

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50884/2017
(22) Anmeldetag: 22.10.2017
(43) Veröffentlicht am: 15.05.2019

(51) Int. Cl.: **H01M 8/04223** (2016.01)
H01M 8/0612 (2016.01)
H01M 8/0662 (2016.01)
F23C 6/04 (2006.01)
F23C 13/04 (2006.01)
H01M 8/124 (2016.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 2336083 A1
WO 2008091801 A2
EP 1465274 A2
EP 2407224 A1

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

(72) Erfinder:
Holthaus Lorenzo
8010 Graz (AT)
Reiter Bernd BSc
8010 Kainbach bei Graz (AT)
Reissig Michael Dipl.Ing. (FH)
8073 Seiersberg/Pirka (AT)
Leipold Dominic BSc
8020 Graz (AT)
Krauss Thomas Dipl.Ing.
8010 Graz (AT)
Steiner Sepp Dipl.Ing.
8045 Graz (AT)
Vötter Rene
8010 Graz (AT)

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

(54) **Brenner für ein Brennstoffzellensystem mit zwei Reaktionskammern**

(57) Die Erfindung betrifft einen Brenner (1) für ein Brennstoffzellensystem (100), insbesondere ein SOFC-System, wobei der Brenner (1) als Startbrenner und/oder Nachbrenner ausgebildet und angeordnet ist, umfassend einen ersten Betriebsfluidleitabschnitt (2) und einen zweiten Betriebsfluidleitabschnitt (3), wobei der Brenner (1) zwei nacheinander angeordnete und jeweils einen Kammereingang (4a, 4b) und einen Kammerausgang (5a, 5b) aufweisende Reaktionskammern (6, 7) umfasst, wobei in Strömungsrichtung ein Kammereingang (4b) einer zweiten Reaktionskammer (7) auf einen Kammerausgang (5a) einer ersten Kammer Reaktionskammer (6) folgt, wobei die Reaktionskammern (6, 7) jeweils ein katalytisches Material (18) aufweisen. Weiter betrifft die Erfindung eine Verwendung eines solchen Brenners (1) und ein Brennstoffzellensystem mit einem solchen Brenner (1). Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems mit einem solchen Brenner (1).

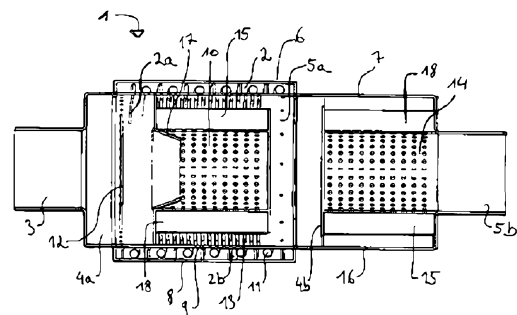


Fig. 3

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen Brenner (1) für ein Brennstoffzellensystem (100), insbesondere ein SOFC-System, wobei der Brenner (1) als Startbrenner und/oder Nachbrenner ausgebildet und angeordnet ist, umfassend einen ersten Betriebsfluidleitabschnitt (2) und einen zweiten Betriebsfluidleitabschnitt (3), wobei der Brenner (1) zwei nacheinander angeordnete und jeweils einen Kammereingang (4a, 4b) und einen Kammerausgang (5a, 5b) aufweisende Reaktionskammern (6, 7) umfasst, wobei in Strömungsrichtung ein Kammereingang (4b) einer zweiten Reaktionskammer (7) auf einen Kammerausgang (5a) einer ersten Kammer Reaktionskammer (6) folgt, wobei die Reaktionskammern (6, 7) jeweils ein katalytisches Material (18) aufweisen.

Weiter betrifft die Erfindung eine Verwendung eines solchen Brenners (1) und ein Brennstoffzellensystem mit einem solchen Brenner (1).

Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems mit einem solchen Brenner (1).

