

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 51130/2019
(22) Anmeldetag: 19.12.2019
(43) Veröffentlicht am: 15.07.2021

(51) Int. Cl.: **H01M 8/04007** (2016.01)
H01M 8/2432 (2016.01)
H01M 8/1226 (2016.01)
H01M 8/0267 (2016.01)
H01M 8/124 (2016.01)
B33Y 80/00 (2015.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102004045375 A1
US 2019226101 A1
US 2015290860 A1

(71) Patentanmelder:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
KRAUSS Thomas Dipl.Ing.
8010 Graz (AT)
NEUBAUER Raphael Dr.
8010 Graz (AT)
REITER Bernd BSC
8010 Kainbach bei Graz (AT)

(74) Vertreter:
Gamper Bettina Dr.
8020 Graz (AT)

(54) **Brennstoffzellensystem und Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems**

(57) Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem (1), umfassend zumindest einen Brennstoffzellenstapel (2) mit mehreren Brennstoffzellen (3), wobei jede Brennstoffzelle (3) einen Anodenabschnitt (4), einen Kathodenabschnitt (5) und einen Elektrolytabschnitt (6) aufweist, und eine Gasverarbeitungseinheit (7), wobei der Brennstoffzellenstapel (2) metallische Stützelemente (8) aufweist, wobei das Brennstoffzellensystem (1) über die metallischen Stützelemente (8) unmittelbar elektrisch aufheizbar ist, wobei die metallischen Stützelemente (8) selbst als Heizelemente angeordnet sind.

Weiter betrifft die Erfindung Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems (1) mit metallischen Stützelementen (8).

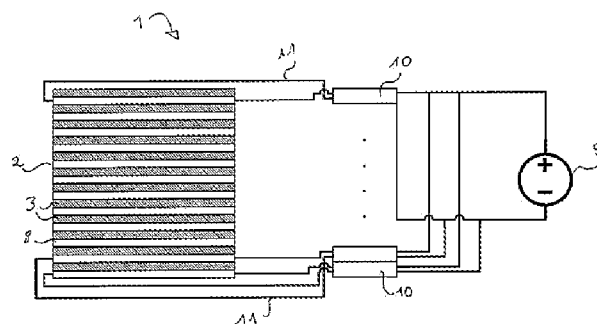


Fig. 1

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem (1), umfassend zumindest einen Brennstoffzellenstapel (2) mit mehreren Brennstoffzellen (3), wobei jede Brennstoffzelle (3) einen Anodenabschnitt (4), einen Kathodenabschnitt (5) und einen Elektrolytabschnitt (6) aufweist, und eine Gasverarbeitungseinheit (7), wobei der Brennstoffzellenstapel (2) metallische Stützelemente (8) aufweist, wobei das Brennstoffzellensystem (1) über die metallischen Stützelemente (8) unmittelbar elektrisch aufheizbar ist, wobei die metallischen Stützelemente (8) selbst als Heizelemente angeordnet sind.

Weiter betrifft die Erfindung Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems (1) mit metallischen Stützelementen (8).

Fig. 1

Brennstoffzellensystem und Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems

Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem, insbesondere ein SOFC-Brennstoffzellensystem, umfassend zumindest einen Brennstoffzellenstapel mit mehreren Brennstoffzellen, wobei jede Brennstoffzelle einen Anodenabschnitt, einen Kathodenabschnitt und einen Elektrolytabschnitt aufweist, und eine Gasverarbeitungseinheit, wobei der Brennstoffzellenstapel metallische Stützelemente aufweist.

Weiter betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems mit metallischen Stützelementen.

Es bekannt, dass insbesondere SOFC-Brennstoffzellenstapel eine vordefinierte Temperatur aufweisen müssen, damit diese wunschgemäß funktionieren. Hierfür ist es aus dem Stand der Technik bekannt, warmes Gas zumindest durch Kathodenabschnitte, bevorzugt auch durch Anodenabschnitte zu fördern, um den Brennstoffzellenstapel auf eine Betriebstemperatur aufzuheizen. Eine Aufheizzeit ist dadurch allerdings nicht beliebig reduzierbar. Dies liegt einerseits daran, dass auch das Gas in einem ersten Schritt aufgeheizt werden muss, beispielsweise mithilfe eines in der Gasverarbeitungseinheit angeordneten Starbrenners. Andererseits ist die Aufheizzeit durch Temperaturgradienten im Brennstoffzellenstapel begrenzt. Dies ist insbesondere bei Brennstoffzellensystemen mit metallischen Stützelementen oder metallgestützte Brennstoffzellen von Bedeutung: Die metallischen Stützelemente oder keramischen Elemente weisen in der Regel einen anderen Wärmeausdehnungskoeffizienten auf als die Brennstoffzelle selbst, weshalb eine Temperaturrampe beim Aufheizen eingehalten werden muss und folglich eine Aufheizzeit nicht beliebig reduzierbar ist. Weiter ist auch eine effiziente Wärmezufuhr, um einen Brennstoffzellenstapel in kurzer Zeit aufzuheizen, aus dem Stand der Technik nicht bekannt.

Aus der CH 713019 A2 ist beispielsweise ein Brennstoffzellenstapel mit keramischen Brennstoffzellen bekannt, welcher ein elektrisches Heizelement aufweist, um einzelne Brennstoffzellen schnell aufheizen zu können. Jedoch ist auch diese Lösung nicht optimal, da dabei ein zusätzliches Element in den Brennstoffzellenstapel integriert werden muss und die oben dargestellte Problematik mit der einzuhaltenden Temperaturrampe auch mit dem Heizelement nicht

ausreichend gelöst ist. Zumindest ist dies jedoch nicht für einen Brennstoffzellenstapel mit 200 Brennstoffzellen gelöst, da nicht alle Zellen gleich schnell auf eine gewünschte Temperatur aufheizbar sind.

Hier setzt die Erfindung an. Aufgabe der Erfindung ist es, ein Brennstoffzellensystem bereit zu stellen, welches effizient und in kurzer Zeit auf eine Betriebstemperatur bringbar ist.

Ein weiteres Ziel ist es, ein Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems bereit zu stellen, welches schnell und effizient aufgeheizt werden kann.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das Brennstoffzellensystem der eingangs genannten Art über die metallischen Stützelemente unmittelbar elektrisch aufheizbar ist, wobei die metallischen Stützelemente selbst als Heizelemente angeordnet sind.

