

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50230/2018
(22) Anmeldetag: 19.03.2018
(43) Veröffentlicht am: 15.10.2019

(51) Int. Cl.: **H01M 8/04007** (2016.01)
H01M 8/12 (2016.01)
H01M 8/24 (2016.01)
H01M 8/1246 (2016.01)
H01M 8/0258 (2016.01)
H01M 8/06 (2016.01)
H01M 8/124 (2016.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2009053569 A1
WO 2007087240 A2

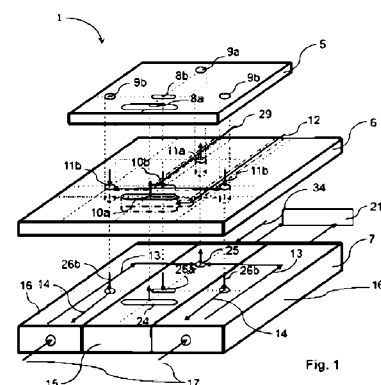
(71) Patentanmelder:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Reiter Bernd BSc
8010 Kainbach bei Graz (AT)

(74) Vertreter:
Kopetz Heinrich Dipl.Ing.
8020 Graz (AT)

(54) **Stapelartig aufgebautes Brennstoffzellensystem**

(57) Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem (1), insbesondere ein SOFC-System, wobei das Brennstoffzellensystem (1) stapelartig aufgebaut ist, umfassend zumindest einen Brennstoffzellenstapel (2) mit einem Kathodenabschnitt (3) und einem Anodenabschnitt (4), zumindest eine Endplatte (5), zumindest eine Zwischenplatte (6), zumindest eine Gasverarbeitungsplatte (7), wobei die Zwischenplatte (6) zumindest bereichsweise über der Gasverarbeitungsplatte (7), die Endplatte (5) zumindest bereichsweise über der Zwischenplatte (6) und der Brennstoffzellenstapel (2) zumindest bereichsweise über der Endplatte (5) angeordnet ist. Weiter betrifft die Erfindung eine Verwendung eines solchen Brennstoffzellensystems (1).



Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem (1), insbesondere ein SOFC-System, wobei das Brennstoffzellensystem (1) stapelartig aufgebaut ist, umfassend zumindest einen Brennstoffzellenstapel (2) mit einem Kathodenabschnitt (3) und einem Anodenabschnitt (4), zumindest eine Endplatte (5), zumindest eine Zwischenplatte (6), zumindest eine Gasverarbeitungsplatte (7), wobei die Zwischenplatte (6) zumindest bereichsweise über der Gasverarbeitungsplatte (7), die Endplatte (5) zumindest bereichsweise über der Zwischenplatte (6) und der Brennstoffzellenstapel (2) zumindest bereichsweise über der Endplatte (5) angeordnet ist.

Weiter betrifft die Erfindung eine Verwendung eines solchen Brennstoffzellensystems (1).

Fig. 1

Stapelartig aufgebautes Brennstoffzellensystem

Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem, insbesondere ein SOFC-System, wobei das Brennstoffzellensystem stapelartig aufgebaut ist.

Weiter betrifft die Erfindung eine Verwendung eines solchen Brennstoffzellensystems.

Im Stand der Technik sind SOFC-Systeme („solid oxide fuel cell“; Festoxidbrennstoffzelle) mit einem oder mehreren Brennstoffzellenstapel zum Umwandeln von chemischer Energie in elektrische Energie bekannt. Bei solchen SOFC-Systemen sind sogenannte Gasverarbeitungsvorrichtungen (GPU, englisch für „gas processing units“) bekannt. Unter Gasverarbeitungsvorrichtungen sind all diejenigen Hilfsvorrichtungen im Brennstoffzellensystem zu verstehen, welche zur Bereitstellung von in einem Brennstoffzellenstapel des Brennstoffzellensystems bearbeitbarem Prozessgas beitragen. Bei SOFC-Systemen können Gasverarbeitungsvorrichtungen Wärmetauscher, Reformer, Nachbrenner, Startbrenner, Verdampfer und dergleichen umfassen. Darüber hinaus umfassen aus dem Stand der Technik bekannte Brennstoffzellensysteme sogenannte Verteilerplatten, welche notwendig sind, um die Gasverarbeitungsvorrichtungen strömungstechnisch und mechanisch mit dem Brennstoffzellenstapel zu verbinden.

Die jeweiligen Gasverarbeitungsvorrichtungen und Verteilerplatten nehmen im Brennstoffzellensystem einen wesentlichen Bestandteil des zur Verfügung stehenden Bauraums ein. Insbesondere bei mobilen Anwendungen gilt es diesen stets klein zu halten bzw. möglichst effizient auszunutzen.

Hier setzt die Erfindung an. Aufgabe der Erfindung ist, es ein möglichst kompaktes Brennstoffzellensystem anzugeben, welches insbesondere platzsparend in einem Kraftfahrzeug anordenbar ist.

Ein weiteres Ziel ist es, eine Verwendung eines solchen Brennstoffzellensystems anzugeben.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass ein Brennstoffzellensystem der eingangs genannten Art zumindest einen Brennstoffzellenstapel mit einem Kathodenabschnitt und einem Anodenabschnitt, zumindest eine Endplatte, zumindest eine Zwischenplatte und zumindest eine Gasverarbeitungsplatte umfasst,

wobei die Zwischenplatte zumindest bereichsweise über der Gasverarbeitungsplatte, die Endplatte zumindest bereichsweise über der Zwischenplatte und der Brennstoffzellenstapel zumindest bereichsweise über der Endplatte angeordnet ist.

Ein damit erzielter Vorteil ist insbesondere darin zu sehen, dass durch die plattenartige Ausbildung der Gasverarbeitungsplatte sowie die stapelartige Anordnung der Elemente zueinander, die Gasverarbeitungsplatte und der Brennstoffzellenstapel übereinander, sprich entlang einer Linie anordenbar ist. Besonders bevorzugt ist die Zwischenplatte vollständig über der Gasverarbeitungsplatte und die Endplatte vollständig über der Zwischenplatte angeordnet. Dadurch ist im Vergleich zu aus dem Stand der Technik bekannten Brennstoffzellensystemen eine wesentlich platzsparende Lösung zur Anordnung der Elemente geschaffen. Die Zwischenplatte ist dabei wesentlich dünner als die Gasverarbeitungsplatte und aus dem Stand der Technik bekannte Verteilerplatten ausgebildet. Darüber hinaus ist durch den plattenartigen Aufbau insbesondere der Gasverarbeitungsplatte und die schichtweise Anordnung der Platten und des Brennstoffzellenstapels zueinander eine überaus kompakte Anordnung des gesamten Brennstoffzellensystems gegeben, wodurch in weiterer Folge ist eine weniger komplexe Wärmeisolation der einzelnen Elemente und/oder Platten als im Stand der Technik notwendig ist.

Wie vorstehend bereits erwähnt, ist unter der Gasverarbeitungsplatte eine Vorrichtung zu verstehen, welche all diejenigen Hilfsvorrichtungen oder Elemente in einem Brennstoffzellensystem umfasst, welche zur Gewährleistung der Bereitstellung von in einem Brennstoffzellenstapel des Brennstoffzellensystems nutzbaren Gases beitragen. Bei SOFC-Systemen können solche Gasverarbeitungsplatten beispielsweise Wärmetauscher, Reformer, Abgasbrenner, Startbrenner und/oder Verdampfer umfassen.

Günstig ist es, wenn der Brennstoffzellenstapel, die Endplatte, die Zwischenplatte und die Gasverarbeitungsplatte insbesondere kraftschlüssig miteinander verbunden sind. Besonders bevorzugt sind diese miteinander verschraubt. Dadurch ist ein kompaktes Brennstoffzellensystem geschaffen, welches mehrere plattenförmige miteinander verbundene Elemente umfasst.

Vorteilhaft ist es, wenn die Gasverarbeitungsplatte und die Zwischenplatte die selbe oder annähernd die selbe Querschnittsfläche aufweisen. Dadurch ist eine Anordnung

dieser beiden Platten zueinander sowie eine Verbindung derselben weiter vereinfacht. Dies gilt auch für eine Herstellung der Platten. Mit Vorteil weist die Endplatte etwa eine gleiche Querschnittsfläche wie der Brennstoffzellenstapel selbst auf, wobei die Querschnittsfläche der Endplatte insbesondere kleiner ist als die Querschnittsfläche der Zwischenplatte.

Es ist zweckmäßig, wenn die Endplatte zumindest einen Durchlass für ein sauerstoffhaltiges Fluid und einen Durchlass für reformierten Brennstoff aufweist, wobei die Endplatte insbesondere als integrales Element des Brennstoffzellenstapels ausgebildet ist. Das sauerstoffhaltige Fluid wird durch die Endplatte in Richtung eines Kathodenabschnittes des Brennstoffzellenstapels gefördert. Gemäß der Erfindung kann die Endplatte auch zwei oder mehr Durchlässe für das sauerstoffhaltige Fluid und/oder den Brennstoff aufweisen. Der vollständig reformierte Brennstoff wird durch den Durchlass in der Endplatte in Richtung eines Anodenabschnittes des Brennstoffzellenstapels gefördert. Die Endplatte ist insbesondere eine Endplatte des Brennstoffzellensystems, weshalb diese bevorzugt als integrales Bauteil derselben ausgeführt ist. Die Durchlässe sind als Leitungen oder Leitungsabschnitte ausgebildet oder verbinden einzelne Leitungsabschnitte, durch welche die Betriebsfluide von jeweiligen Betriebsfluidquellen in Richtung des Brennstoffzellenstapels und von diesem an die Umgebung geleitet und abgegeben werden. Darüber hinaus weist die Endplatte zumindest einen Durchlass für Brennstoffzellenstapelabgas, insbesondere zumindest einen Durchlass für Anodenabgas und einen strömungstechnisch getrennt davon geführten Durchlass für Kathodenabgas auf.

