) der Brennstoffdoppelzelle(n) und Vorsehen von Zu- und Abströmmöglichkeiten für das sauerstoffhaltige Gas eine ausreichende konvektive Kühlung bei dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-System sichergestellt werden.

[0064] Bei Verwendung des erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-Systems in portablen Vorrichtungen, wie zum Beispiel einem Mobiltelefon, mobilen Computer, mobilen Navigationssystem, mobilen Audio- und/oder Videoabspielgerät und/oder -aufzeichnungsgerät, einer Digitalkamera, eines Ladegerätes oder einer mobilen Stromversorgung ist die Ausrichtung der Grundfläche(n) der Brennstoffdoppelzelle(n) im Raum nicht fest vorgegeben, und daher kann die Lage der Grundfläche(n) der Brennstoffdoppelzelle (n) von einer optimalen Ausrichtung im Raum abweichen.

[0065] Um einen störungsfreien Betrieb auch in solchen Vorrichtungen zu gewährleisten, sind mehrere konstruktive Maßnahmen denkbar. So ist als eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung vorgesehen, dass eine oder mehrere der in dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-System zum Einsatz kommende(n) Brennstoffdoppelzelle(n) eine nicht ebene Grundfläche aufweist/aufweisen. Die Brennstoffdoppelzelle(n) kann/können hierzu in vorteilhafter Weise so gestaltet sein, dass sie eine geknickte oder gekrümmte Grundfläche aufweist/aufweisen, zum Beispiel vom Zentrum ihrer Grundfläche aus eine linear ansteigende und/oder abfallende, ellipsoid- oder kugelsegmentförmige Gestaltung aufweist/aufweisen.

[0066] Durch eine derartige Gestaltung kann sichergestellt werden, dass zumindest ein Teil der Grundfläche der Brennstoffdoppelzelle(n) beim Betrieb des erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-Systems eine Lage im Raum einnimmt, bei der an dem Teil der Grundfläche eine Konvektion stattfindet. Die Konvektion an diesem Teil der Grundfläche bewirkt eine Sog- und Schubwirkung und damit eine Bewegung des sauerstoffhaltigen Gases auch an anderen Teilen der Grundfläche.

[0067] Eine weitere Maßnahme zur Sicherstellung der konvektiven Kühlung kann beispielsweise vorsehen, dass in einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-System mit mehr als einer Brennstoffdoppelzelle die Ausrichtung der Grundflächen der Brennstoffzellen im Raum unterschiedlich ist. Durch diesen Aufbau, der sich insbesondere bei Brennstoffdoppelzellen mit einer ebenen Grundfläche anbietet, kann sichergestellt werden, dass sich zu keinem Zeitpunkt alle Grundflächen der Brennstoffdoppelzellen in einer weniger vorteilhaften horizontalen Ausrichtung befinden.

[0068] Eine weitere Möglichkeit, die erforderliche konvektive Kühlung sicherzustellen, kann erfindungsgemäß dadurch erreicht werden, dass bei Vorhandensein mehrerer Brennstoffdoppelzellen jede Brennstoffdoppelzelle unabhängig von den anderen Brennstoffdoppelzellen eine individuelle Gestaltung der Grundfläche in zweidimensionaler und/oder dreidimensionaler Richtung aufweist.

[0069] Die oben angegebenen Konstruktionsprinzipien können selbstverständlich entweder allein oder in beliebiger geeigneter Kombination angewandt werden.

[0070] Um die durch thermische Konvektion hervorgerufenen strömungsmechanischen Probleme approximativ mit numerischen Methoden zu lösen, kann auch sogenannte CFD-Software (”Computational Fluid Dynamics, wie z. B. CFX oder FLUENT) verwendet werden.

[0071] Zum Herstellen des für die sauerstoffhaltigen Gasschichten notwendigen Abstands können grundsätzlich alle geeigneten Lösungen eingesetzt werden. So kann/können zum Beispiel die Brennstoffdoppelzelle(n) direkt an der Reformereinheit und/oder dem Behälter zum Aufnehmen von Brennstoff und/oder der Zufuhreinrichtung für Brennstoff, einem Gehäuse, in dem sich die Brennstoffdoppelzelle befindet oder einer sonstigen Einheit befestigt sein.

[0072] Erfindungsgemäß ist zum Herstellen des für die sauerstoffhaltigen Gasschichten notwendigen Abstands zu benachbarten Elementen gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform vorgesehen, dass bei der/den Brennstoffdoppelzelle(n) Abstandselemente vorgesehen sind. Die benachbarten Elemente können dabei entweder weitere Brennstoffdoppelzellen, andere Brennstoffzellenbaugruppen oder aber auch Wände eines Gehäuses sein, in dem das erfindungsgemäße Brennstoffzellen-System untergebracht sein kann. Grundsätzlich können die Abstandselemente jede geeignete Form aufweisen, so lange diese aufgrund ihrer Konstruktion und/oder Anzahl die erforderliche Konvektion und Diffusion nicht in so nachteiliger Weise behindern, dass die Vorteile der Erfindung nicht mehr erreicht werden. Die Abstandselemente können beispielsweise eine stift- oder stegartige Gestaltung aufweisen und von den Kathoden-Diffusionselektroden abragen. Selbstverständlich können innerhalb eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-Systems oder bei einer erfindungsgemäßen Brennstoffdoppelzelle unterschiedliche Abstandselemente vorhanden sein.