Ein mit der Erfindung erzielter Vorteil ist insbesondere darin zu sehen, dass dadurch elektrische Energie direkt auf die metallischen Stützelement übertragen wird, welche dadurch aufgewärmt werden. In weiterer Folge wird die Wärme möglichst unmittelbar auf die Brennstoffzellen selbst übertragen, wodurch der gesamte Brennstoffzellenstapel in sehr kurzer Zeit auf eine Betriebstemperatur bringbar ist. Indem das ganze metallische Stützelement gleichzeitig aufgewärmt wird, ist auch jede Zelle an jedem Ort gleichzeitig auf die gewünschte Betriebstemperatur bringbar. Das beim Aufheizen durch warmes Gas entstehende Problem des Temperaturgradienten zwischen einem Brennstoffzellenstapeleinlass und -auslass ist dadurch auch überwunden. Insbesondere ist das Brennstoffzellensystem, besonders bevorzugt der Brennstoffzellenstapel folglich frei von einem separaten elektrischen Heizelement. Die metallischen Stützelemente bilden die aktiven Elemente. Bevorzugt ist zwischen zwei Seiten eines Brennstoffzellenstapels jeweils bei den metallischen Stützelementen ein Potential anlegbar. Das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem ist als vorteilhaft frei von einem Heizelement, um das Brennstoffzellsystem bei einer Startphase vorzuheizen. Günstig ist es, wenn zumindest der Brennstoffzellenstapel frei von einem Heizelement ist. Es kann jedoch weiterhin notwendig sein, dass die Gasverarbeitungseinheit ein Heizelement aufweist, um zumindest Wärmetauscher und/oder andere Elemente davon in einer Startphase des Brennstoffzellensystems aufzuheizen. Durch die erfindungsgemäße Ausbildung des Brennstoffzellensystems ist es aber nicht mehr notwendig, den

Brennstoffzellenstapel über Prozessfluide und/oder ein eigenes Heizelement aufzuheizen.

Darunter, dass die metallischen Stützelemente selbst als Heizelemente angeordnet sind ist im Rahmen der Erfindung bevorzugt zu verstehen, dass diese als Heizelemente funktionieren, ohne dass ein zusätzliches Element notwendig ist. Der Brennstoffzellenstapel ist ohnehin mit metallischen Stützelementen ausgebildet, da dieser ohne die Stützelemente nicht stabil ist. Es werden also Elemente, welche ohnehin vorgesehen sind, als Heizelemente verwendet. Dadurch ist auch eine Aufheizung der Brennstoffzellen durch warme Prozessströme obsolet.

Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Brennstoffzellensystem, insbesondere ein SOFC-System (SOFC steht für „solid oxide fuel cell“, bzw. Festoxidbrennstoffzelle), zur Verfügung gestellt. Ein derartiges Brennstoffzellensystem kann beispielsweise mit flüssigem oder gasförmigem Kraftstoff betrieben werden. Als zweites Betriebsfluid ist Luft vorgesehen. Unter Luft ist im Rahmen der Erfindung ein sauerstoffhaltiges, insbesondere gasförmiges, Fluid zu verstehen. Günstigerweise ist Luft Umgebungsluft. Günstig ist es, wenn das Brennstoffzellensystem mit Wasserstoff als Kraftstoff betrieben wird. Allerdings kann auch vorgesehen sein, dass Ethanol, Methanol, Erdgas oder Ähnliches als Kraftstoff verwendet werden.

Das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem ist vorteilhaft derart ausgebildet, dass dieses Einheiten aufweist, wobei jede Einheit schichtweise wie folgt aufgebaut ist: metallisches Stützelement, Anodenabschnitt, Elektrolytabschnitt, Kathodenabschnitt. Dabei ist es günstig, wenn jede Einheit unterhalb des metallischen Stützelementes und oberhalb des Kathodenabschnittes jeweils einen Interkonnektor aufweisen, durch welchen diese einzelnen Einheiten miteinander elektrisch leitend verbunden sind. Die einzelnen Einheiten sind mit Vorteil übereinander in einer z-Richtung gestapelt, wobei sich jede Schicht in eine x-Richtung und y-Richtung erstreckt. Eine Erstreckung in z-Richtung pro Brennstoffzelle ist im Gegensatz dazu sehr gering. Ein derartige Brennstoffzellensystem weist beispielsweise etwa 200 bis 300 Brennstoffzellen und somit auch gleich viele solche Einheiten auf.

Im Rahmen der Erfindung ist unter einer Gasverarbeitungseinrichtung eine Vorrichtung zu verstehen in welcher flüssige und/oder gasförmige Fluide chemisch

verändert werden. Folglich kann eine Gasverarbeitungseinrichtung beispielsweise ein katalytischer Brenner, ein zumindest teilweise katalytisch beschichteter Verdampfer und/oder Überhitzer oder eine zumindest teilweise katalytisch beschichtete Leitung sein. Im Rahmen der Erfindung kann eine Gasverarbeitungsvorrichtung ein einzelnes Element oder mehrere kombinierte Elemente umfassen. Beispielsweise kann eine Gasverarbeitungsvorrichtung einen katalytisch beschichteten Brenner (mit einer oder zwei Brennkammern) und einen Verdampfer sowie Reformier umfassen. Unter einer Gasverarbeitungseinrichtung können auch nur Wärmetauschereinheiten verstanden werden, welche dazu vorgesehen sind, im Brennstoffzellensystem notwendige und/oder vorbestimmte Temperaturen bereitzustellen. Der Brennstoffzellenstapel umfasst metallische Elemente, welche beispielsweise einzelne Zellen zumindest teilweise umgeben. Im Rahmen der Erfindung wird Brennstoffzelle und Zelle synonym verwendet.

Vorteilhaft ist es, wenn zumindest ein metallisches Stützelement pro Brennstoffzelle vorgesehen ist. Dadurch ist eine noch effizientere und schnellere Aufheizung des Brennstoffzellenstapels möglich, da auf jede Zelle unmittelbar mit einem metallischen Stützelement, welches als Heizelement angeordnet und ausgebildet ist, verbunden ist. Besonders günstig ist es, wenn der Brennstoffzellenstapel schichtweise aufgebaut ist, wobei sich jeweils eine Brennstoffzelle und ein metallisches Stützelement abwechseln. Dabei sind vorteilhaft sowohl die Brennstoffzellen als auch die Stützelemente flach und mit einer rechteckigen oder quadratischen Grundfläche ausgebildet (und bilden jeweils eine Einheit aus) und aufeinander gestapelt (wie weiter oben erläutert) und können im Wesentlichen dieselben Abmessungen aufweisen. Es kann auch vorgesehen sein, dass die metallischen Stützelemente größer ausgebildet sind als die Brennstoffzellen, das heißt, diese überragen die Brennstoffzellen zumindest auf einer Seite. Grundsätzlich ist es auch möglich, dass der Brennstoffzellenstapel und die Gasverarbeitungseinheit zumindest teilweise integral ausgebildet sind, wobei eine Anordnung und Ausbildung der einzelnen Elemente sich dann von der oben beschriebenen unterscheiden kann.