Unter einem sauerstoffhaltigen Fluid ist im Rahmen der Erfindung ein erstes Betriebsfluid zu verstehen, insbesondere gasförmige Luft oder ein anderes sauerstoffhaltiges, gasförmiges Fluid. Besonders bevorzugt ist das sauerstoffhaltige Fluid Umgebungsluft. Brennstoff ist gemäß der Erfindung ein zweites Betriebsfluid. Als Brennstoff oder Kraftstoff wird im Rahmen der Erfindung insbesondere ein flüssiger Brennstoff wie Ethanol, Methanol, Ammoniak oder Diesel verwendet. Es kann allerdings auch ein gasförmiger Brennstoff oder ein Brennstoff-Wasser-Gemisch verwendet werden. Es ist weiter eine Brennstoffquelle und eine Luftquelle vorgesehen, welche stromabwärts der Gasverarbeitungsplatte sowie außerhalb derselben angeordnet und mit jeweiligen Leitungen oder Leitungsabschnitten zum Leiten der Betriebsfluide verbunden sind. Die Betriebsfluide werden über in den

verschiedenen stapelartig zueinander angeordneten Platten vorgesehenen Leitungen und Leitungsabschnitten geführt. Hierfür sind insbesondere zumindest eine Kathodenzuführleitung zum Führen von Luft zum Kathodenabschnitt, eine Anodenzuführleitung zum Führen von Brennstoff zum Anodenabschnitt und eine Brennstoffzellenstapelabgasleitung oder zumindest eine Kathodenabgasleitung und eine Anodenabgasleitung zum Führen von Kathodenabgas und Anodenabgas an die Umgebung vorgesehen. Gemäß der Erfindung führen die Leitungen durch alle Platten hindurch. Die Leitungen können mit Vorteil Teilleitungen umfassen, wobei in den Leitungen verschiedene Elemente des Brennstoffzellensystems angeordnet sein können. Die Leitungen oder Teilleitungen können sowohl einzelne Komponenten des Brennstoffzellensystems als auch einzelne Platten desselben miteinander verbinden.

Unter einer Leitung ist vorliegend insbesondere ein Leitungssystem mit mehreren Leitungsabschnitten zu verstehen. Unter den Zuführ- und Abgasleitungen sind nicht nur Leitungsabschnitte zu den Brennstoffzellenstapeln hin, sondern insbesondere auch Leitungsabschnitte zwischen und innerhalb der einzelnen Platten zu verstehen.

Günstig ist es, wenn die Zwischenplatte zumindest einen Durchlass für ein sauerstoffhaltiges Fluid, einen Durchlass für reformierten Brennstoff aufweist und eine Zuführleitung von einem weiteren sauerstoffhaltigen Fluid aufweist. Vor einem Durchtritt der Betriebsfluide durch die Endplatte werden diese also durch die Zwischenplatte geführt. Grundsätzlich kann es günstig sein, wenn die Zwischenplatte für die Betriebsfluide, welche dem Brennstoffzellenstapel zugeführt werden, keine weitere Funktion als die mittelbare Verteilung derselben von der Gasverarbeitungsplatte zum Brennstoffzellenstapel. Über die Zuführleitung von einem weiteren sauerstoffhaltigen Fluid kann entweder über eine Bypassleitung, welche von der Luftquelle abzweigt, oder Frischluft über eine gesonderte Quelle stromabwärts eines in der Gasverarbeitungsplatte angeordneten Kathodenwärmetauschers und stromaufwärts des Kathodenabschnittes einer Kathodenzuführleitung zugeführt wird. Dies ist insbesondere günstig, weil dadurch eine Temperatur der in der Kathodenzuführleitung geführten Luft regulierbar oder anpassbar ist, sodass die Temperatur der Luft, welche in den Kathodenabschnitt geführt wird bestimmbar ist. Die Zwischenplatte umfasst Leitungsabschnitt sowie Durchlässe für die Betriebsfluide sowie Leitungen, welche von außerhalb der stapelartig angeordneten Platten in die Zwischenplatte geführt werden. Diese ist zum

Verteilen und/oder Vermischen von Betriebsfluiden ausgebildet und angeordnet. Weiter sind in der Zwischenplatte Durchlässe für Anodenabgas, Kathodenabgas oder bereits zusammengeführtem Brennstoffzellenabgas vorgesehen.

Es ist von Vorteil, wenn die Gasverarbeitungsplatte einen Reformer, einen Nachbrenner und zumindest einen Kathodenwärmetauscher umfasst, wobei die Gasverarbeitungsplatte eine Hotbox bildet. Darüber hinaus umfasst die Gasverarbeitungsplatte mehrere Leitungen und Teilleitungen. Günstig kann es auch sein, wenn die Gasverarbeitungsplatte zudem einen Startbrenner und einen Verdampfer umfasst. Die Gasverarbeitungsplatte umfasst also alle Elemente, welche notwendig sind, um Brennstoff und Luft derart zu verarbeiten, dass diese im Brennstoffzellenstapel verarbeitet werden können. Die Elemente sind in der Gasverarbeitungsplatte derart ausgebildet und zueinander angeordnet, dass die Gasverarbeitungsplatte möglichst kompakt ausgebildet ist. Bevorzugt liegen diese unmittelbar aneinander bzw. grenzen unmittelbar aneinander an. Grundsätzlich kann es auch günstig sein, wenn der Startbrenner außerhalb der Gasverarbeitungsplatte angeordnet ist, bevorzugt kann dieser als eigene Platte ausgebildet sein, welche entweder in derselben Ebene wie die Gasverarbeitungsplatte oder unter der Gasverarbeitungsplatte angeordnet ist. Es kann auch zweckmäßig sein, wenn der Verdampfer außerhalb der Gasverarbeitungsplatte angeordnet ist, beispielsweise in derselben Ebene wie die Gasverarbeitungsplatte oder unterhalb derselben. Unter einer Hotbox ist im Rahmen der Erfindung jener Bereich zu verstehen, in welchem die Elemente angeordnet sind, welche eine hohe Temperatur aufweisen oder für deren Funktion benötigen. Grundsätzlich kann es günstig sein, wenn auch der Brennstoffzellenstapel selbst sowie die Zwischenplatte und die Endplatte in der Hotbox angeordnet sind. Die Hotbox ist mit Vorteil gegenüber der Umgebung wärmeisolierend ausgebildet.

Durch die wärmetauschenden Komponenten und katalytische Beschichtungen ist funktionelle Integration der Gasverarbeitungsplatte in Strömungskanäle möglich.

Es ist zweckmäßig, wenn der Reformer als Teil eines beschichteten Wärmetauschers ausgebildet ist, wobei ein zu reformierender Brennstoff eine kalte Seite des Wärmetauschers durchströmt. Dabei kann der Reformer insbesondere Teil eines Plattenwärmetauschers sein. Die Wärmeübertragungselemente des Reformierungsbereiches des Wärmetauschers umfassen ein katalytisches Material,

sodass eine für einen Reformierungsvorgang notwendige katalytische Reaktion durchführbar ist. Besonders bevorzugt sind dabei Wärmeübertragungselemente mit einem katalytischen Material beschichtet. Die eingesetzte katalytische Beschichtung kann direkt auf der Struktur des Wärmetauschers aufgebracht sein oder als eingelegtes beschichtetes Netz ausgebildet sein. Mit Vorteil wird der Brennstoff dem Reformer bereits gasförmig und überhitzt zugeführt. Es kann jedoch auch vorgesehen sein, dass der Reformierungsbereich als gemeinsam mit einem Überhitzungsbereich ausgebildet ist. Das soll heißen, dass die Überhitzung und die Reformierung des Brennstoffes in einem Schritt oder zumindest sehr zeitnah nacheinander durchführbar sind. Von Vorteil ist es, wenn die katalytische Beschichtung als katalytisches Gewebe oder katalytisch beschichtetes, insbesondere metallisches, Gitter ausgebildet ist. Besonders günstig ist es, wenn die Wärmeübertragungselemente des Reformers mit einem katalytischen Gewebe oder dem katalytisch beschichteten Gitter beschichtet sind. Die katalytische Beschichtung ist dazu ausgebildet, den verdampften und gegebenenfalls überhitzten Brennstoff zu reformieren. Die Reformierung erfolgt mit Vorteil durch Dampfreformierung ohne Zuführung von Luft oder Dampf. Insbesondere ist bei einer Verwendung eines wasserhaltigen Brennstoffes wie einem Ethanol-Wasser-Gemisch keine eigene Zuführung von (Wasser)dampf notwendig. Die für die Dampfreformierung benötigte Menge an Dampf ist bereits durch den Verdampften Brennstoff selbst zur Verfügung gestellt. Bei der Dampfreformierung erfolgt eine endotherme Reaktion. Die dafür notwendige Energie ist erfindungsgemäß über das Systemabgas, welches wärmeübertragend mit dem Reformer gekoppelt ist, bereitgestellt. Der Wärmetauscher kann im Gegenstromprinzip, im Gleichstromprinzip oder im Kreuzstromprinzip durchströmt werden.