[0073] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform können zumindest einzelne der Abstandselemente in dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-System eine scheibenförmige Gestaltung aufweisen. Die Gestaltung der scheibenförmigen Abstandselemente ist nicht besonders beschränkt und kann beispielsweise eine geschlossene Scheibe, eine Scheibe mit mindestens einer Aussparung, eine Scheibe mit mindestens einem Loch, ein drei-, vier-, fünf-, sechseckiges oder sonstiges polygones, kreisförmiges, kreissegmentförmiges (z. B. halbkreisförmiges), ellipsenförmiges, ellipsensegmentförmiges oder auch ringförmiges Abstandselement sein. Innerhalb eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-Systems können unterschiedliche scheibenförmige Abstandselemente, zum Beispiel mit unterschiedlicher Dicke, vorhanden sein. Der Begriff ”scheibenförmig” umfasst hier auch Abstandselemente, deren Dicke über ihre Grundfläche hinweg unterschiedlich ist (z. B. keilförmig ansteigender Querschnitt, strukturierte Oberfläche).

[0074] Die Abstandselemente können beispielsweise Scheiben aus einem geeigneten Material, wie zum Beispiel ein Metall, Kunststoff oder Keramik sein. Die scheibenförmigen Abstandselemente sind zwischen benachbarten Kathoden-Diffusionselektroden angeordnet und werden dort zum Beispiel aufgrund von Friktion, Haftung durch Verwendung eines geeigneten Haftmittels, durch Kontakt mit einer Reformereinheit und/oder einem Behälter zum Aufnehmen von Brennstoff und/oder einer Zufuhreinrichtung für Brennstoff und/oder einem Gehäuse gehalten.

[0075] Es ist jedoch zu beachten, dass die scheibenförmigen Abstandselemente in keinem Fall die gesamte Oberfläche der Kathoden-Diffusionselektroden bedecken dürfen, um zum einen die Zufuhr von Sauerstoff zu den katalytisch aktiven Kathodenschichten und den Abtransport von gebildetem Wasser aus den Kathoden-Diffusionselektroden zu ermöglichen und zum anderen auch die konvektive Kühlung nicht übermäßig zu behindern. Die Form der scheibenförmigen Abstandselemente ist grundsätzlich nicht besonders beschränkt und kann in geeigneter Weise so ausgewählt sein, dass die Ziele eines störungsfreien Betriebs (ausgeglichene Wärmebilianz, ausreichende Erzeugung von Strom) nicht gefährdet werden.

[0076] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sieht vor, dass die scheibenförmigen Abstandselemente ein Loch aufweisen, durch das die Reformereinheit und/oder der Behälter zum Aufnehmen von Brennstoff und/oder die Zufuhreinrichtung für Brennstoff hindurchreicht/hindurchreichen. Durch diese Konstruktion ist es auf besonders einfache Weise möglich, ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellen-System aufzubauen. Hier dient/dienen die Reformereinheit und/oder der Behälter zum Aufnehmen von Brennstoff und/oder die Zufuhreinrichtung für Brennstoff gleichzeitig als Halterung für die scheibenförmigen Abstandselemente. Daher muss hierbei nicht mehr auf ein sicheres Festhalten durch Friktion oder durch den Einsatz eines Haftmittels geachtet werden.

[0077] Wie oben bereits erwähnt ist, brauchen die scheibenförmigen Abstandselemente über ihre Grundfläche hinweg keine einheitliche Dicke aufzuweisen, sondern können beispielsweise von ihrem einen Ende zu ihrem anderen Ende eine unterschiedliche Dicke aufweisen, um so auf vorteilhafte Weise auch erfindungsgemäße Brennstoffzellen zu ermöglichen, bei denen die einzelnen Brennstoffelemente nicht parallel zueinander ausgerichtet sind.

[0078] Das Vorsehen von scheibenförmigen Abstandselementen weist auch den Vorteil auf, dass durch geeignete Auswahl von deren Dicke, Größe, Gestaltung und/oder Platzierung sowohl die Dicke der Schicht an sauerstoffhaltigem Gas als auch die Größe der freiliegenden Fläche der Kathoden-Diffusionselektroden in weiten Bereichen frei variiert werden kann. Damit besteht auf einfache Weise sowohl eine Möglichkeit zum Einstellen der Konvektionsverhältnisse (durch die Wahl der Größe und Gestaltung der Schicht an sauerstoffhaltigem Gas und die Ausrichtung der Brennstoffzellenelemente im Raum) als auch eine Variationsmöglichkeit im Hinblick auf die Stärke der ablaufenden Brennstoffzellenreaktionen und damit auf die Menge an erzeugtem Strom und erzeugter Abwärme (über die Größe der freiliegenden Fläche der Kathoden-Diffusionselektroden und damit über die Menge des den Kathoden zur Verfügung stehenden Sauerstoffs).

[0079] So kann zum Beispiel bei einer vorgegebenen Größe der Kathodenflächen oder anderer Parameter der Brennstoffdoppelzelle unterschiedlichen Anforderungen an die Leistungsfähigkeit des fertig gestellten Brennstoffzellen-Systems einfach durch Auswahl entsprechender scheibenförmiger Abstandselemente Rechnung getragen werden.