Um die metallischen Elemente mit elektrischer Energie zu versorgen, ist es vorteilhaft, wenn eine elektrische Energiequelle vorgesehen ist, welche beispielsweise als Stromquelle, Spannungsquelle oder Leistungsquelle ausgebildet ist, damit elektrische Energie zu Verfügung gestellt ist.

Es ist günstig, wenn jedes metallische Stützelement einen galvanisch entkoppelten Stromanschluss aufweist. Dabei weist jeder Stromanschluss zwei Pole auf. Dadurch ist eine elektrische Leitung und ein elektrischer Kontakt zwischen den metallischen Stützelementen vermieden; die Stromkreise der einzelnen metallischen Stützelemente sind voneinander getrennt. Da der Brennstoffzellenstapel oftmals in einem Gehäuse angeordnet ist, kann dies notwendig sein, damit kein Kurzschluss entsteht.

Es ist von Vorteil, wenn Stromrichter vorgesehen sind, wobei jedes metallische Stützelement mit einem Stromrichter verbunden ist, insbesondere mit voneinander isolierten Kabeln. Das heißt, jedem metallischen Element ist ein eigener Stromrichter zugewiesen, sodass die Brennstoffzellen nicht kurzgeschlossen sind. Im Rahmen der Erfindung ist unter einem Stromrichter beispielsweise ein Gleichspannungswandler, ein Gleichrichter, ein Umrichter, ein Wechselrichter oder ein Frequenzumrichter zu verstehen. Dadurch ist es möglich, jedes metallische Stützelement und somit jede Brennstoffzelle einzeln mit elektrischer Energie zu versorgen und somit aufzuwärmen. Ein Brennstoffzellenstapel umfasst beispielsweise bis zu 200 Brennstoffzellen oder mehr. Besonders bevorzugt sind galvanisch getrennte Gleichspannungswandler (DC-DC-Wandler) vorgesehen, wobei jedem metallischen Stützelement ein DC-DC-Wandler zugewiesen ist, um das metallische Stützelement insbesondere mit einer geringen Spannung und einem hohen Strom zu versorgen. Es sind genauso viele DC-DC-Wandler vorzusehen wie Brennstoffzellen oder metallische Stützelemente vorgesehen sind. Die DC-DC-Wandler sind wiederum alle voneinander elektrisch isoliert. Im Brennstoffzellensystem sind die DC-DC-Wandler oder die anders ausgebildeten Stromrichter bevorzugt außerhalb einer warmen Umgebung (sogenannte Hotbox) in einer kalten Umgebung angeordnet (Coldbox). Trotz dieser großen Anzahl an notwendigen DC-DC-Wandlern ist eine kompakte und kostengünstige Ausbildung des Brennstoffzellensystems möglich, da entsprechende Wandler relativ kostengünstig und kompakt zur Verfügung stehen. Weiter ist es vorteilhaft vorgesehen, dass alle Stromrichter, welche beispielsweise als DC-DC-Wandler ausgebildet sind, auf einer gemeinsamen Platine angeordnet sind und/oder zumindest in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet sind. Zur Verbindung mit dem Brennstoffzellenstapel ist dann mit Vorteil ein elektrisches Interface vorgesehen, welches zumindest Kabel umfasst. Alternativ oder zusätzlich kann es auch vorteilhaft sein, wenn die Stromrichter relativ nahe am Brennstoffzellenstapel selbst angeordnet

sind, wobei hierbei eine Kühlung wie Flüssigkeitskühlung oder spezielle Platinen, welche eine Wärmeabfuhr ermögliche, der Stromrichter günstig sein kann. Alle Stromrichter sind bevorzugt mit einer einzigen Leistungsquelle (Strom- oder Spannungsquelle) verbunden. Die Stromrichter sind dafür vorgesehen, die von der Leistungsquelle zur Verfügung gestellte Energie (beispielsweise 230 V Wechselspannung) so umzuwandeln, dass dadurch jedes einzelne metallische Stützelement mit elektrischer Energie versorgt werden kann.

Besonders günstig ist es, wenn der Brennstoffzellenstapel und die Gasverarbeitungseinheit zumindest teilweise integral ausgebildet sind. Dadurch ist die Gasverarbeitungseinheit in den Brennstoffzellenstapel des Brennstoffzellensystems integriert ist. Folglich ist das Brennstoffzellensystem sehr kompakt und leichtgewichtig ausgebildet, da annähernd keine Einzelkomponenten vorgehsehen sind. Darüber ist es gleichzeitig möglich, die Leistungsdichte des Brennstoffzellensystems zu erhöhen. Insbesondere sind der Brennstoffzellenstapel und die Gasverarbeitungseinheit einteilig ausgebildet. Dadurch ist das Brennstoffzellensystem im Wesentlichen frei von beweglichen Elementen. Einzig ein Gebläse zur Förderung der Luft und Kontrollelemente der elektrischen und/oder elektronischen Elemente dürften noch notwendig sein. Weiter sind auch keine separaten Dichtungen für hohe Temperaturen mehr notwendig. Diese integrale Ausbildung des Brennstoffzellensystems ist insbesondere vorteilhaft, weil dadurch nicht nur die Brennstoffzellen selbst, sondern das gesamte Brennstoffzellensystem, also auch alle Elemente der Gasverarbeitungseinheit durch eine Bestromung der metallischen Stützelemente und direkten Wärmeübertrag auf eine definierte Betriebstemperatur aufheizbar sind.

Wenn das Brennstoffzellensystem mit einem noch zu reformierenden Brennstoff betrieben wird, ist es zweckmäßig, wenn die Gasverarbeitungseinheit zumindest eine Reformereinheit umfasst. Die Reformereinheit umfasst üblicherweise ein katalytisches Material, welches eine Temperatur von etwa 500 °C bis etwa 600 °C aufweisen muss, um entsprechend zu funktionieren. Da die Reformereinheit vorteilhaft zumindest unmittelbar, besonders vorteilhaft möglichst mittelbar, an den metallischen Stützelementen anliegt oder zumindest wärmeleitend mit diesen verbunden ist, ist diese in sehr kurzer Zeit auf eine entsprechende Betriebstemperatur erhitzbar, da die metallischen Stützelemente bestromt sind.