Darüber hinaus kann es jedoch auch günstig sein, wenn eine Zuführleitung von Luft zum Reformer vorgesehen ist. Insbesondere ist Luft stromaufwärts des Reformers mit Brennstoff vermischbar. Dadurch ist es möglich, optional neben oder alternativ zur Dampfreformierung eine katalytische partielle Oxidation durchzuführen. Dies ist insbesondere in einer Startphase des Brennstoffzellensystems vorteilhaft, in welcher ein Brennstoffzellenstapel noch kalt ist und erwärmt werden muss. Durch die Zuführung von Luft bei, insbesondere ausschließlich, einer Startphase des Brennstoffzellensystems ist somit der Brennstoffzellenstapel durch katalytische partielle Oxidation aufwärmbar. Hat dieser eine vorbestimmte Temperatur erreicht,

wird die Zuführung der Luft, insbesondere durch ein Ventil wieder ausgeschaltet. Darüber hinaus wird durch die Luftzufuhr bei einer Startphase des Brennstoffzellensystems, in welcher der erfindungsgemäße Wärmetauscher anordenbar ist, eine Rußbildung im Reformer oder einem Überhitzerbereich des Wärmetauschers verhindert oder zumindest stark reduziert. Es wurde nämlich herausgefunden, dass die Zufuhr eines sauerstoffhaltigen Fluids wie Luft zum Verdampfungsvorgang des Wasser-Brennstoff-Gemisches Rußbildung bei einer, insbesondere ausschließlichen, Startphase eines Brennstoffzellensystems verhindert oder zumindest stark reduziert.

Dabei ist es weiter vorteilhaft, wenn der Nachbrenner als Teil des beschichteten Wärmetauschers ausgebildet ist, wobei Brennstoffzellenstapelabgas eine warme Seite des Wärmetauschers durchströmt. Somit sind sowohl der Reformer als auch der Nachbrenner als Teil desselben Wärmetauschers ausgebildet, wobei der Reformer die kalte und der Nachbrenner die warme Seite des Wärmetauschers bildet. Der Wärmetauscher ist bevorzugt ein Plattenwärmetauscher. Im Nachbrenner wird stromabwärts des Brennstoffzellenstapels Brennstoffzellenstapelabgas vollständig verbrannt. Hierfür ist auch die warme Seite des Wärmetauschers katalytisch beschichtet. Der im Brennstoffzellenstapel nicht vollständig verbrannte Brennstoff wird unter Zuführung von Kathodenabgas (Luft bzw. sauerstoffhaltiges Fluid) vollständig verbrannt. Um diese Verbrennung zu beschleunigen, ist der Nachbrenner, welche die warme Seite des Wärmetauschers bildet, zur Durchführung einer katalytischen Oxidation beschichtet. Kathodenabgas und Anodenabgas werden stromabwärts des Brennstoffzellenstapels insbesondere in der Zwischenplatte in einer Abgasleitung zu Brennstoffzellenstapelabgas zusammengeführt. Das heißt Kathodenabgas und Anodenabgas durchströmen die Endplatte getrennt voneinander und werden in der Zwischenplatte zusammengeführt, wobei vorgesehen sein kann, dass nur ein Teil vom Kathodenabgas und ein Teil vom Anodenabgas zusammengeführt werden. Restliche Teile des Kathodenabgases und Anodenabgases werden in jeweiligen Teilabgasleitungen verwendet. Zusammengeführtes Brennstoffzellenstapelabgas wird in der Abgasleitung in die Gasverarbeitungsplatte geführt, in welcher der Nachbrenner angeordnet ist. Das Brennstoffzellenstapelabgas weist in der Regel eine höhere Temperatur auf, wodurch Wärme vom Brennstoffzellenstapelabgas auf den zu reformierenden Brennstoff im Reformer übertragbar ist. Der Reformer ist folglich wärmeübertragend mit dem

Nachbrenner gekoppelt. Das vollständig verbrannte Brennstoffzellenstapelabgas kann günstigerweise stromabwärts des Nachbrenners noch zum Erwärmen von Brennstoff in einem Verdampfer genutzt werden.

Der Brennstoff strömt über den Wärmetauscher, welcher als Platten-, Rohrbündelwärmetauscher oder mit einer alternativen Struktur ausgeführt ist, und erhitzt sich dabei. Gleichzeitig wird über durch das katalytische Material die Umwandlung des Brennstoffs in ein wasserstoffreiches Gas durchgeführt. Die Umwandlung kann je nach Betriebsstrategie endotherm, autotherm oder exotherm durchgeführt werden. Eine Dampfreformierung kann dabei durch das im Brennstoff beigemengte Wasser oder durch Anodengaszirkulation erfolgen. Für die Umwandlung mittels katalytischer partieller Oxidation ist neben der Injektion des Brennstoffs zur Anodenlinie auch eine Luftzufuhr vorgesehen. Nach der Umwandlung des Brennstoffs kann das dadurch entstehende Reformatgas dem Brennstoffzellenstapel direkt zugeführt werden. Alternativ kann jedoch auch noch eine weitere Temperaturanpassung mit dem oder durch das Kathodengas erfolgen. Die benötigte Wärme für die Dampfreformierung kommt aus dem Brennstoffzellenstapelabgas, einem Gemisch aus Anoden- und Kathodenabgas. Die Oxidation findet dabei direkt im Wärmetauscher statt, da auch die warme Seite desselben katalytisch beschichtet (entweder unmittelbar oder durch ein eingelegtes Netz) ist.

Günstig ist es, wenn der Reformer zumindest eine, insbesondere zwei, Brennstoffeinlässe für gasförmigen Brennstoff aufweist. Der Reformer weist dabei insbesondere eine u-förmige Querschnittsfläche auf, wobei die beiden Schenkel des u-förmigen Reformers jeweils einen Eingang für gasförmigen Brennstoff aufweisen. Das heißt, die Anodenzuführleitung trennt sich stromaufwärts des Reformers in zwei Teilleitungen auf, welche jeweils in den Reformer münden. Stromabwärts des Reformers und insbesondere stromaufwärts der Zwischenplatte werden die beiden Teilleitungen wieder zu einer gemeinsamen Anodenzuführleitung zusammengeführt, welche mittelbar über die Zwischenplatte und die Endplatte zum Anodenabschnitt geführt wird. Der reformierte Brennstoff wird in der Anodenzuführleitung durch die Zwischenplatte und die Endplatte hindurch zum Anodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels geführt. Hierfür werden die Zwischenplatte und die Endplatte jeweils eine oder mehrere Durchführungen für den reformierten Brennstoff auf. Innerhalb des u-förmigen Reformers ist mit Vorteil der Kathodenwärmetauscher angeordnet,

sodass die Gasverarbeitungsplatte eine rechteckige Querschnittsfläche aufweist. Der Kathodenwärmetauscher umfasst zumindest einen Lufteinlass. Durch die erfindungsgemäße Ausbildung und Anordnung des Wärmetauscher und des Kathodenwärmetauscher ist die Gasverarbeitungsplatte selbst kompakt und klein ausgebildet, wobei wärmeübertragende Flächen trotzdem groß sind, sodass ein hoher Wärmeübertrag stattfinden kann.

Es ist von Vorteil, wenn ein Startbrenner vorgesehen ist. Grundsätzlich kann dieser als Teil der Gasverarbeitungsplatte ausgebildet sein. Günstig ist es jedoch, wenn dieser zumindest teilweise außerhalb der Gasverarbeitungsplatte, beispielsweise als eigene Platte, angeordnet ist. Bevorzugt ist der Startbrenner als zweistufiger Brenner ausgebildet, wobei ein erster Bereich des Startbrenners außerhalb der Gasverarbeitungsplatte angeordnet ist und ein katalytisches Material umfasst. Dem ersten Bereich des Startbrenners wird Luft und Brennstoff zugeführt, wobei der Brennstoff durch die Luft katalytisch verbrannt wird. Um das katalytische Material zu schonen, erfolgt die Verbrennung mit Vorteil unvollständig.

Hierfür ist es günstig, wenn eine warme Seite des Kathodenwärmetauschers als zweiter Bereich des Startbrenners ausgebildet ist, wobei zwischen einem ersten Bereich und dem zweiten Bereich des Startbrenners Brennstoff zuführbar ist. Stromabwärts des Startbrenners wird der unvollständig verbrannte Brennstoff also dem in der Gasverarbeitungsplatte angeordneten Kathodenwärmetauscher zugeführt. Dabei kann vorgesehen sein, dass stromabwärts des ersten Bereich des Startbrenners und stromaufwärts des Kathodenwärmetauschers eine Zuführleitung für Brennstoff zugeführt wird. Dies ist vorteilhaft, um eine über eine kalte Seite des Kathodenwärmetauschers geführte Luft auf eine hohe Temperatur zu erwärmen. Die Leitungen vom ersten Bereich des Startbrenners führen über einen den zweiten Bereich des Startbrenners bildenden warmen Seite des Kathodenwärmetauschers. Um den stromabwärts des Kathodenwärmetauschers zugeführten Brennstoff zu verbrennen ist die warme Seite des Kathodenwärmetauschers katalytisch beschichtet, wohingegen die kalte Seite des Kathodenwärmetauschers nicht beschichtet ist. Über die kalte Seite des Kathodenwärmetauschers wird insbesondere durch ein außerhalb der Gasverarbeitungsplatte angeordnetes Gebläse das sauerstoffhaltige Fluid erwärmt und in weiterer Folge durch die Zwischenplatte und Endplatte in Richtung des Kathodenabschnittes geführt. Das Gebläse ist hierfür stromabwärts der Luftquelle und stromaufwärts des Kathodenwärmetauschers angeordnet.

Stromabwärts des Kathodenwärmetauschers kann das noch immer warme Gas dem Verdampfer zugeführt werden, sodass sowohl Abgas des Startbrenners als auch Brennstoffzellenabgas zum Verdampfen des Brennstoffes verwendbar ist.