[0080] Sowohl die erfindungsgemäße Brennstoffdoppelzelle als auch das erfindungsgemäße Brennstoffzellen-System können als eine PEMFC ("proton exchange membrane fuel cell", Protonenaustauschmembran-Brennstoffzelle), HT-PEMFC oder auch DMFC ("direct methanol fuel cell", Direkt-Methanol-Brennstoffzelle) ausgelegt sein und betrieben werden, wobei keine besonderen Einschränkungen in Bezug auf die Arbeitstemperaturen bestehen.

[0081] Je nach Auslegung kann bei dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-System somit bevorzugt entweder Methan, Propan und/oder Butan als noch nicht reformierter Brennstoff, oder ein wasserstoffreiches Gas oder Methanol als Brennstoff zum Einsatz kommen. Wie oben bereits erwähnt ist, liegt der Arbeitsbereich bei derzeit erhältlichen PEMFCs im Bereich von etwa 60°C bis 120°C, bei HT-PEMFCs bei bis zu 200°C und bei DMFCs im Bereich von etwa 80°C bis 130°C. Dieser Arbeitsbereich ermöglicht in jedem Fall eine ausreichende Verdunstung bzw. Verdampfung des an den Kathoden gebildeten Wassers, das durch die konvektive Luftbewegung entlang der Kathoden-Diffusionselektroden abtransportiert wird. Daher sind bei dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-System in Bezug auf die Handhabung des gebildeten Wassers keinerlei gesonderte Vorrichtungen oder Einrichtungen erforderlich, was zu einem einfachen und effizienten Aufbau und Betrieb des erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-Systems und zur Vermeidung von unerwünschter Systemperipherie beiträgt.

[0082] Brennstoff wird der Anode in der erfindungsgemäßen Brennstoffdoppelzelle bevorzugt mittels eines Druckgradienten zugeführt. Um hierbei einen passiven Betrieb der erfindungsgemäßen Brennstoffdoppelzelle bzw. des erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-Systems zu ermöglichen, kann in bevorzugter Weise der Brennstoff durch einen Behälter zur Verfügung gestellt sein, in dem der Brennstoff unter Druck stehend aufbewahrt ist. Der erforderliche Druck kann dabei zum Beispiel im Falle von Methanol durch ein unter Druck stehendes Gas, das sich zusammen mit dem Methanol in dem Behälter befindet, erzeugt sein. Bei im Bereich von Raumtemperatur gasförmigem Brennstoff, wie zum Beispiel Methan, Propan und/oder Butan, kann der erforderliche Druck durch Komprimierung und/oder Verflüssigung des Gases dem Reformer und/oder der Brennstoffdoppelzelle zur Verfügung gestellt werden.

[0083] Gemäß einer weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist der Behälter zum Aufnehmen von Brennstoff eine Vorrichtung zum Wiederbefüllen auf und/oder ist austauschbar. Durch eine Vorrichtung zum Wiederbefüllen ist es möglich, auf einfache Weise verbrauchten Brennstoff zu ersetzen und/oder Gas zur Erzeugung des notwendigen Drucks nachzufüllen. Der Behälter kann beispielsweise ein Ventil aufweisen, durch das Brennstoff und/oder Gas zur Erzeugung des notwendigen Drucks in den Behälter geleitet werden kann. Im Falle von Butan als Brennstoff können beispielsweise Gaskartuschen zum Nachfüllen von Brennstoff verwendet werden, wie sie schon seit längerer Zeit zum Nachfüllen von Gasfeuerzeugen im Handel erhältlich sind.

[0084] Wenn der Behälter austauschbar ist, kann er, wenn der Brennstoff verbraucht ist oder zur Neige geht, leicht gegen einen anderen mit Brennstoff gefüllten Behälter getauscht werden. Hierzu kann beispielsweise ein Schraubgewinde, ein Bajonett- oder Klemmanschluss vorgesehen sein, über das/den der Behälter an das erfindungsgemäße Brennstoffzellen-System angebracht werden kann.

[0085] Weiter kann entweder der Behälter oder das Brennstoffzellen-System eine Vorrichtung aufweisen, wie zum Beispiel ein regelbares oder gesteuertes Ventil, mit dem der Zustrom von Brennstoff in die Brennstoffdoppelzelle(n) ermöglicht und/oder geregelt wird. Hierdurch kann sichergestellt werden, dass den Anoden jeweils nur eine erforderliche Menge des Brennstoffs zugeführt wird.

[0086] Die vorliegende Erfindung umfasst auch elektrische oder elektronische Vorrichtungen, die dadurch gekennzeichnet sind, dass sie mindestens ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellen-System enthalten. Bei den elektrischen oder elektronischen Vorrichtungen kann es sich um stationäre oder portable Vorrichtungen handeln. Als geeignete portable Vorrichtungen seien hier beispielsweise Mobiltelefone, mobile Computer, mobile Navigationssysteme, mobile Audio- und/oder Videoabspielgeräte und/oder -aufzeichnungsgeräte, Digitalkameras, Ladegeräte und mobile Stromversorgungen erwähnt. Es bestehen keine grundsätzlichen Einschränkungen im Hinblick auf die Größe des erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-Systems und der erfindungsgemäßen Brennstoffdoppelzelle sowie im Hinblick auf die von dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-System bzw. der erfindungsgemäßen Brennstoffdoppelzelle erzeugten elektrischen Leistung.