Es ist von Vorteil, wenn mehrere Mikroeinheiten vorgesehen sind, wobei jede Mikroeinheit zumindest eine Brennstoffzelle und ein Element der Gasverarbeitungseinheit umfasst. Jede Mikroeinheit umfasst vorteilhaft zumindest einen Anodenabschnitt, einen Kathodenabschnitt, einen Elektrolytabschnitt, ein metallisches Stützelement und ein Element der Gasverarbeitungseinheit. Grundsätzlich ist es dadurch möglich, beliebig viele solcher Mikroeinheiten innerhalb einer gemeinsamen Umhausung anzuordnen. Diese sind bevorzugt derart angeordnet und platziert, dass Wärme immer dort erzeugt wird, wo diese gerade gebraucht wird. Günstig ist es, wenn das Brennstoffzellensystem frei von Leitungen ist, deren einzige Funktion die Weiterleitung von Fluiden ist. Hierzu kann jede notwendige Leitung eine Mikroeinheit umfassen. In weiterer Folge ist dadurch auch der Bauraum des Brennstoffzellenstapels drastisch reduziert, da jede Leitung eine Funktion zur Gasaufbereitung hat. Dadurch wird eine Leistungsdichte des Brennstoffzellensystems erhöht und eine Aufheizzeit wird reduziert. Besonders bevorzugt ist es, wenn jede Mikroeinheit Wärmetauscher aufweist, sodass Luft über Wärme aus dem Kathodenabschnitt und Kraftstoff über Wärme aus dem Anodenabschnitt erwärmt und in weiterer Folge stets auf Temperatur gehalten wird. Sobald das Brennstoffzellensystem eine Betriebstemperatur erreicht hat, kann die elektrische Bestromung der metallischen Stützelemente ausgeschaltet werden.

Von Vorteil ist es, dass durch diese Anordnung und Ausbildung der Mikroeinheiten, der Reformer beispielsweise auch direkt in einem Anodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels angeordnet sein kann, wofür der Anodenabschnitt zumindest teilweise katalytisch beschichtet ist. Durch das ideale Thermomanagement, welches durch das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem erzielt wird, die Anforderungen an den Reformer herabgesetzt werden können. Insbesondere kann dabei auf teure Edelmetallkatalysatoren verzichtet und stattdessen Nickel verwendet werden. Kohlenstoffablagerungen und Ähnliches sind durch die optimale Anordnung vermieden.

Die Ausbildung der Mikroeinheiten ist weiter vorteilhaft, weil dadurch der Brennstoffzellenstapel nicht mehr oder zumindest weniger durch die Luft gekühlt werden muss: Die Kühlung des Brennstoffzellenstapels erfolgt durch endotherme Prozesse in den Mikroeinheiten. Die Luft für die Kathodenseite wird nur mehr durch die Sauerstoffmenge beeinflusst. Wird Wasserstoff als Brennstoff verwendet, kann eine Luftkühlung aber vorteilhaft sein.

Es ist günstig, wenn das Brennstoffzellensystem additiv gefertigt ist. Das heißt, das Brennstoffzellensystem wird durch ein additives Verfahren wie 3-D-Druck hergestellt. Ein damit erzielter Vorteil ist insbesondere darin zu sehen, dass dadurch das Brennstoffzellensystem mit einer beliebigen Form herstellbar ist. Darüber hinaus wird durch das erfindungsgemäße Verfahren insbesondere ein einteiliges Brennstoffzellensystem hergestellt, welches die Gasverarbeitungseinrichtung und den Brennstoffzellensystem vereint und welches in weitere Folge auch langlebig und robust ist. Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann eine im Vergleich zum Stand der Technik kleinere, d. h. weniger Platz beanspruchende Brennstoffzellensysteme hergestellt werden. Darüber hinaus ist es durch die erfindungsgemäßen Verfahrensschritte möglich, Brennstoffzellensystem mit einer beliebigen Struktur herzustellen. Dadurch kann eine Struktur und/oder Form des Brennstoffzellensystem auf gewünschte und/oder vorbestimmte Anforderungen angepasst werden. Das Brennstoffzellensystem wird insbesondere 3-D-gedruckt. Dabei werden alle unterschiedlichen Elemente und unterschiedlichen Schichten des Brennstoffzellensystem, wie insbesondere elektrisch isolierende, elektrische leitende, gasdurchlässige, gasdichte Schichten, Elektrolyten, Kathodenmaterial, Anodenmaterial, metallische Stützelemente. Besonders bevorzugt wird dies alles in einem einzigen Druckvorgang durchgeführt, wobei keine oder nur mehr eine geringe Nacharbeitung notwendig ist. Besonders bevorzugt wird auch eine katalytische Beschichtung bereits mitgedruckt.

Das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem wird insbesondere in einem Kraftfahrzeug, besonders bevorzugt in einem Nutzfahrzeug verwendet. Günstigerweise kann das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem auch als stationäres Kraftwerk oder Generator verwendet werden.

Das weitere Ziel wird erreicht, wenn bei einem Verfahren der eingangs genannten Art das Brennstoffzellensystem elektrisch aufgeheizt wird, wobei die metallischen Stützelemente selbst als Heizelemente verwendet werden.

Damit bringt das erfindungsgemäße Verfahren dieselben Vorteile mit sich, wie sie ausführlich in Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem beschrieben worden sind. Beim erfindungsgemäßen Verfahren werden also die Stützelemente direkt bestromt, wodurch eine separate Heizeinrichtung obsolet wird. Jedes metallische Stützelement wird auf zwei sich gegenüberliegenden Seiten mit

einem eigenen DC-DC-Wandler über Leitungen verbunden, wodurch ein Strom durch das gesamte metallische Stützelement geleitet und diese Energie in Form von Wärme an die Zelle selbst oder die dort angeordneten Elemente der Gasverarbeitungseinheit weiter: Das Brennstoffzellensystem wird in kurzer Zeit effizient auf Betriebstemperatur gebracht. Es ist besonders zweckmäßig, wenn jedes metallische Stützelement einzeln bestromt wird, um einen Kurzschluss zu vermeiden.

Weiter ist es vorteilhaft, wenn die elektrische Aufheizung gestoppt wird, sobald die Brennstoffzellen eine vordefinierte Temperatur aufweisen. Es kann günstig sein, wenn die Gasverarbeitungseinheit, sofern diese nicht integral mit dem Brennstoffzellenstapel ausgebildet ist, ein Heizelement aufweist, um Elemente davon wie einen Wärmetauscher auf eine Betriebstemperatur zu bringen. Auch dieses Heizelement wird ausgeschaltet sobald das Brennstoffzellensystem auf Betriebstemperatur ist. Wichtig ist, dass der Brennstoffzellenstapel selbst frei von einem Heizmittel ist und nicht über Prozessgas aufgewärmt wird.