Auf der Kathodenlinie wird folglich ebenfalls ein Wärmetauscher, der Kathodenwärmetauscher eingesetzt, welcher allerdings nur abgasseitig beschichtet ist. Die mit Hilfe des Kathodenabgases aufgeheizte Kathodenluft ist somit direkt dem Brennstoffzellenstapel zuführbar. Wieviel Kathodenabgas zur Anodenlinie zur Oxidation des Anodengases und wieviel zu Kathodenlinie strömt, ist insbesondere über externe Drosselklappen im Abgasstrang geregelt. Sollte die Kathodenluft zu heiß sein, ist sie mittels der Zuführleitung von Luft, welche am Kathodenwärmetauscher vorbeigeführt wird, kühlbar. Die Mischung erfolgt dabei wie vorstehend beschrieben in der Zwischenplatte, insbesondere unmittelbar vor dem Eintritt in den Brennstoffzellenstapel oder bei Kombination der Endplatte und der Zwischenplatte, direkt in der Endplatte des Brennstoffzellenstapels. Sollte mehr Energie zum Aufheizen der Luft in der Kathodenlinie nötig sein, kann über den externen Startbrenner zugeheizt oder Brennstoff auf die Abgasseite des Kathodenwärmetauschers eingespritzt, werden um dort mit dem Kathodenabgas zu oxidieren.

Es ist zweckmäßig, wenn ein Verdampfer vorgesehen ist. Dies ist besonders vorteilhaft, wenn ein flüssiger Brennstoff verwendet ist. Der Verdampfer ist insbesondere außerhalb der Gasverarbeitungsplatte in der Anodenzuführleitung stromaufwärts des Reformers angeordnet. Dem Verdampfer, welcher insbesondere als kalte Seite eines Wärmetauschers ausgebildet ist, wird flüssiger Brennstoff zugeführt. Der flüssige Brennstoff wird im Reformer, über das über die warme Seite des Wärmetauschers geführte Brennstoffzellenstapelabgas und/oder Startbrennerabgas verdampft. Die entsprechenden Abgasleitungen sind also wärmeübertragend mit dem flüssigen Brennstoff verbunden. Wird das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem mit gasförmigen Brennstoff wie gasförmigem Erdgas betrieben, ist eine Anordnung des Verdampfers nicht notwendig; es kann auf den Verdampfer verzichtet werden.

Von Vorteil ist es, wenn die Endplatte und die Zwischenplatte als integrales Element ausgebildet sind. Besonders günstig ist es, wenn das derartig gebildete integrale plattenförmige Element als Bereich oder Bestandteil des Brennstoffzellestapels

selbst ausgebildet und angeordnet ist. Dadurch ist eine Kompaktheit des Brennstoffzellensystems weiter erhöht. Da damit die Zwischenplatte als Teil des Brennstoffzellenstapels ausgebildet ist, sind auch die Leitungsabschnitt sowie Durchlässe für die Betriebsfluide sowie Leitungen Teil des Brennstoffzellenstapels. Bei einer derartigen Ausbildung ist die Gasverarbeitungsplatte folglich unmittelbar mit dem Brennstoffzellenstapel verbindbar.

Sind zwei Brennstoffzellenstapel vorgesehen, ist unterhalb der Gasverarbeitungsplatte eine spiegelverkehrte Anordnung der Zwischenplatte und der Endplatte vorgesehen, wobei an die zweite Endplatte unmittelbar der zweite Brennstoffzellenstapel anschließt. Bei einer Verwendung von zwei oder mehr Brennstoffzellenstapel kann es günstig sein, wenn die Gasverarbeitungsplatte eine entsprechend große Dicke aufweist.

Grundsätzlich ist die Gasverarbeitungsplatte derart aufgebaut, dass ein, zwei oder mehrere Brennstoffzellenstapel insbesondere unmittelbar mit dieser verbindbar sind. Die Zwischenplatte ist als dünne Zwischenplatte ausgebildet oder direkt über die Endplatte mit dem Brennstoffzellenstapel verbunden.

Es ist günstig, wenn eine Luftquelle und eine Brennstoffquelle vorgesehen sind, wobei sauerstoffhaltiges Fluid von einem in einer Kathodenzuführleitung angeordnetem Gebläse in Richtung eines Kathodenwärmetauschers förderbar ist. Beide Quellen sowie das Gebläse sind mit Vorteil außerhalb der Gasverarbeitungsplatte angeordnet.

Günstigerweise ist zumindest eine Anodenzuführleitung vorgesehen, wobei über die Anodenzuführleitung Brennstoff stromabwärts der Brennstoffquelle in Richtung des Verdampfers, stromabwärts des Verdampfers in Richtung der Gasverarbeitungsplatte, stromabwärts der Gasverarbeitungsplatte in Richtung der Zwischenplatte und der Endplatte und stromabwärts der Endplatte als verdampfter und reformierter Brennstoff dem Anodenabschnitt zuführbar ist. Zum Fördern des Brennstoffes ist mit Vorteil stromabwärts der Brennstoffquelle eine Fördereinrichtung wie eine Pumpe angeordnet. Insbesondere ist weiter vorgesehen, dass sich stromabwärts der Fördereinrichtung und stromaufwärts des Verdampfers eine Startbrennerzuführleitung von der Anodenzuführleitung abzweigt, um Brennstoff dem Startbrenner zuzuführen. Zur Dosierung des Brennstoffes in den Leitungen sind in denselben stromabwärts der Abzweigung Dosiereinrichtungen, insbesondere Ventile

vorgesehen. Durch die Dosiereinrichtungen kann eine Zuführung von Brennstoff auch zur Gänze eingestellt werden. Die Dosiereinrichtungen sind insbesondere außerhalb der Gasverarbeitungsplatte in einer sogenannten Coldbox angeordnet.

Zweckmäßig ist es, wenn stromabwärts des Brennstoffzellenstapels insbesondere in Zwischenplatte zumindest eine Abgasleitung vorgesehen ist, wobei in dieser Anodenabgas und Kathodenabgas zu Brennstoffzellenstapelabgas zusammenführbar ist, wobei das Brennstoffzellenstapelabgas stromabwärts des Brennstoffzellenstapels und die Endplatte durch die Zwischenplatte in Richtung des Nachbrenners und stromabwärts des Nachbrenners in Richtung des Verdampfers führbar ist. Die Abgasleitung, in welcher Kathodenabgas und Anodenabgas zusammengeführt werden, ist folglich in der Zwischenplatte angeordnet. Das Anodenabgas und das Kathodenabgas durchströmen die Endplatte getrennt voneinander, wobei diese Durchtritte zum Führen der beiden Abgasströme umfasst. Beispielsweise kann die Endplatte einen Durchtritt für Kathodenabgas und zwei Durchtritte für Anodenabgas umfassen.

Weiter ist es vorteilhaft, wenn zumindest eine Kathodenzuführleitung vorgesehen ist, wobei über die Kathodenzuführleitung sauerstoffhaltiges Fluid stromabwärts der Luftquelle in Richtung des Kathodenwärmetauscher und stromabwärts des Kathodenwärmetauscher dem Kathodenabschnitt zuführbar ist. Zum Fördern der Luft ist stromabwärts der Luftquelle eine Fördereinrichtung, insbesondere ein Gebläse vorgesehen, welches außerhalb der Gasverarbeitungsplatte angeordnet ist. Insbesondere ist weiter vorgesehen, dass sich stromabwärts der Fördereinrichtung und stromaufwärts des Kathodenwärmetauschers mehrere Teilleitungen von der Kathodenzuführleitung abzweigen. So ist beispielsweise eine erste Teilleitung zum Zuführen von Luft stromabwärts des Verdampfers vorgesehen, sodass im Reformier eine partielle Oxidationsreaktion durchführbar ist. Die erste Teilleitung führt in die Gasverarbeitungsplatte. Darüber hinaus ist eine zweite Teilleitung vorgesehen, welche als Zuführleitung von sauerstoffhaltigem Fluid ausgebildet ist und über welche Luft stromabwärts des Kathodenwärmetauschers der Kathodenzuführleitung wieder zuführbar ist. Diese als Zuführleitung ausgebildete zweite Teilleitung trennt sich außerhalb der Gasverarbeitungsplatte von der Kathodenzuführleitung ab und führt direkt in die Zwischenplatte ohne die Gasverarbeitungsplatte zu passieren. Die zweite Teilleitung ist also als Bypassleitung des Kathodenwärmetauschers sowie der Gasverarbeitungsplatte ausgebildet. Ferner ist eine dritte Teilleitung vorgesehen,

welche Luft zum Startbrenner fördert. Zur Dosierung der Luft in den Leitungen sind in denselben stromabwärts der Abzweigungen Dosiereinrichtungen, insbesondere Ventile vorgesehen. Durch die Dosiereinrichtungen kann eine Zuführung von Luft geregelt oder auch zur Gänze eingestellt werden. Die Dosiereinrichtungen sind insbesondere außerhalb wieder der Gasverarbeitungsplatte in der Coldbox angeordnet.