[0087] Da sie dem Fachmann bekannt sind, wird hier auf die Schilderung weiterer Konstruktions- und Gestaltungsprinzipien und der Techniken, die zum Herstellen von Zellen von Brennstoffzellen und von Brennstoffzellen in ihrer Gesamtheit sowie zu de-

ren Betrieb erforderlich und möglich sind, abgesehen. Diese Konstruktions- und Gestaltungsprinzipien und die Techniken betreffen zum Beispiel die Herstellung und Auswahl geeigneter Elemente und Materialien für die Zellen einer Brennstoffzelle, die Verfahren zur Herstellung von Zellen von Brennstoffzellen, die Auswahl, den Aufbau und die Funktionsweise von Systemperipherie, wie beispielsweise der Reformereinheit, des Behälters zum Aufnehmen von Brennstoff und/oder der Zufuhreinrichtung für Brennstoff, die Gestaltung und den Aufbau eines optional möglichen Gehäuses zur Aufnahme der Brennstoffzelle, die Art, den Aufbau und die Funktionsweise der Steuerung einer Brennstoffzelle, die elektrischen Kontaktierungen, etc.

[0088] Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Brennstoffzellen-System und die erfindungsgemäße Brennstoffdoppelzelle an Hand eines ausgewählten Beispiels unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen erläutert. Dieses Beispiel dient jedoch lediglich zur Veranschaulichung einer der vielen möglichen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-Systems und der erfindungsgemäßen Brennstoffzelle und darf daher nicht dazu verwendet werden, den Bereich der vorliegenden Erfindung auf dieses Beispiel zu beschränken.

[0089] Fig. 1a zeigt eine schematische perspektivische Darstellung eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-Systems (**1**) mit mehreren parallel zueinander und hintereinander angeordneten in ihrem Umfang kreisförmigen erfindungsgemäßen Brennstoffdoppelzellen (**2**), die jeweils im Bereich ihres Zentrums ein Loch aufweisen. Rein schematisch sind als äußere Elemente der Brennstoffdoppelzellen die beiden kathodenseitigen Einrichtungen bzw. kathodenseitigen Elemente (**3**, **9**) dargestellt. Zwischen den beiden kathodenseitigen Einrichtungen bzw. kathodenseitigen Elementen (**3**, **9**) ist ebenfalls rein schematisch die anodenseitige Einrichtung bzw. das anodenseitige Element (**4**) dargestellt. Auch wenn dies hier nicht zeichnerisch wiedergegeben ist, so sind selbstverständlich die weiteren Elemente der erfindungsgemäßen Brennstoffdoppelzelle, wie z. B. die Kathoden, die Anoden und die Protonenaustauschermembran vorhanden. Des Weiteren sind einige der elektrischen Kontaktierungen (**5**) dargestellt.

[0090] Durch das Loch in jeder der Brennstoffdoppelzellen (**2**) erstreckt sich eine rohrförmige Reformereinheit (**6**), die in ihrem Inneren einen Behälter zum Aufnehmen von Brennstoff (**7**) oder eine Zufuhreinrichtung für Brennstoff (**8**) enthält. Auch wenn es in **Fig.** 1 nicht gezeigt ist, enthält die Reformereinheit (**6**) im Bereich einer jeden anodenseitigen Einrichtung bzw. eines jeden anodenseitigen Elements mindestens eine Öffnung zur Abgabe von Brennstoff. Diese Öffnung befindet sich in direktem Kontakt mit der Brennstoffverteilungseinheit bzw. dem anodenseitigen Element, so dass ein Austreten von unverbrauchtem Brennstoff nach Außen, zur Protonenaustauschermembran oder zur Kathoden-Diffusionselektrode sicher vermieden wird.

[0091] Fig. 1b ist eine schematische Schnittdarstellung des erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-Systems (**1**). Bei den einzelnen Brennstoffdoppelzellen (**2**) sind die kathodenseitigen Einrichtungen bzw. kathodenseitigen Elemente (**9**), die Protonenaustauschermembranen (mit der Kathoden- und Anodenseite) (**10**), die anodenseitige Einrichtung bzw. das anodenseitige Element (**11**), die Reformereinheit (**6**) und der Behälter zum Aufnehmen von Brennstoff (**7**) bzw. die Zufuhreinrichtung für Brennstoff (**8**) schematisch dargestellt.

[0092] Fig. 2 zeigt im Wesentlichen eine vergrößerte Schnittdarstellung einer erfindungsgemäßen Brennstoffdoppelzelle (**2**). Die hier verwendeten Bezugszeichen bezeichnen die gleichen Elemente wie in **Fig.** 1b. Darüber hinaus ist schematisch eine Einrichtung zum Abgeben von Brennstoff (**12**) von einer Reformereinheit (**6**), einem Behälters zum Aufnehmen von Brennstoff (**7**) oder einer Zufuhreinrichtung für Brennstoff (**8**) zum Abgeben von Brennstoff zu der anodenseitigen Einrichtung bzw. dem anodenseitigen Element dargestellt (**4**, **11**).