Weitere Vorteile, Merkmale und Wirkungen ergeben sich aus den nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispielen. In den Zeichnungen, auf welche dabei Bezug genommen wird, zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Ausschnittes eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems;

Fig. 2 eine Ansicht eines Ausschnittes eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems;

Fig. 3 eine weitere Ansicht eines Ausschnittes eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems gemäß Fig. 2.;

Fig. 4 eine Ansicht eines Ausschnittes eines weiteren erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems;

Fig. 5 eine weitere Ansicht eines Ausschnittes eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems gemäß Fig. 4;

Fig. 6 eine Ansicht einer Einheit;

Fig. 7 eine weitere Ansicht einer Einheit;

Fig. 8 eine schematische Darstellung eines weiteren erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems;

Fig. 9 einen Ausschnitt aus einem Brennstoffzellensystem gemäß Fig. 8 entlang IX.

Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt einer schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems 1. Dieses umfasst einen Brennstoffzellenstapel 2 mit Brennstoffzellen 3 und metallischen Stützelementen 8, welche sich abwechselnd schichtweise gestapelt sind. Die metallischen Stützelemente 8 sind auf zwei Seiten über Leitungen 11 mit Stromrichtern 10, welche als DC-DC-Wandlern ausgebildet sind, verbunden, wobei pro metallischem Stützelement 8 ein DC-DC-Wandler vorgesehen ist. Die metallischen Stützelemente 8 werden über die Stromrichter 10 über eine elektrische Energiequelle 9, welche als Spannungsquelle ausgebildet ist, elektrisch bestromt. Die Leitungen 11 sind wie die Stromrichter 10 elektrisch voneinander isoliert, wobei die Stromrichter auf einer gemeinsamen Leiterplatte angeordnet sind. Der Brennstoffzellenstapel 2 ist in einer sogenannten Hotbox angeordnet, wohingegen die elektrische Energiequelle 9 und die Stromrichter 10 in einer sogenannten Coldbox angeordnet sind und gegebenenfalls zusätzlich gekühlt werden.

In Fig. 2 und 3 sind zwei Ansichten eines Ausschnittes eines Brennstoffzellensystems 1 gezeigt. Es ist ersichtlich, dass das metallische Stützelement 8 größer ausgebildet ist als die Brennstoffzelle 3, und dieses an vier Seiten überragt. Jede Brennstoffzelle 3 umfasst ein metallisches Stützelement 8, wobei ein Brennstoffzellenstapel 2 um die 250 Brennstoffzellen 3 und Stützelemente 8 aufweist. In Fig. 2 und 3 ist beispielhaft nur eine Brennstoffzelle 3 mit einem metallischen Stützelement 8 gezeigt, wobei eben dieses zu einem Stapel aufeinander gestapelt werden. Das metallische Stützelement 8 ist an zwei Seiten mit Kabeln 11 mit der elektrischen Energiequelle 9 verbunden und werden dadurch bestromt.

Fig. 4 und 5 entsprechen im Wesentlichen Fig. 2 und 3, wobei bei diesem Ausführungsbeispiel das metallischen Element 8 und die Brennstoffzelle 3 zumindest annähernd dieselbe Geometrie aufweisen.

Jede Brennstoffzelle 3 und jeweils ein metallisches Element 8 bilden eine Einheit 13, welche in Fig. 6 und 7 gezeigt ist. Die Einheit 13 weist vorteilhaft auf einer Unterseite

und einer Oberseite jeweils einen Interkonnektor auf, durch welche die Brennstoffzellen 3 miteinander elektrisch verbunden (seriell und/oder parallel) sind. Jede Brennstoffzelle 3 umfasst einen Anodenabschnitt 4, einen Elektrolytabschnitt 6 und einen Kathodenabschnitt 5, wobei diese entsprechend der Fig. 7 aufgebaut und mit dem metallischen Stützelement 8 verbunden sind: Auf das metallische Stützelement 8 folgt der Anodenabschnitt 4, dann der Elektrolytabschnitt 6 und schließlich der Kathodenabschnitt 5.

Falls das Brennstoffzellensystem 1 integral mit der Gasverarbeitungseinheit 7 ausgebildet ist, kann sich der oben beschriebene Aufbau wesentlich ändern. Beispielsweise ist dann ein Element der Gasverarbeitungseinheit 7 wie der Reformer direkt in einen Anodenabschnitt 4 integriert.

In Fig. 8 ist ein Schnitt durch ein dreidimensionales Brennstoffzellensystem 1, in welche, Leitungen und Elemente nahezu beliebig verlaufen können und/oder angeordnet sind. Wichtig ist, dass stets Wärme dort erzeugt wird, wo sie gerade notwendig ist. Es wird darauf hingewiesen, dass ein Wärmeübertrag nicht nur in der Blattebene, sondern auch in beliebigen anderen Ebenen erfolgen kann. Aus Fig. 8 ist ersichtlich, dass zwischen dem Anodenabschnitt 4 und dem Kathodenabschnitt 5 ein Elektrolytabschnitt 6 vorgesehen ist. Es versteht sich, dass der Elektrolytabschnitt 6 in jedem Ausführungsbeispiel vorhanden ist, auch wenn dieser nicht explizit dargestellt ist. An den Kathodenabschnitt 5 schließt ein Element der Gasverarbeitungseinheit 7 an, welcher als die Luftleitung ausgebildet ist. Wichtig ist, dass die Luftleitung gasdurchlässig ist. Die Luftleitung ist zugleich als Wärmetauscher ausgebildet, sodass Wärme vom Kathodenabschnitt 5 auf die Luft übertragen ist. An die Luftleitung schließt ein metallisches Stützelement 8 an, welches gasdicht ausgebildet ist. Auf der anderen Seite der Zelle schließt an den Anodenabschnitt 4 ein Element der Gasverarbeitungseinheit 7 an, welches als Kraftstoffleitung ausgebildet ist. Wärme wird vom Anodenabschnitt 4 auf die Kraftstoffleitung übertragen. Eine Abgasleitung ist in einer anderen Ebene des Brennstoffzellensystems 1 angeordnet und deshalb in Fig. 8 nicht ersichtlich. Weiter ist eine Isolierung 12 vorgesehen, welche einzelne Zellen elektrisch voneinander isoliert. Die Isolierung 12 stellt auch sicher, dass die Zellen zueinander gasdicht sind und ist bevorzugt aus einem keramischen Material gebildet. Auf der anderen Seite der Kraftstoffleitung schließt wiederum metallisches Stützelement 8 an die eine Luftleitung an. Beispielsweise kann in einer anderen Ebene eine Abgasleitung an das

metallische Stützelement 8 anschließen, von welcher Wärme auf Abgasleitung übertragen wird.