Unter einer Coldbox ist im Rahmen der Erfindung eine Einheit zu verstehen, in welcher eine niedrige Temperatur als in der Hotbox notwendig ist. In der Coldbox sind insbesondere Ventile, Gebläse, Sensoren oder dergleichen angeordnet. Die Coldbox ist thermisch von der Hotbox getrennt

In einer Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass eine Anodenrezirkulationsleitung vorgesehen ist. Diese ist zu einem Teil in der Zwischenplatte angeordnet, in welcher die Anodenrezirkulationsleitung sich von der Anodenabgasleitung abtrennt. Stromabwärts dieser Abtrennung tritt die Anodenrezirkulationsleitung aus der Zwischenplatte hinaus, da außerhalb der Platten eine Anodenabgasfördereinrichtung wie ein Gebläse zum Fördern eines Teils von Anodenabgas in Richtung des Reformers angeordnet ist. Stromabwärts des Gebläses führt die Anodenrezirkulationsleitung in Richtung der Gasverarbeitungsplatte, wo Anodenabgas dem Reformer zugeführt wird, um gegebenenfalls für die Reformierung notwendiges Wasser zur Verfügung zu stellen. Diese Ausführungsvariante ist insbesondere bei einer Verwendung von Diesel als Brennstoff von Vorteil. Die Aufteilung des Anodenabgases zur Rezirkulation und zur Oxidation erfolgt also über ein Rezirkulationsgebläse oder mit Hilfe einer Strahlpumpe, durch welche ein Aufteilungsverhältnis auf einen festgelegten Wert festlegbar und steuerbar ist. Die Teilung der Kanäle erfolgt dabei in der Zwischenplatte oder im Falle einer Kombination mit der Endplatte, direkt in der Endplatte des Brennstoffzellenstapels.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Gasverarbeitungsplatte zumindest teilweise additiv gefertigt ist. Insbesondere wird die Gasverarbeitungsplatte durch 3-D-Druck hergestellt. Dabei kann vorgesehen sein, dass Elemente derselben einzeln gedruckt werden oder die Gasverarbeitungsplatte als ganze Einheit gedruckt wird. Durch den Einsatz von additiver Fertigung (3-D Druck) wird eine Leistungssteigerung des Brennstoffzellensystems erreicht, da durch die kompakte Bauweise und Optimierung

der Struktur Druckverluste im System herabgesetzt oder vermieden werden. Insbesondere wird die gesamte Gasverarbeitungsplatte oder alle in dieser vorgesehenen Elemente additiv hergestellt.

Eine Verwendung eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems erfolgt mit Vorteil zur Bereitstellung von elektrischer Energie in einem Kraftfahrzeug.

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 Explosionsdarstellung eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems;

Fig. 2 eine Explosionsdarstellung eines weiteren erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems;

Fig. 3 ein Blockdiagramm zur Darstellung eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems gemäß Fig. 2.

Fig. 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem 1, welches ein SOFC-System ist. Dieses umfasst einen in Fig. 1 nicht dargestellten Brennstoffzellenstapel 2 mit einem Kathodenabschnitt 3 und einem Anodenabschnitt 4. Weiter umfasst das Brennstoffzellensystem 1 eine Endplatte 5, eine Zwischenplatte 6 und eine Gasverarbeitungsplatte 7. Die Platten 5, 6, 7 und der Brennstoffzellenstapel 2 sind übereinander stapelartig zueinander angeordnet.

Die Gasverarbeitungsplatte 7 umfasst einen u-förmig ausgebildeten Wärmetauscher 16, welcher in einer Anodenlinie bzw. Anodenzuführleitung 25 angeordnet ist. Der Wärmetauscher 16 weist eine kalte und eine warme Seite auf, wobei die kalte Seite als Reformier 13 und die warme Seite als Nachbrenner 14 ausgebildet ist. Dabei sind beide Seiten katalytisch beschichtet. Der Wärmetauscher 16 wird im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 im Gegenstromprinzip durchflossen, wobei gasförmiger, zu reformierender Brennstoff im Reformier 13 durch Brennstoffzellenstapelabgas, welches im Nachbrenner 14 vollständig verbrannt wird, erhitzt und durch das katalytische Material reformiert wird. Das Brennstoffzellenabgas wird in einer Abgasleitung 26 geführt, in welcher eine Kathodenabgasleitung 26a und eine Anodenabgasleitung 26b zusammengeführt werden. Der Reformier 13 weist weiter zwei Brennstoffeinträge 17 auf, über welche

Brennstoff von einer nicht gezeigten Brennstoffquelle 23 mittelbar in den Reformer 13 einbringbar ist.

Zwischen den Schenkeln des u-förmig ausgebildeten Wärmetauschers 16 ist ein Kathodenwärmetauscher 15 angeordnet. Auch der Kathodenwärmetauscher 15 weist eine kalte und eine warme Seite auf. Über einen Lufteinlass 34 ist ein sauerstoffhaltiges Fluid, insbesondere Luft, über eine Kathodenzuführleitung 23 von einer in Fig. 1 nicht gezeigten Luftquelle 22 in eine kalte Seite des Kathodenwärmetauschers 15 einbringbar. Die kalte Seite des Kathodenwärmetauschers 15 ist nicht beschichtet. Die Luft, welche stromabwärts des Kathodenwärmetauschers 15 dem Kathodenabschnitt 3 zugeführt wird, wird über Kathodenabgas, welches über die Kathodenabgasleitung 26a in eine warme Seite des Kathodenwärmetauschers 15 geleitet wird, erwärmt. Da stromabwärts des Kathodenabschnittes 3 über eine Auslassleitung 29 16 eines Startbrenners 18 nicht vollständig verbranntes Kraftstoff dem Kathodenwärmetauscher 15 zuführbar ist, ist die warme Seite desselben katalytisch beschichtet.

Der Wärmetauscher 16 und der Kathodenwärmetauscher 15 sind als Plattenwärmetauscher ausgebildet, wobei beide im Gegenstromprinzip durchströmt werden. Der Lufteinlass des Kathodenwärmetauschers 15 ist auf einer gegenüberliegenden Seite der Brennstoffeinlässe 17 des Wärmetauschers 16 angeordnet.

Die Zwischenplatte 6 ist als dünne Verteilerplatte ausgebildet, in welcher Gasströme verteilt, zusammengeführt und/oder hinzugeführt werden. Die Zwischenplatte 6 umfasst jeweils einen Durchlass 10a für Luft und einen Durchlass 11a für Brennstoff. Über diese Durchlässe 10a, 11a, welche mit dem Kathodenwärmetauscher 15 über die Kathodenzuführleitung 24 bzw. mit dem Reformer 13 über die Anodenzuführleitung 25 strömungsverbunden sind, wird Luft mittelbar über die Endplatte 5 in Richtung des Kathodenabschnittes 3 und Brennstoff mittelbar über die Endplatte in Richtung des Anodenabschnittes 4 geführt. Die Zwischenplatte umfasst ferner eine Zuführleitung 12 für Luft zum Regulieren und/oder Anpassen einer Temperatur der in der Kathodenzuführleitung 24 geführten, erhitzten Luft. Darüber hinaus sind in der Zwischenplatte weitere Durchlässe 10b, 11b für Luft und Brennstoff vorgesehen. Wie in Fig. 1 gezeigt sind ein Durchlass für Luft 10b und zwei Durchlässe für Brennstoff 11b vorgesehen. Dabei führt die Kathodenabgasleitung 24

von dem Kathodenabschnitt 3 mittelbar über die Endplatte 5 durch den Durchlass für Luft 10b zum Reformer 13 und zum Kathodenwärmetauscher 15 in der Gasverteilungsplatte 7. Die Anodenabgasleitung 25 führt mittelbar über die Endplatte 5 zum Reformer 13.

Zum mittelbaren Führen der Kathodenzuführleitung 24 und der Anodenzuführleitung 25 in Richtung des Brennstoffzellestapelabschnittes 2 sowie Abführen vom Brennstoffzellenstapelabschnitt 2 des Kathodenabgases in der Kathodenabgasleitung 26a und des Anodenabgases in der Anodenabgasleitung 26b weist die Endplatte mehrere Durchlässe 8a, 8b, 9a, 9b auf. Dabei ist ein Durchlass 8s zum Verbinden der Kathodenzuführleitung 24 mit dem Kathodenabschnitt 3 und ein Durchlass 9a zum Verbinden der Anodenzuführleitung 25 mit dem Anodenabschnitt 4 vorgesehen. Weiter sind zwei Durchlässe 9b zum Abführen von Anodenabgas und ein Durchlass 8b zum Abführen von Kathodenabgas vorgesehen.

In Fig. 2 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems 1 gezeigt. Diese entspricht in vielen Teilen dem Brennstoffzellensystem 1 gemäß Fig. 1, weshalb auf eine erneute Beschreibung der Komponenten und Funktionen, welche jenen der Fig. 1 entsprechen, verzichtet wird. Im Unterschied zum Brennstoffzellensystem 1 gemäß Fig. 1 umfasst das in Fig. 2 gezeigte Brennstoffzellensystem 1 eine Anodenrezirkulationsleitung 28. Diese ist zu einem Teil in der Zwischenplatte 4 angeordnet, in welcher die Anodenrezirkulationsleitung 28 sich von der Anodenabgasleitung 26b abtrennt. Stromabwärts dieser Abtrennung tritt die Anodenrezirkulationsleitung 28 aus der Zwischenplatte 4 hinaus, da außerhalb der Platten eine ein Gebläse 30 zum Fördern eines Teils von Anodenabgas in Richtung des Reformers 13 angeordnet ist. Stromabwärts des Gebläses 30 führt die Anodenrezirkulationsleitung 28 in Richtung der Gasverarbeitungsplatte 7, wo Anodenabgas dem Reformer 13 zugeführt wird, um gegebenenfalls für die Reformierung notwendiges Wasser zur Verfügung zu stellen. Die Aufteilung des Anodenabgases zur Rezirkulation und zur Oxidation erfolgt also über ein Rezirkulationsgebläse 30.

Fig. 3 zeigt ein Blockdiagramm zur Darstellung eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems gemäß Fig. 2. Neben den bereits beschriebenen Funktionen und Elemente ist hier auch gezeigt, dass Brennstoffzellenstapelabgas, welches vollständig verbrannt ist und die gesamte Wärme an in der Gasverarbeitungsplatte 7

angeordnete Komponenten abgegeben hat, an die Umgebung 31 abgegeben wird. Zudem sind ein Startbrenner 18 und ein Verdampfer 21 vorgesehen. Der Startbrenner 18 und der Verdampfer 21 sind mit Vorteil außerhalb der Gasverarbeitungsplatte 7 und der Zwischenplatte 6 angeordnet. Ferner sind verschiedene Teilleitungen der Kathodenzuführleitung 24 und der Anodenzuführleitung 25 dargestellt, wobei eine darin geförderte Menge an Luft und Brennstoff über Ventile 33 regelbar ist. Zum Fördern des Brennstoffes in Richtung der Gasverarbeitungsplatte 7 ist eine Brennstoffpumpe 32 vorgesehen.