Fig. 3

Brenner für ein Brennstoffzellensystem mit zwei Reaktionskammern

Die Erfindung betrifft einen Brenner für ein Brennstoffzellensystem, insbesondere ein SOFC-System, wobei der Brenner als Startbrenner und/oder Nachbrenner ausgebildet und angeordnet ist, umfassend einen ersten Betriebsfluidleitabschnitt und einen zweiten Betriebsfluidleitabschnitt.

Weiter betrifft die Erfindung eine Verwendung eines solchen Brenners.

Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Brennstoffzellensystem mit einem solchen Brenner.

Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems.

Brenner für Brennstoffzellensysteme sind aus dem Stand der Technik bekannt. Insbesondere bei SOFC-Systemen, welche mit flüssigem Brennstoff wie Diesel oder Ethanol bzw. einem Ethanol-Wasser-Gemisch betrieben werden, kann es notwendig sein, den flüssigen Brennstoff in einem ersten Schritt zu verdampfen und zu reformieren. Insbesondere bei einer Verwendung von wasserhaltigem Ethanol ist es aufgrund des hohen Wassergehaltes (etwa 55 %) schwierig bis unmöglich, den Brennstoff in einem Flammenbrenner, welcher beispielsweise bei Brennstoffzellensystemen, welche mit Diesel betrieben werden, eingesetzt wird, zu verbrennen.

Weiter ist es notwendig, das Brennstoffzellensystem bei einem Kaltstart auf eine Betriebstemperatur zu erhitzen, wofür üblicherweise ein sogenannter Startbrenner vorgesehen ist. Darüber hinaus ist üblicherweise auch ein Nachbrenner notwendig, um Abgas aus einem Anodenabschnitt vollständig zu verbrennen. Folglich sind in bekannten Brennstoffzellensystemen zumeist ein Startbrenner und ein Nachbrenner vorgesehen.

Unter dem Startbrenner ist üblicherweise ein Startbrenner zum Erwärmen eines Nachbrenners des Brennstoffzellensystems, der wiederum zum Erwärmen eines Reformers des Brennstoffzellensystems bereitgestellt ist, zu verstehen. Bei einem Kaltstart des Brennstoffzellensystems, wenn der Nachbrenner noch kalt ist und somit nicht zum Erwärmen eines Reformers des Brennstoffzellensystems geeignet ist, kann durch den Startbrenner der Nachbrenner vorgeheizt werden. Sobald der

Nachbrenner durch den Betrieb des Brennstoffzellensystems auf Betriebstemperatur ist, kann der Startbrenner deaktiviert werden.

Aus der DE 102 37 744 A1 geht beispielweise ein Brennstoffzellensystem mit einem Startbrenner hervor, der in einem Brennergehäuse eingebaut ist. In dem Brennergehäuse kann Bypass-Luft außen am Startbrenner entlang strömen, bevor sie zusammen mit aus dem Startbrenner austretendem Heißgas in eine Mischzone eintritt. In der Mischzone wird die Bypass-Luft möglichst homogen mit dem Heißgas vermischt, um als temperaturgeregelter Heißgasstrom auszutreten und das Brennstoffzellensystem zu erwärmen.

Ferner ist aus der DE 10 2006 048 984 A1 eine Verwendung einer Brennervorrichtung in einem Brennstoffzellensystem bekannt. Die Brennervorrichtung kann als Nachbrenner betrieben werden, wobei einer Mischungszone über eine Brenngaszuleitung Anodenabgas einer Brennstoffzelle oder eines Brennstoffzellenstapels zuführbar ist. Die Brennervorrichtung kann weiter während einer Startphase des Brennstoffzellensystems als Startbrenner arbeiten, indem das der Brennervorrichtung zugeführte Verbrennungsgemisch auch in Abwesenheit einer Zuführung von Anodenabgas verbrannt wird. Allerdings geht aus dieser Druckschrift nicht hervor, wie insbesondere ein mit einem flüssigen Brennstoff betriebenes Brennstoffzellensystem effizient auf Betriebstemperatur gebracht werden kann.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Effizienz eines Brenners der eingangs genannten Art zu steigern, durch welchen es gleichzeitig möglich ist, die Komponentenzahl eines Brennstoffzellensystems zu reduzieren.