In Fig.9 ist die Isolierung 12 bzw. deren Verlauf im Detail gezeigt. Die Isolierung 12 isoliert alle Zellen elektrisch untereinander, sodass diese in weitere Folgen in Reihe geschaltet werden können, ohne dass ein Kurzschluss erfolgt. Günstigerweise bildet die Isolierung 12 auch eine Gasdichtung.

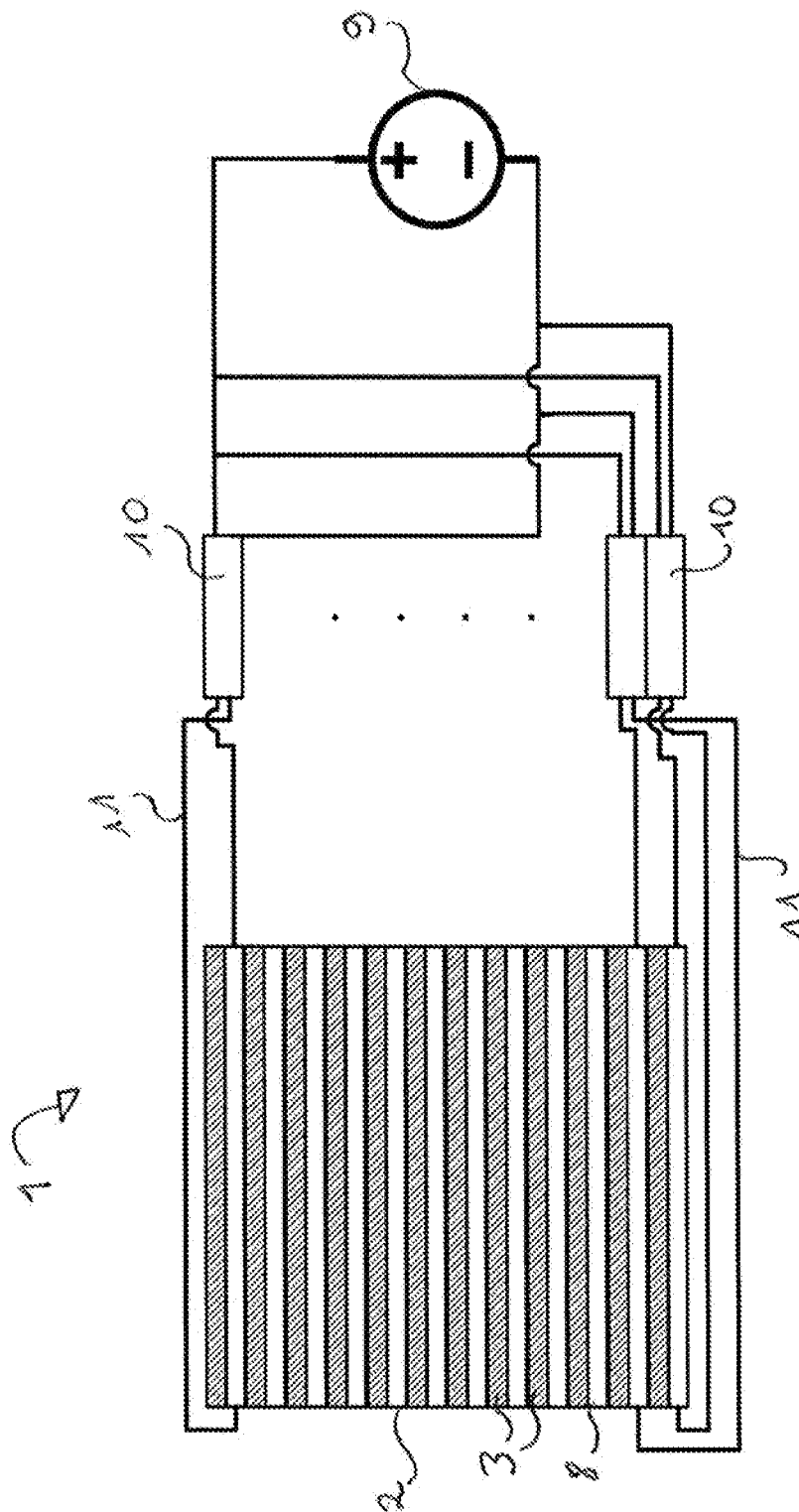
Das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem 1 wird additiv gefertigt. Dabei werden bei der Fertigung des Brennstoffzellenstapels 2 bereits die Elemente der Gasaufbereitungseinheit 7 und metallischen Stützelemente 8 in denselben integriert.

Patentansprüche

1. Brennstoffzellensystem (1), umfassend zumindest einen Brennstoffzellenstapel (2) mit mehreren Brennstoffzellen (3), wobei jede Brennstoffzelle (3) einen Anodenabschnitt (4), einen Kathodenabschnitt (5) und einen Elektrolytabschnitt (6) aufweist, und eine Gasverarbeitungseinheit (7), wobei der Brennstoffzellenstapel (2) metallische Stützelemente (8) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass das Brennstoffzellensystem (1) über die metallischen Stützelemente (8) unmittelbar elektrisch aufheizbar ist, wobei die metallischen Stützelemente (8) selbst als Heizelemente angeordnet sind.
2. Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein metallisches Stützelement (8) pro Brennstoffzelle (3) vorgesehen ist.
3. Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass jedes metallische Stützelement (8) einen galvanisch entkoppelten Stromanschluss (9) aufweist.
4. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass Stromrichter (10) vorgesehen sind, wobei jedes metallische Stützelement (8) mit einem Stromrichter (10) verbunden ist.
5. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Brennstoffzellenstapel (2) und die Gasverarbeitungseinheit (7) zumindest teilweise integral ausgebildet sind.
6. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Gasverarbeitungseinheit (7) zumindest eine Reformereinheit umfasst.
7. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Mikroeinheiten vorgesehen sind, wobei jede Mikroeinheit zumindest eine Brennstoffzelle (3) und ein Element der Gasverarbeitungseinheit (7) umfasst.
8. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Brennstoffzellensystem (1) additiv gefertigt ist.
9. Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems (1) mit metallischen Stützelementen (8), insbesondere eines Brennstoffzellensystems (1) nach einem der

Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Brennstoffzellensystem (1) elektrisch aufgeheizt wird, wobei die metallischen Stützelemente (8) selbst als Heizelemente verwendet werden.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Aufheizung gestoppt wird, sobald die Brennstoffzellen (3) eine vordefinierte Temperatur aufweisen.