Durch die erfindungsgemäße Ausbildung des Brennstoffzellensystems 1 ist eine funktionelle Integration der Gasverarbeitungsplatte 7 in Strömungskanäle durch wärmetauschende Komponenten und katalytische Beschichtungen möglich. Mittels additiver Fertigung der Gasverarbeitungsplatte 7 erfolgt auch eine Strukturoptimierung.

Der Brennstoff wird der Anodenlinie in der Anodenzuführleitung 25 der Gasverarbeitungsplatte 7 bestehend aus dem Wärmetauscher 16 gasförmig und überhitzt zugeführt. Der Brennstoff strömt über den Wärmetauscher 16 und erhitzt sich dabei. Gleichzeitig wird durch die eingesetzte katalytische Beschichtung die Umwandlung des Brennstoffs auf ein wasserstoffreiches Gas durchgeführt. Die Umwandlung kann je nach Betriebsstrategie endotherm, autotherm oder exotherm sein. Dampfreformierung kann dabei durch das im Brennstoff beigemengte Wasser oder durch die Anodengasrezirkulation erfolgen. Für die Umwandlung mittels katalytischer partieller Oxidation ist neben der Injektion des Brennstoffs zur Anodenlinie auch eine Luftzufuhr vorgesehen. Nach der Umwandlung des Brennstoffs kann das Reformatgas dem Brennstoffzellenstapel 2 direkt zugeführt werden oder noch eine weitere Temperaturanpassung mit dem Kathodengas erfolgen. Die benötigte Wärme für die Dampfreformierung kommt aus dem Abgas Brennstoffzellenstapels 2, was Gemisch aus Anoden- und Kathodenabgas ist. Die Oxidation findet dabei direkt im Wärmetauscher 16 statt, da auch hier eine katalytische Beschichtung vorgesehen ist.

Die Aufteilung des Anodenabgases zur Rezirkulation und zur Oxidation erfolgt über das Rezirkulationsgebläse 30, welche das Aufteilungsverhältnis festlegt. Die Teilung der Kanäle erfolgt dabei in der Zwischenplatte 6 oder im Falle einer Kombination mit der Endplatte 5, direkt in der Endplatte 5 des Brennstoffzellenstapels 2.

Auf der Kathodenlinie wird ebenfalls ein Wärmetauscher, der Kathodenwärmetauscher 15 eingesetzt welcher allerdings nur abgasseitig beschichtet ist. Die mit Hilfe des Kathodenabgases aufgeheizte Kathodenluft kann somit direkt dem Brennstoffzellenstapel 2 zugeführt werden. Wieviel Kathodenabgas zur Anodenlinie zur Oxidation des Anodengases und wieviel zu Kathodenlinie strömt, wird über externe Drosselklappen im Abgasstrang geregelt. Sollte die Kathodenluft zu heiß sein, kann sie mittels der Zuführleitung 12 für Luft, welche am Kathodenwärmetauscher 15 vorbeigeführt wird, gekühlt werden. Die Mischung erfolgt dabei in der Zwischenplatte 6, direkt vor dem Eintritt in den Brennstoffzellenstapel 2 oder bei Kombination, direkt in der Endplatte 5 des Brennstoffzellenstapels 2. Sollte mehr Energie zum Aufheizen der Kathodenlinie nötig sein, kann über den extern angeordneten Startbrenner 18 zugeheizt oder Brennstoff auf die Abgasseite des Kathodenwärmetauschers 15 eingespritzt werden, um dort mit dem Kathodenabgas zu oxidieren.

Das Abgas der Kathoden- und der Anodenlinie kann nach Verlassen des Kathodenwärmetauschers 15 dem Verdampfer 21 Verdampfen des Brennstoffes eingesetzt werden. Der Verdampfer 21 kann extern sitzen oder voll in die Gasverarbeitungsplatte integriert sein.

Der externe Startbrenner 18 ist ein katalytischer Brenner, welchem Luft und Brennstoff zugeführt werden. Dieser ist zweistufig oder auf Grund der bereits vorliegenden oxidativen katalytischen Beschichtung auf der Abgasseite der Wärmetauscher Komponenten 1-stufig mit einer weiteren Einspritzung/Zufuhr ins Startbrennerabgas ausgeführt werden.

Um das Brennstoffzellensystem 1 auf Betriebstemperatur zu bringen, heizt der Startbrenner 18 diese auf. Dabei strömt das Startbrennerabgas in die Zwischenplatte 6 oder zur mit der Zwischenplatte 6 kombinierten Endplatte 5. Dort mischt es sich im Kathodenauslass mit dem Kathodenabgas des Brennstoffzellenstapels 2 und strömt gemeinsam über die Abgasseite der Anoden- und Kathodenlinie. Sobald die „Light-off“ Temperaturen der katalytischen Beschichtungen erreicht sind kann Brennstoff über die Anodenlinie fließen. Durch partielle Oxidation kann somit der Brennstoffzellenstapel 2 nun auch mit heißem Schutzgas durchströmt werden und beschleunigt dadurch den Aufheizvorgang und schützt gleichzeitig die Anode vor einer Oxidation.

Zusammengefasst hat die Systemarchitektur des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems 1 folgende Vorteile:

- Funktionelle Integration zur Einsparung von Komponenten: Es wird sowohl Bauraum als auch Material eingespart, wodurch in weiterer Folge auch eine Aufheizzeit reduziert ist;
- Höherer Wirkungsgrad bei der Wärmeübertragung durch die großen Flächen und direkten Beschichtung des Wärmetauschers 16 und des Kathodenwärmetauschers 15;
- Durch Einsatz von additiver Fertigung (3-D-Druck) wird eine weitere Leistungssteigerung durch die kompakte Bauweise erreicht. Zudem führt die Strukturoptimierung zu einem niedrigen Druckverlust ;
- Durch die kompakte Anordnung der Gasverarbeitungsplatte 7 und des Brennstoffzellenstapels ist eine weniger komplexe Wärmeisolation mittels Boxdesign möglich.

Patentansprüche

1. Brennstoffzellensystem (1), insbesondere ein SOFC-System, wobei das Brennstoffzellensystem (1) stapelartig aufgebaut ist, umfassend:

- zumindest einen Brennstoffzellenstapel (2) mit einem Kathodenabschnitt (3) und einem Anodenabschnitt (4),
- zumindest eine Endplatte (5),
- zumindest eine Zwischenplatte (6),
- zumindest eine Gasverarbeitungsplatte (7),

wobei die Zwischenplatte (6) zumindest bereichsweise über der Gasverarbeitungsplatte (7), die Endplatte (5) zumindest bereichsweise über der Zwischenplatte (6) und der Brennstoffzellenstapel (2) zumindest bereichsweise über der Endplatte (5) angeordnet ist.

2. Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Brennstoffzellenstapel (2), die Endplatte (5), die Zwischenplatte (6) und die Gasverarbeitungsplatte (7) insbesondere kraftschlüssig miteinander verbunden sind.

3. Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Gasverarbeitungsplatte (7) und die Zwischenplatte (6) die selbe oder annähernd die selbe Querschnittsfläche aufweisen.

4. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Endplatte (5) zumindest einen ersten Durchlass (8a) für ein sauerstoffhaltiges Fluid und einen zweiten Durchlass (9a) für reformierten Brennstoff aufweist, wobei die Endplatte (5) insbesondere als integrales Element des Brennstoffzellenstapels (2) ausgebildet ist.

5. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenplatte (6) zumindest einen ersten Durchlass (10) für ein sauerstoffhaltiges Fluid, einen zweiten Durchlass (11) für reformierten Brennstoff aufweist und eine Zuführleitung (12) von einem weiteren sauerstoffhaltigen Fluid aufweist.

6. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Gasverarbeitungsplatte (7) einen Reformer (13), einen

Nachbrenner (14) und zumindest einen Kathodenwärmetauscher (15) umfasst, wobei die Gasverarbeitungsplatte (7) eine Hotbox bildet.

7. Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Reformer (13) als Teil eines beschichteten Wärmetauschers (16) ausgebildet ist, wobei ein zu reformierender Brennstoff eine kalte Seite des Wärmetauschers (16) durchströmt.

8. Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Nachbrenner (14) als Teil des beschichteten Wärmetauschers (16) ausgebildet ist, wobei Brennstoffzellenstapelabgas eine warme Seite des Wärmetauschers (16) durchströmt.

9. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Reformer (13) zumindest eine, insbesondere zwei, Brennstoffeinlass (17) für gasförmigen Brennstoff aufweist.

10. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein Startbrenner (18) vorgesehen ist.

11. Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine warme Seite des Kathodenwärmetauschers (15) als zweiter Bereich (19) des Startbrenners (18) ausgebildet ist, wobei zwischen einem ersten Bereich und dem zweiten Bereich (19) des Startbrenners (18) Brennstoff zuführbar ist.

12. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass ein Verdampfer (21) vorgesehen ist.

13. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Endplatte (5) und die Zwischenplatte (6) als integrales Element ausgebildet sind.

14. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass eine Luftquelle (22) und eine Brennstoffquelle (23) vorgesehen sind, wobei sauerstoffhaltiges Fluid von einem in einer Kathodenzuführleitung (24) angeordnetem Gebläse (20) in Richtung eines Kathodenwärmetauschers (15) förderbar ist.

15. Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Anodenzuführleitung (25) vorgesehen ist, wobei über die

Anodenzuführleitung (25) Brennstoff stromabwärts der Brennstoffquelle (23) in Richtung des Verdampfers (21), stromabwärts des Verdampfers (21) in Richtung der Gasverarbeitungsplatte (7), stromabwärts der Gasverarbeitungsplatte (7) in Richtung der Zwischenplatte (6) und der Endplatte (5) und stromabwärts der Endplatte (5) als verdampfter und reformierter Brennstoff dem Anodenabschnitt (4) zuführbar ist.

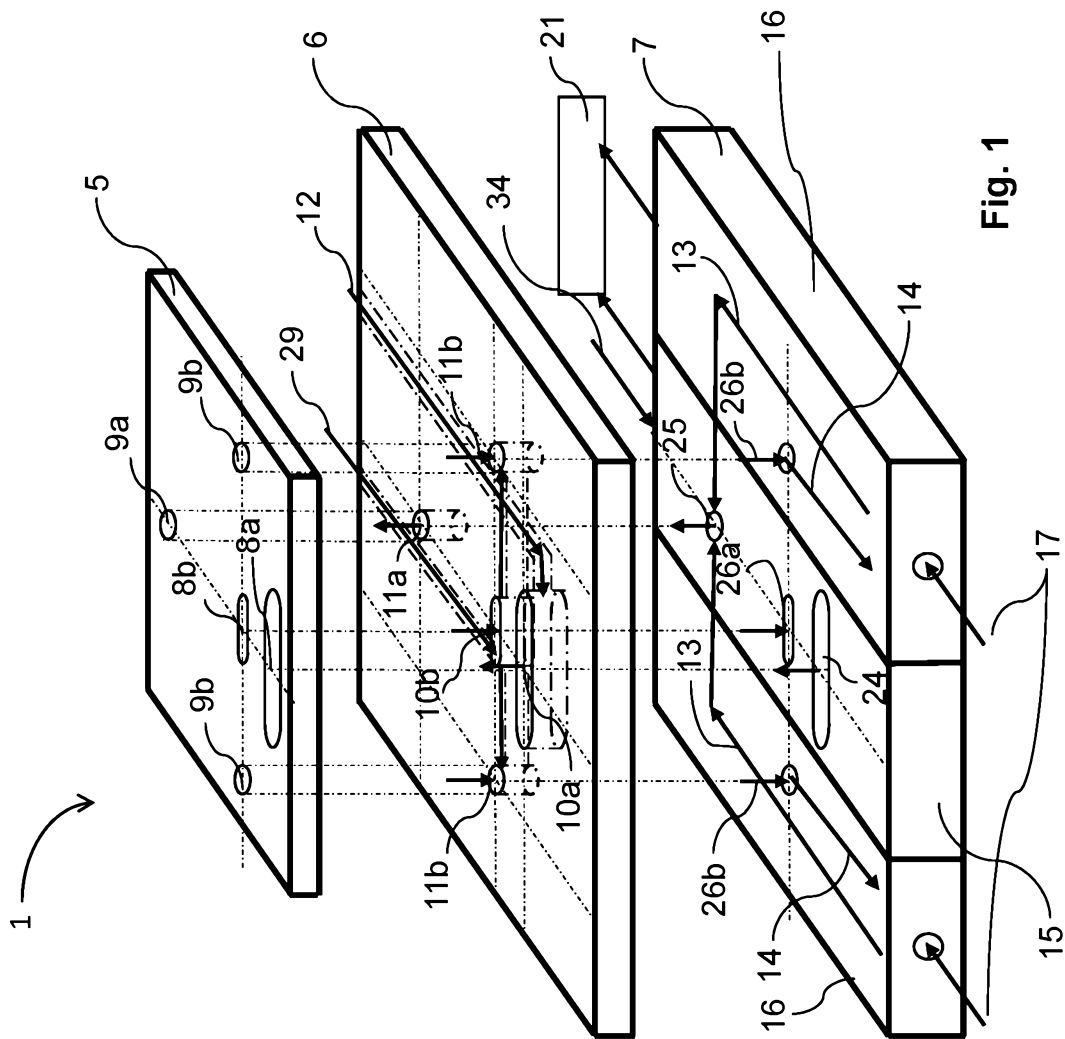
16. Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass stromabwärts des Brennstoffzellenstapels (2) insbesondere in Zwischenplatte (6) zumindest eine Abgasleitung (26) vorgesehen ist, wobei in dieser Anodenabgas und Kathodenabgas zu Brennstoffzellenstapelabgas zusammenführbar ist, wobei das Brennstoffzellenstapelabgas stromabwärts des Brennstoffzellenstapels (2) und die Endplatte (5) durch die Zwischenplatte (6) in Richtung des Nachbrenners (14) und stromabwärts des Nachbrenners (14) in Richtung des Verdampfers (21) führbar ist.

17. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Kathodenzuführleitung (24) vorgesehen ist, wobei über die Kathodenzuführleitung (24) sauerstoffhaltiges Fluid stromabwärts der Luftquelle (22) in Richtung des Kathodenwärmetauscher und stromabwärts des Kathodenwärmetauscher (15) dem Kathodenabschnitt (3) zuführbar ist.

18. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass eine Anodenrezirkulationsleitung (28) vorgesehen ist.

19. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Gasverarbeitungsplatte (7) zumindest teilweise additiv gefertigt ist.

20. Verwendung eines Brennstoffzellensystems (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 19 zur Bereitstellung von elektrischer Energie in einem Kraftfahrzeug.