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

Weiter ist es ein Ziel, ein Brennstoffzellensystem mit einem solchen Brenner anzugeben.

Ferner ist es ein Ziel ein verbessertes Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems anzugeben.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass ein Brenner der eingangs genannten Art zwei nacheinander angeordnete und jeweils einen Kammereingang und einen Kammerausgang aufweisende Reaktionskammern umfasst, wobei in Strömungsrichtung ein Kammereingang einer zweiten Reaktionskammer auf einen

Kammerausgang einer ersten Kammer Reaktionskammer folgt wobei die Reaktionskammern jeweils ein katalytisches Material aufweisen.

Ein damit erzielter Vorteil ist insbesondere darin zusehen, dass ein derart ausgebildeter Brenner sowohl als Startbrenner als auch als Nachbrenner ausgebildet und angeordnet ist oder sein kann. Das heißt, ein einziges Bauteil funktioniert gleichzeitig als Startbrenner und als Nachbrenner, abhängig von einem Betriebszustand eines Brennstoffzellensystems, in welchem der Brenner angeordnet ist. Der Brenner ist als zweistufiger Brenner ausgebildet, wobei die erste Reaktionskammer eine erste Stufe und die zweite Reaktionskammer eine zweite Stufe bildet. Das erste Betriebsfluid und/oder zweite Betriebsfluid kann im erfindungsgemäßen Brenner einerseits verdampft sowie zumindest teilweise reformiert und andererseits auch vollständig verbrannt sowie auf eine notwendige oder vordefinierte Temperatur erhitzt werden. Ein Prozessgas, welches aus dem Brenner austritt, weist durch die zweistufige Ausführung desselben eine genügend hohe Temperatur auf, um über einen oder mehrere Wärmetauscherelemente Brennstoff sowie Luft bzw. Betriebsfluide für einen Brennstoffzellenstapel auf eine Betriebstemperatur zu erhitzen. Ferner ist im Brenner Brennstoffzellenabgas, welches aus einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt aus dem Brennstoffzellenstapel austritt, vollständig nachverbrennbar, wobei ein separater Nachbrenner somit entbehrlich ist, da der Brenner in einem einzigen Brennstoffzellensystem als Startbrenner und Nachbrenner nutzbar ist. Der erfindungsgemäße Brenner ermöglicht also einen Verzicht auf ein Element in einem Brennstoffzellensystem, da dieser zwei Elemente vereint.

Gemäß eines ersten Aspekts der vorliegenden Erfindung wird ein Brenner für ein Brennstoffzellensystem, insbesondere für ein SOFC-System (SOFC steht für „solid oxide fuel cell“, bzw. Festoxidbrennstoffzelle), zur Verfügung gestellt. Ein derartiges Brennstoffzellensystem kann beispielsweise mit flüssigem Brennstoff betrieben werden.

Der Brenner ist insbesondere dazu ausgebildet, flüssigen Brennstoff katalytisch zu verbrennen, wofür beide Reaktionskammern jeweils ein katalytisches Material umfassen. Das Konzept des Brenners ermöglicht durch die Vorverdampfung und teilweise Vorreformierung des Brennstoffs insbesondere eine Verwendung eines Ethanol-Wasser-Gemisches als Brennstoff, welches bekanntlich aufgrund seines

hohen Wasseranteiles schwierig zu verdampfen und in weiterer Folge zu verbrennen ist. Dadurch ist es möglich, den stark wasserhaltigen Brennstoff, welcher für Dampfreformierung ohne nötige Rezirkulation auf der Anodenseite angedacht ist, auch für den Startvorgang zu verwenden. Ist der erfindungsgemäße Brenner in einem Brennstoffzellensystem angeordnet, kann dieses jedoch ohne Weiteres mit einem flüssigen Brennstoff-Wasser-Gemisch wie mit einem Ethanol-Wasser-Gemisch betrieben werden.