[0093] Der Betrieb des erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-System kommt bevorzugt ohne aufwändige Systemperipherie für die Zu- und Abfuhr von Reaktanden und Produkten aus (passiver Betrieb). Das Konstruktionsprinzip des erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-Systems und der erfindungsgemäßen Brennstoffdoppelzelle ermöglicht somit eine Miniaturisierung der Größe der Brennstoffzelle. Durch die zwei in jeder Brennstoffdoppelzelle vorhandenen Kathoden-Diffusionselektroden wird darüber hinaus bei im Vergleich zu herkömmlichen (z. B. selbstatmenden) Systemen nur unwesentlich vergrößertem Volumen eine doppelt so große Stromstärke erzeugt, wodurch im Vergleich zu Lösungen nach dem Stand der Technik eine erheblich gesteigerte massenspezifische Leistung realisierbar ist. Durch die konvektive Kühlung ist darüber hinaus ein lageunabhängiger Betrieb des erfindungsgemäßen Brennstoffzellen-Systems möglich, was insbesondere bei mobilen Vorrichtungen von großem Vorteil ist.

Patentansprüche

1. Brennstoffzellen-System (**1**), **dadurch gekennzeichnet,** dass
es in dieser Reihenfolge jeweils benachbart zueinander eine erste sauerstoffhaltige Gasschicht, eine Brennstoffdoppelzelle (**2**) und eine weitere sauerstoffhaltige Gasschicht enthält,
die Brennstoffdoppelzelle (**2**) jeweils benachbart zueinander eine erste kathodenseitige Einrichtung (**3**, **9**)

zur Stromzuleitung und kathodenseitigen Gasdiffusion, eine erste Kathode, eine erste Protonenaustauschermembran (**10**), eine erste Anode, eine anodenseitige Einrichtung (**4**, **11**) zur anodenseitigen Gasdiffusion, Brennstoffverteilung und Stromableitung zu/von der ersten und zweiten Anode, eine zweite Anode, eine zweite Protonenaustauschermembran (**10**), eine zweite Kathode, eine zweite kathodenseitige Einrichtung (**3**, **9**) zur kathodenseitigen Gasdiffusion und Stromzuleitung enthält,
die als Diffusionselektroden ausgebildeten Kathoden sich durch die kathodenseitigen Einrichtungen (**3**, **9**) hindurch in Kontakt mit den jeweils zu ihnen benachbarten sauerstoffhaltigen Gasschichten befinden, wobei die sauerstoffhaltige Gasschicht derart ausgestaltet ist, dass sie
– an beiden Seiten einer Brennstoffdoppelzelle in Verbindung mit den in ihnen vorhandenen Kathoden-Diffusionselektroden eine diffuse Sauerstoffzufuhr und konvektive Wärmeabfuhr bei nahezu doppelter massenspezifischer Leistung gewährleistet und
– im Bereich der Kathoden-Diffusionselektroden eine effiziente Ableitung des durch die Kathodenreaktion gebildeten Wassers durch Verdunsten oder Verdampfen ermöglicht.

2. Brennstoffzellen-System (**1**) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass es ein passives Brennstoffzellen-System (**1**) ohne elektrisch betriebene Ventilation und ohne elektrisch betriebene Pumpe ist.

3. Brennstoffzellen-System (**1**) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** dass zumindest eine der kathodenseitigen Einrichtungen (**3**, **9**) jeweils zueinander benachbart eine Stromzuleitungseinheit und eine kathodenseitige Gasdiffusionseinheit enthält, und/oder die anodenseitige Einrichtung (**4**, **11**) jeweils zueinander benachbart eine erste anodenseitige Gasdiffusionseinheit, eine Brennstoffverteilungseinheit mit einer Stromableitungseinheit und eine zweite anodenseitige Gasdiffusionseinheit enthält.

4. Brennstoffzellen-System (**1**) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** dass zumindest eine der kathodenseitigen Einrichtungen (**3**, **9**) und/oder die anodenseitige Einrichtung (**4**, **11**) jeweils als ein einheitliches, elektrisch leitendes und gasdurchlässiges kathodenseitiges oder anodenseitiges Element ausgebildet ist/sind, und das die jeweilige kathodenseitigen Einrichtungen (**3**, **9**) und/oder die anodenseitige Einrichtung (**4**, **11**) aus einem offenporigen Metallschwamm, einem elektrisch leitfähigen und offenporigen Kunststoff, oder einer elektrisch leitfähigen und offenporigen Keramik ausgebildet ist/sind.

5. Brennstoffzellen-System (**1**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass die anodenseitige Einrichtung (**4**, **11**) Poren und/oder Kanäle für die Brennstoffverteilung aufweist.

6. Brennstoffzellen-System (**1**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass es mehrere der Brennstoffdoppelzellen (**2**) enthält, die so voneinander und hintereinander beabstandet angeordnet sind, dass zwischen den Kathodenseiten benachbarter Brennstoffdoppelzellen (**2**) jeweils eine sauerstoffhaltige Gasschicht vorhanden ist.

7. Brennstoffzellen-System (**1**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass es weiter mindestens eine Reformereinheit (**6**) und/oder mindestens einen Behälter zum Aufnehmen von Brennstoff (**7**) und/oder mindestens eine Zufuhreinrichtung für Brennstoff (**8**) enthält, die/der jeweils mindestens eine Einrichtung zum Abgeben (**12**) von Brennstoff aufweist/aufweisen.