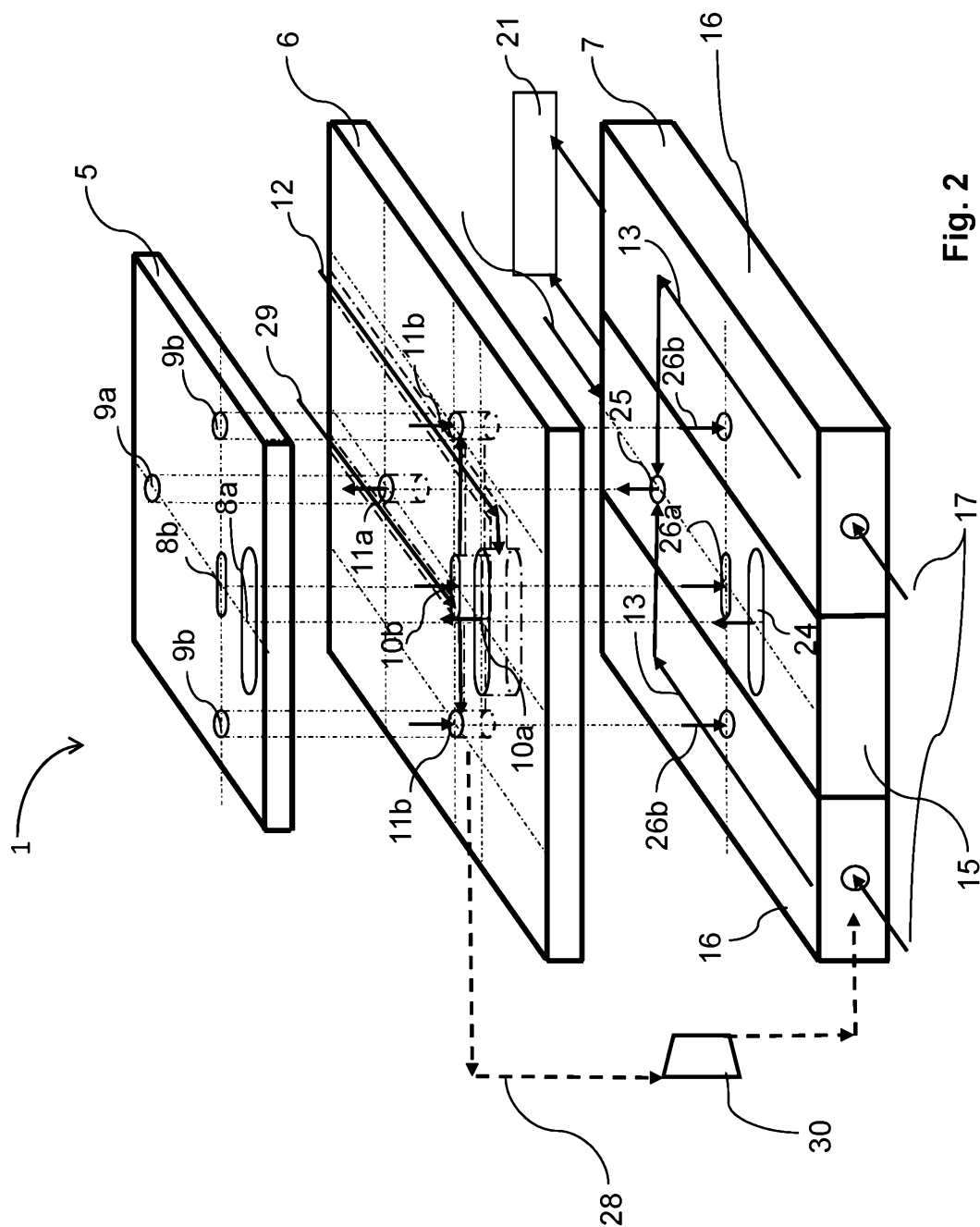


Fig. 2

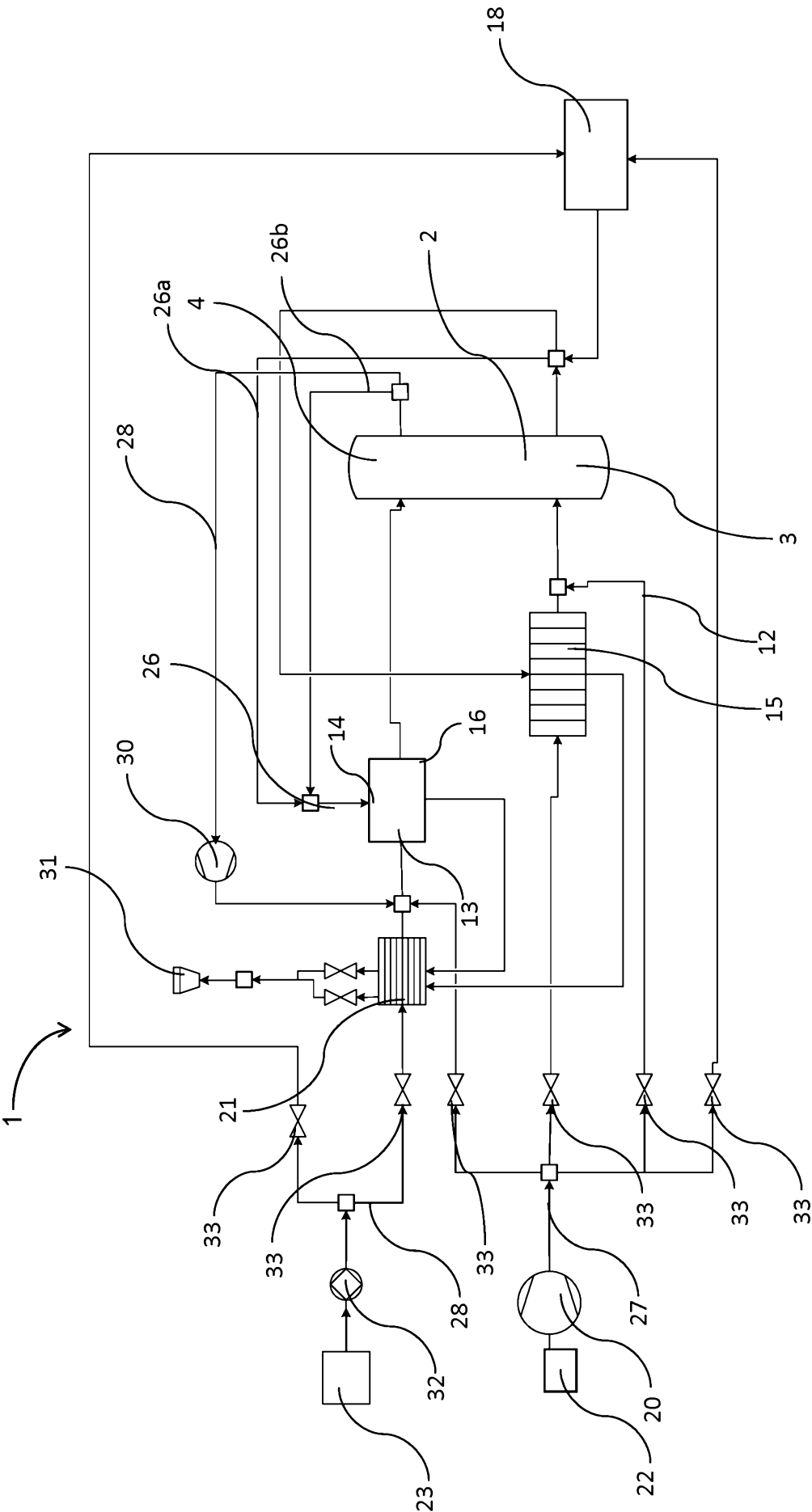


Fig. 3



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

H01M 8/04007 (2016.01); H01M 8/12 (2016.01); H01M 8/24 (2016.01); H01M 8/1246 (2016.01); H01M 8/0258 (2016.01); H01M 8/06 (2016.01); H01M 8/124 (2016.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

H01M 8/04007 (2016.02); H01M 8/04074 (2016.02); H01M 8/12 (2013.01); H01M 8/24 (2016.02); H01M 8/1246 (2016.02); H01M 8/0258 (2016.02); H01M 8/06 (2016.02); H01M 2008/1293 (2016.02)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

H01M

Konsultierte Online-Datenbank:

EPODOC

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 19.03.2018 eingereichten Ansprüchen 1-20 erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	US 2009053569 A1 (PERRY et al.) 26. Februar 2009 (26.02.2009) gesamtes Dokument; insbes. Fig. 1B	1-20
A	WO 2007087240 A2 (BLOOM ENERGY CORP) 02. August 2007 (02.08.2007) gesamtes Dokument; insbes. Fig. 2	1-20

Datum der Erstellung:

22.03.2019

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

HUNGER Ursula

^{*)} 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), insbesondere ein SOFC-System, wobei das Brennstoffzellensystem (1) stapelartig aufgebaut ist, umfassend zumindest einen Brennstoffzellenstapel (2) mit einem Kathodenabschnitt (3) und einem Anodenabschnitt (4), zumindest eine Endplatte (5) und zumindest eine Gasverarbeitungsplatte (7), wobei der Brennstoffzellenstapel (2) zumindest bereichsweise über der Endplatte (5) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Zwischenplatte (6) vorgesehen ist, wobei die Zwischenplatte (6) zumindest bereichsweise über der Gasverarbeitungsplatte (7) und die Endplatte (5) zumindest bereichsweise über der Zwischenplatte (6) angeordnet ist.
2. Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Brennstoffzellenstapel (2), die Endplatte (5), die Zwischenplatte (6) und die Gasverarbeitungsplatte (7) insbesondere kraftschlüssig miteinander verbunden sind.
3. Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Gasverarbeitungsplatte (7) und die Zwischenplatte (6) die selbe oder annähernd die selbe Querschnittsfläche aufweisen.
4. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Endplatte (5) zumindest einen ersten Durchlass (8a) für ein sauerstoffhaltiges Fluid und einen zweiten Durchlass (9a) für reformierten Brennstoff aufweist, wobei die Endplatte (5) insbesondere als integrales Element des Brennstoffzellenstapels (2) ausgebildet ist.
5. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenplatte (6) zumindest einen ersten Durchlass (10) für ein sauerstoffhaltiges Fluid, einen zweiten Durchlass (11) für reformierten Brennstoff aufweist und eine Zuführleitung (12) von einem weiteren sauerstoffhaltigen Fluid aufweist.
6. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Gasverarbeitungsplatte (7) einen Reformer (13), einen Nachbrenner (14) und zumindest einen Kathodenwärmetauscher (15) umfasst, wobei die Gasverarbeitungsplatte (7) eine Hotbox bildet.
7. Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Reformer (13) als Teil eines beschichteten Wärmetauschers (16) ausgebildet ist,

wobei ein zu reformierender Brennstoff eine kalte Seite des Wärmetauschers (16) durchströmt.

8. Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Nachbrenner (14) als Teil des beschichteten Wärmetauschers (16) ausgebildet ist, wobei Brennstoffzellenstapelabgas eine warme Seite des Wärmetauschers (16) durchströmt.

9. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Reformer (13) zumindest einen, insbesondere zwei, Brennstoffeinlass (17) für gasförmigen Brennstoff aufweist.

10. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein Startbrenner (18) vorgesehen ist.

11. Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine warme Seite des Kathodenwärmetauschers (15) als zweiter Bereich (19) des Startbrenners (18) ausgebildet ist, wobei zwischen einem ersten Bereich und dem zweiten Bereich (19) des Startbrenners (18) Brennstoff zuführbar ist.

12. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass ein Verdampfer (21) vorgesehen ist.

13. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Endplatte (5) und die Zwischenplatte (6) als integrales Element ausgebildet sind.

14. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass eine Luftquelle (22) und eine Brennstoffquelle (23) vorgesehen sind, wobei sauerstoffhaltiges Fluid von einem in einer Kathodenzuführleitung (24) angeordnetem Gebläse (20) in Richtung eines Kathodenwärmetauschers (15) förderbar ist.

15. Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Anodenzuführleitung (25) vorgesehen ist, wobei über die Anodenzuführleitung (25) Brennstoff stromabwärts der Brennstoffquelle (23) in Richtung des Verdampfers (21), stromabwärts des Verdampfers (21) in Richtung der Gasverarbeitungsplatte (7), stromabwärts der Gasverarbeitungsplatte (7) in Richtung

der Zwischenplatte (6) und der Endplatte (5) und stromabwärts der Endplatte (5) als verdampfter und reformierter Brennstoff dem Anodenabschnitt (4) zuführbar ist.

16. Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass stromabwärts des Brennstoffzellenstapels (2) insbesondere in Zwischenplatte (6) zumindest eine Abgasleitung (26) vorgesehen ist, wobei in dieser Anodenabgas und Kathodenabgas zu Brennstoffzellenstapelabgas zusammenführbar ist, wobei das Brennstoffzellenstapelabgas stromabwärts des Brennstoffzellenstapels (2) und die Endplatte (5) durch die Zwischenplatte (6) in Richtung des Nachbrenners (14) und stromabwärts des Nachbrenners (14) in Richtung des Verdampfers (21) führbar ist.

17. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Kathodenzuführleitung (24) vorgesehen ist, wobei über die Kathodenzuführleitung (24) sauerstoffhaltiges Fluid stromabwärts der Luftquelle (22) in Richtung des Kathodenwärmetauscher und stromabwärts des Kathodenwärmetauscher (15) dem Kathodenabschnitt (3) zuführbar ist.

18. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass eine Anodenrezirkulationsleitung (28) vorgesehen ist.

19. Brennstoffzellensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Gasverarbeitungsplatte (7) zumindest teilweise additiv gefertigt ist.

20. Verwendung eines Brennstoffzellensystems (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 19 zur Bereitstellung von elektrischer Energie in einem Kraftfahrzeug.