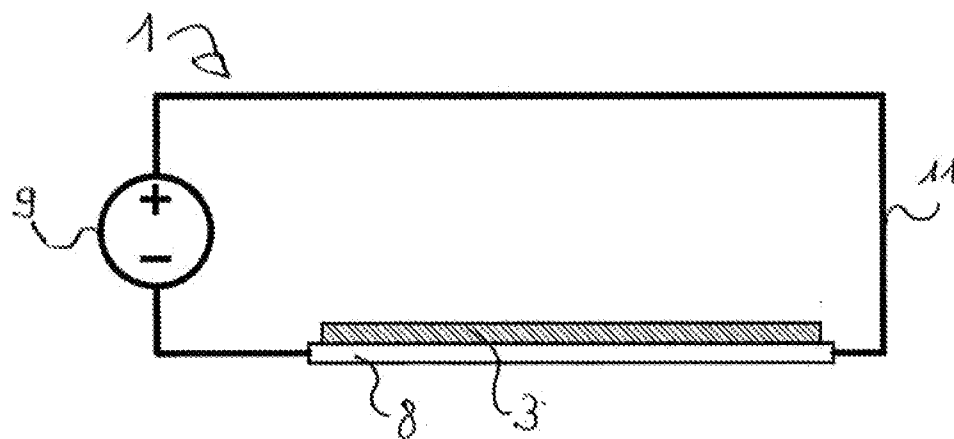
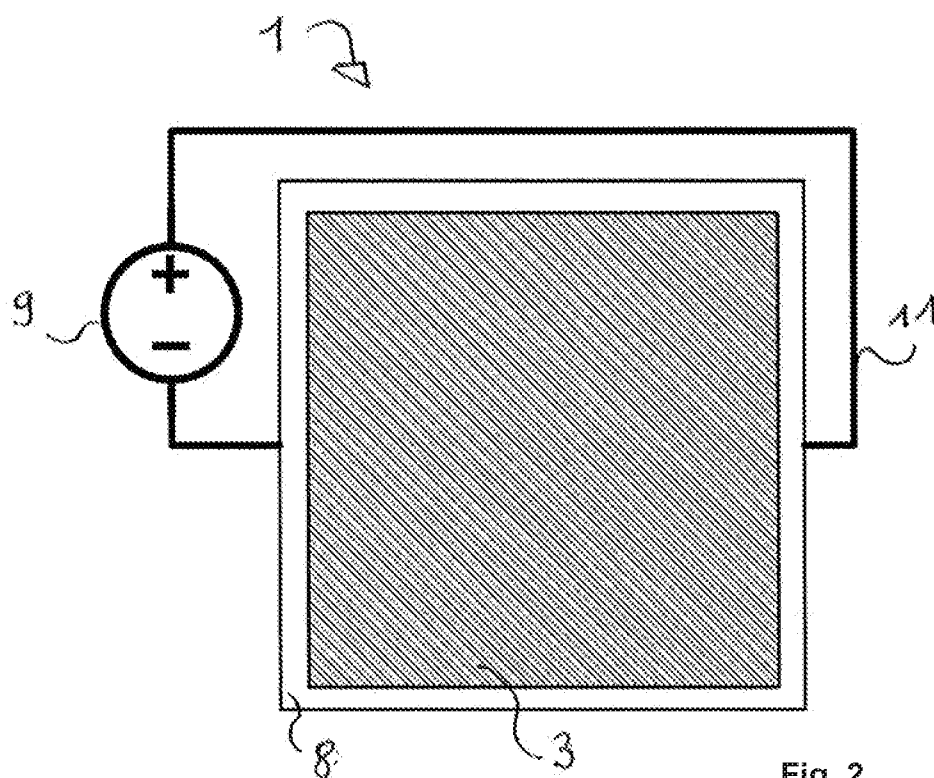