8. Brennstoffzellen-System (**1**) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Reformereinheit (**6**) und/oder der Behälter zum Aufnehmen von Brennstoff (**7**) und/oder die Zufuhreinrichtung für Brennstoff (**8**) zumindest im Bereich der Brennstoffdoppelzelle(n) (**2**) eine rohrförmige äußere Gestaltung aufweist/aufweisen.

9. Brennstoffzellen-System (**1**) nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Brennstoffdoppelzelle (**2**) eine Grundfläche in Draufsicht aufweist, und die Einrichtung zum Abgeben von Brennstoff (**12**) mindestens eine Öffnung in der Außenhülle der Reformereinheit (**6**), des Behälters zum Aufnehmen von Brennstoff (**7**) und/oder der Zufuhreinrichtung für Brennstoff (**8**) ist und diese mindestens eine Öffnung direkten Kontakt zu der Brennstoffverteilungseinheit der anodenseitigen Einrichtung (**4**, **11**) aufweist.

10. Brennstoffzellen-System (**1**) nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Behälter zum Aufnehmen von Brennstoff (**7**) und/oder die Zufuhreinrichtung für Brennstoff (**8**) im Inneren der Reformereinheit (**6**) angeordnet ist/sind.

11. Brennstoffzellen-System (**1**) nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet,** dass eine Reformereinheit (**6**) und/oder ein Behälter zum Aufnehmen von Brennstoff (**7**) und/oder eine Zufuhreinrichtung für Brennstoff (**8**) durch die Grundfläche (n) der Brennstoffdoppelzelle(n) (**2**) hindurchreicht/hindurchreichen.

12. Brennstoffzellen-System (**1**) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Brennstoffdoppelzelle (**2**) eine Grundfläche in Draufsicht aufweist, und dass sich die Längsachse einer Refor-

mereinheit (**6**) und/oder eines Behälters zum Aufnehmen von Brennstoff (**7**) und/oder einer Zufuhreinrichtung für Brennstoff (**8**) am Durchtrittspunkt/an den Durchtrittspunkten senkrecht zu der/den Grundfläche (n) der Brennstoffdoppelzelle(n) (**2**) am Durchtrittspunkt/an den Durchtrittspunkten und/oder durch das Zentrum oder den Schwerpunkt der Grundfläche(n) der Brennstoffdoppelzelle(n) (**2**) erstreckt/erstrecken.

13. Brennstoffzellen-System (**1**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Brennstoffdoppelzelle (**2**) eine Grundfläche in Draufsicht aufweist, und dass eine Brennstoffdoppelzelle (**2**) bei Draufsicht auf ihre Grundfläche eine drei-, vier-, fünf-, sechs- oder sonstige polygone, kreissegmentförmige, ellipsensegmentförmige, kreisförmige, und/oder ellipsenförmige Gestaltung aufweist.

14. Brennstoffzellen-System (**1**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Brennstoffdoppelzelle (**2**) eine Grundfläche in Draufsicht aufweist, und dass in dem Brennstoffzellen-System (**1**) zumindest eine Brennstoffdoppelzelle (**2**) eine nicht ebene Grundfläche aufweist.

15. Brennstoffzellen-System (**1**) nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Brennstoffdoppelzelle (**2**) mit der nicht ebenen Grundfläche eine geknickte oder gekrümmte Grundfläche aufweist.

16. Brennstoffzellen-System (**1**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Brennstoffdoppelzelle (**2**) eine Grundfläche in Draufsicht aufweist, und dass die Gestaltung der Grundfläche jeder Brennstoffdoppelzelle (**2**) in zweidimensionaler und/oder dreidimensionaler Richtung unabhängig von der Grundfläche der anderen Brennstoffdoppelzellen (**2**) ist.

17. Brennstoffzellen-System (**1**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 6 bis 16, **dadurch gekennzeichnet,** dass das Brennstoffzellen-System (**1**) Abstandselemente zum Herstellen des für sauerstoffhaltige Gasschichten erforderlichen Abstands zwischen Brennstoffdoppelzellen (**2**) enthält.

18. Brennstoffzellen-System (**1**) nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet,** dass zumindest eines der Abstandselemente eine scheibenförmige Gestaltung aufweist.

19. Brennstoffzellen-System (**1**) nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet,** dass das zumindest eine scheibenförmige Abstandselement zumindest ein Öffnung oder Aussparung aufweist, durch die die Reformereinheit (**6**) und/oder der Behälter zum Aufnehmen von Brennstoff (**7**) und/oder die Zufuhreinrichtung für Brennstoff (**8**) hindurchreicht/hindurchreichen.

20. Brennstoffzellen-System (**1**) nach einem der Ansprüche 7 bis 19, **dadurch gekennzeichnet,** dass Methan, Propan oder Butan als Brennstoff in der Reformereinheit (**6**) vorhanden ist.

21. Brennstoffzellen-System (**1**) nach einem der Ansprüche 7 bis 19, **dadurch gekennzeichnet,** dass ein wasserstoffreiches Gas oder Methanol als Brennstoff in dem Behälter zum Aufnehmen von Brennstoff (**7**) und/oder der Zufuhreinrichtung für Brennstoff (**8**) vorhanden ist.

22. Brennstoffzellen-System (**1**) nach einem der Ansprüche 7 bis 21, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Behälter zum Aufnehmen von Brennstoff (**7**) eine Vorrichtung zum Wiederbefüllen aufweist und/oder austauschbar ist.

23. Elektrische oder elektronische Vorrichtung **dadurch gekennzeichnet,** dass sie mindestens ein Brennstoffzellen-System (**1**) nach einem der Ansprüche 1 bis 22 enthält.

24. Elektrische oder elektronische Vorrichtung nach Anspruch 23, **dadurch gekennzeichnet,** dass sie portabel ist, insbesondere in Form eines Mobiltelefons, Computers, Navigationssystems, Audio- und/oder Videoabspielgeräts und/oder -aufzeichnungsgeräts, einer Digitalkamera, eines Ladegerätes oder einer Stromversorgung.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1a

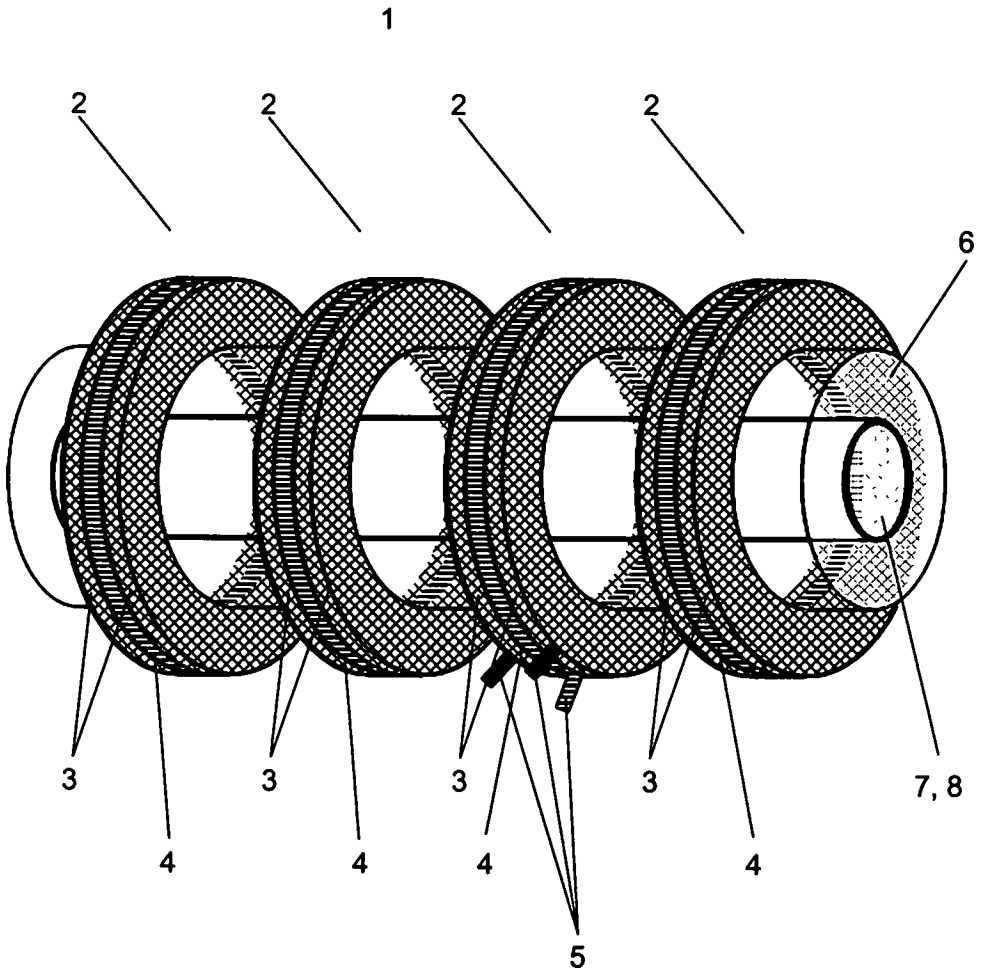


Fig. 1b

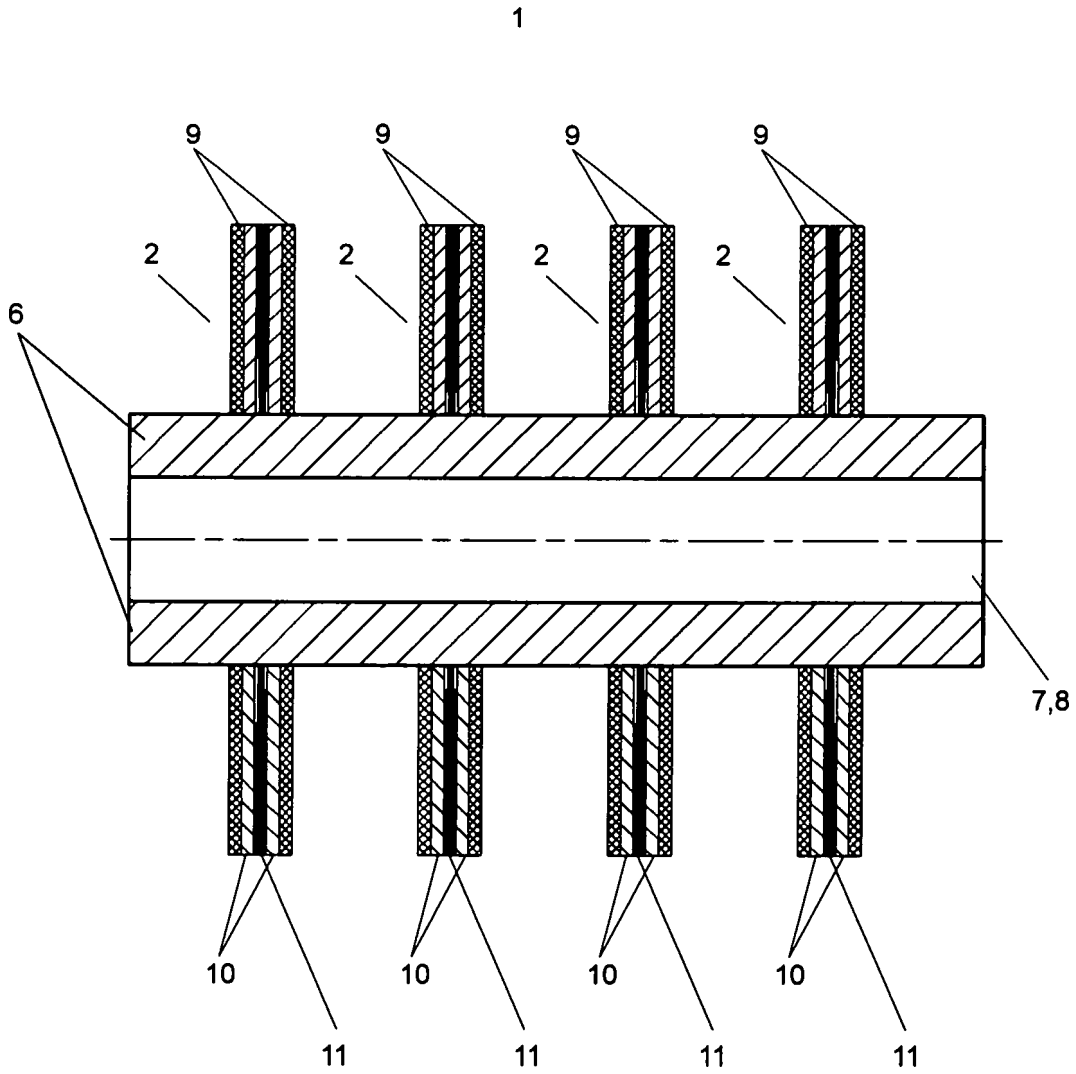
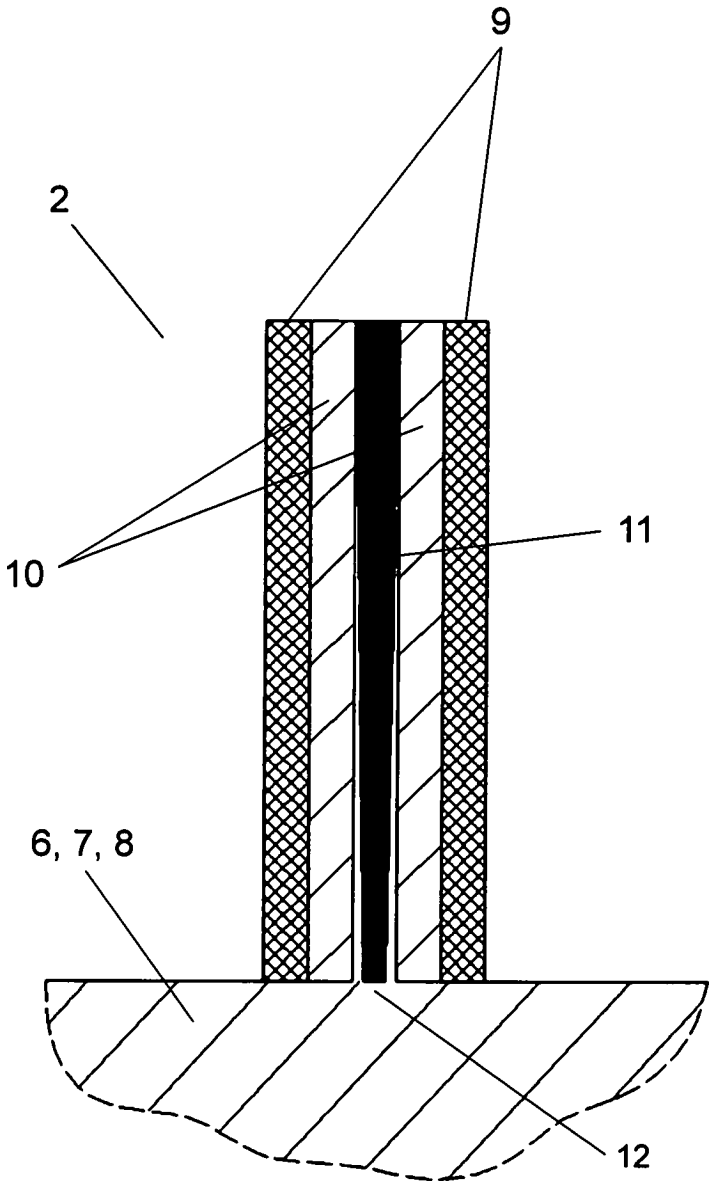



Fig. 2