Fig. 3

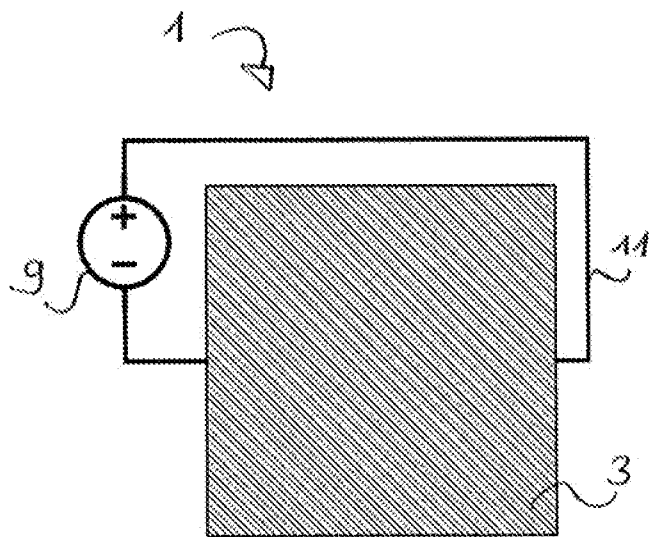


Fig. 4

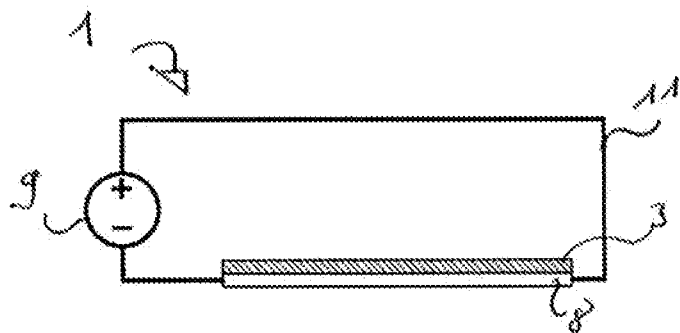


Fig. 5

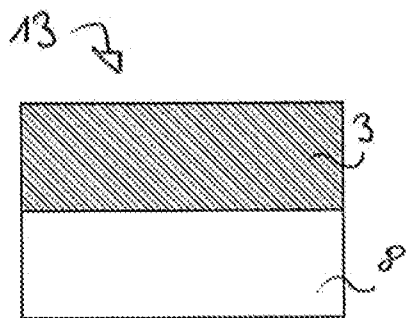


Fig. 6

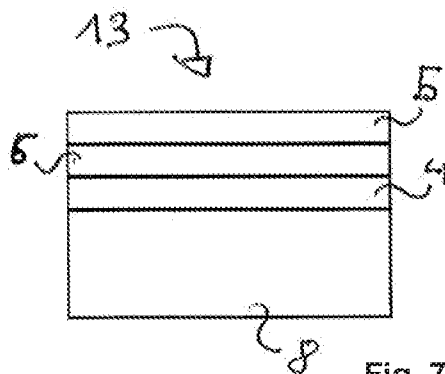


Fig. 7

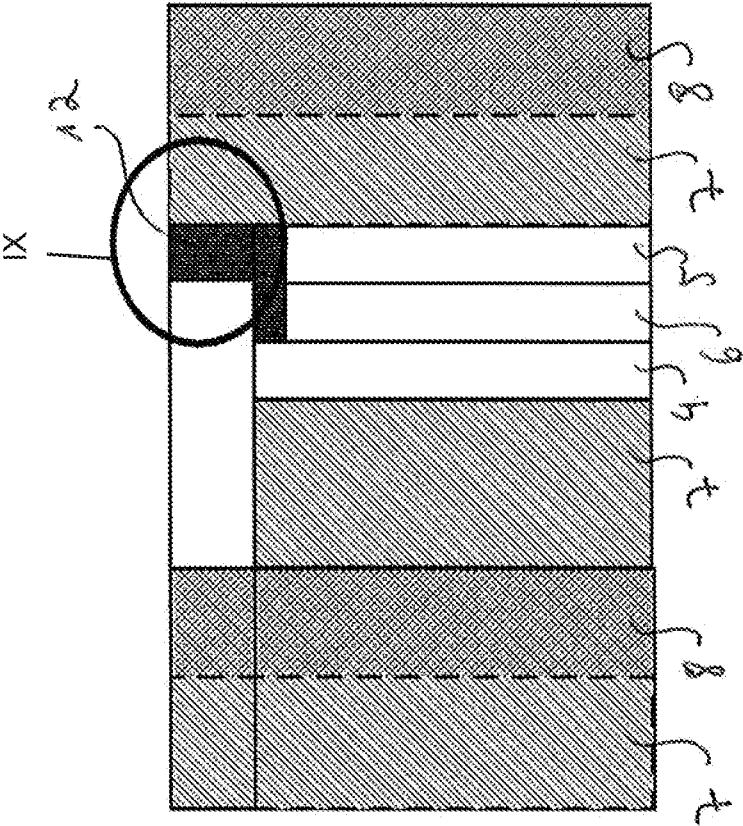


Fig. 8

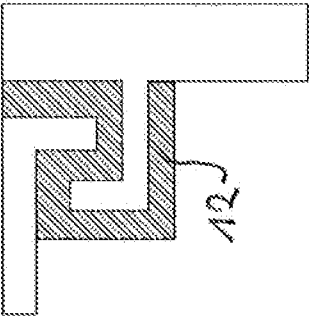


Fig. 9

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

H01M 8/04007 (2016.01); H01M 8/2432 (2016.01); H01M 8/1226 (2016.01); H01M 8/0267 (2016.01); H01M 8/124 (2016.01); B33Y 80/00 (2015.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

H01M 8/04037 (2016.02); H01M 8/2432 (2016.02); H01M 8/1226 (2016.02); H01M 8/0267 (2016.02); H01M 2008/1293 (2016.02); B33Y 80/00 (2015.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

H01M, B33Y

Konsultierte Online-Datenbank:

EPODOC, WPI, Volltextpatentdatenbanken EN, DE, Nichtpatentliteratur

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 19.12.2019 eingereichten Ansprüchen 1-10 erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	DE 102004045375 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG [DE]) 23. März 2006 (23.03.2006) Absätze [0006], [0009] und [0015]	1 - 4, 6, 9, 10
Y	Absätze [0006], [0009] und [0015]	5, 7, 8
Y	US 2019226101 A1 (JUNAEDI CHRISTIAN [US], ROYCHOUDHURY SUBIR [US], HAWLEY KYLE [US], VILEKAR SAURABH [US]) 25. Juli 2019 (25.07.2019) Fig. 1 und Beschreibung hierzu	5, 7
Y	US 2015290860 A1 (SHAW LEON L [US]) 15. Oktober 2015 (15.10.2015) gesamtes Dokument	8

Datum der Beendigung der Recherche:

08.09.2020

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

PLESSL Christof

*) Kategorien der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

Patentansprüche

1. Brennstoffzellensystem (1), umfassend zumindest einen Brennstoffzellenstapel (2) mit mehreren Brennstoffzellen (3), wobei jede Brennstoffzelle (3) einen Anodenabschnitt (4), einen Kathodenabschnitt (5) und einen Elektrolytabschnitt (6) aufweist, und eine Gasverarbeitungseinheit (7), wobei der Brennstoffzellenstapel (2) metallische Stützelemente (8) aufweist, wobei das Brennstoffzellensystem (1) über die metallischen Stützelemente (8) unmittelbar elektrisch aufheizbar ist, wobei die metallischen Stützelemente (8) selbst als Heizelemente angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Mikroeinheiten vorgesehen sind, wobei jede Mikroeinheit zumindest eine Brennstoffzelle (3) und ein Element der Gasverarbeitungseinheit (7) umfasst.
2. Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein metallisches Stützelement (8) pro Brennstoffzelle (3) vorgesehen ist.
3. Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass jedes metallische Stützelement (8) einen galvanisch entkoppelten Stromanschluss (9) aufweist.
4. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass Stromrichter (10) vorgesehen sind, wobei jedes metallische Stützelement (8) mit einem Stromrichter (10) verbunden ist.
5. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Brennstoffzellenstapel (2) und die Gasverarbeitungseinheit (7) zumindest teilweise integral ausgebildet sind.
6. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Gasverarbeitungseinheit (7) zumindest eine Reformereinheit umfasst.
7. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Brennstoffzellensystem (1) additiv gefertigt ist.
8. Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems (1) mit metallischen Stützelementen (8) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Brennstoffzellensystem (1) elektrisch aufgeheizt wird, wobei die metallischen Stützelemente (8) selbst als Heizelemente verwendet werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Aufheizung gestoppt wird, sobald die Brennstoffzellen (3) eine vordefinierte Temperatur aufweisen.