Der erste Betriebsfluidleitabschnitt ist insbesondere als Bestandteil der ersten Reaktionskammer angeordnet und dazu ausgebildet, dem Brenner bzw. der ersten Reaktionskammer ein erstes Betriebsfluid zuzuleiten. Arbeitet der Brenner als Startbrenner ist der zweite Betriebsfluidleitabschnitt dazu ausgebildet, dem Brenner Luft zuzuführen. Nimmt der Brenner die Funktion eines Nachbrenners ein, so fließt im ersten Betriebsfluidleitabschnitt bei einer Ausführungsvariante kein Betriebsfluid, wohingegen im zweiten Betriebsfluidleitabschnitt Anodenabgas oder Brennstoffzellenabgas (Anodenabgas und Kathodenabgas) fließt, welches dem Brenner zugeführt wird, um dieses vollständig zu verbrennen. Da Kathodenabgas insbesondere ausschließlich Luft ist, wird das Anodenabgas im Brenner mit dem Kathodenabgas verbrannt. Im Fall zu hoher Temperatur im Betrieb des Brenners als Nachbrenner, kann es günstig sein, dem Brenner zusätzlich Luft zuzuführen.

Es kann bei einer weiteren Ausführungsvariante auch günstig sein, wenn im Betrieb des Brenners als Nachbrenner im ersten Betriebsfluidleitabschnitt das erste Betriebsfluid geführt wird. Die unten stehenden Reaktionen erfolgen dann analog zum Betrieb als Startbrenner, nur dass das zweite Betriebsfluid nicht Luft sondern Anodenabgas oder Brennstoffzellenabgas ist. Das erste Betriebsfluid ist bevorzugt ein flüssiges Brennstoff-Wasser-Gemisch, insbesondere ein Ethanol-Wasser-Gemisch.

Die beiden Reaktionskammern des Brenners schließen insbesondere unmittelbar aneinander an, sodass der Kammerausgang einer ersten Reaktionskammer an den Kammereingang der zweiten Reaktionskammer anschließt. Die beiden Reaktionskammern werden nacheinander von einem Gemisch aus Luft und einem Brennstoff-Wasser-Gemisch oder Brennstoffzellenabgas durchflossen; die zweite Reaktionskammer ist also stromabwärts der ersten Reaktionskammer angeordnet. Sie sind also in Strömungsrichtung nacheinander anschließend angeordnet.

Günstig ist es, wenn die Reaktionskammern jeweils zumindest abschnittsweise rotationssymmetrisch ausgebildet sind, wobei diese jeweils zumindest zwei insbesondere zylindrische Schichten umfassen. Besonders bevorzugt sind die Reaktionskammern jeweils zumindest abschnittsweise hohlzylindrisch ausgebildet. Die zylindrischen Schichten sind dabei insbesondere koaxial ineinander gesteckt oder zueinander angeordnet. Zwischen den zylindrischen Schichten können sich dadurch Kammern ausbilden.

Von Vorteil ist es, wenn eine erste Reaktionskammer eine elektrische Heizeinrichtung umfasst. Dadurch ist der Brenner bei einer Startphase des Brenners elektrisch vorheizbar. Insbesondere ist das elektrische Heizmittel zum Erwärmen des ersten Betriebsfluides ausgebildet, besonders bevorzugt ist das Heizmittel ausschließlich zum Erwärmen, Verdampfen und/oder Reformieren des ersten Betriebsfluides bei einer Aufwärmphase des als Startbrenner funktionierenden Brenners ausgebildet. Das erste Betriebsfluid, welches als Brennstoff oder als Brennstoff-Wasser-Gemisch vorliegt, ist folglich nicht nur vorheizbar, sondern auch verdampfbar und bis zu einem gewissen vorbestimmten Grad vorreformierbar. Dadurch ist der Brenner bei einer Verwendung als Startbrenner besonders effektiv betreibbar. Bei einem Aufheizbetrieb kann die elektrische Heizeinrichtung zum Beispiel für einen Zeitraum von etwa 2 min bis 10 min in Betrieb sein. Bei einer Verwendung des Brenners als Nachbrenner wird das elektrische Heizmittel in der Regel nicht verwendet. Die elektrische Unterstützung zur Verdampfung und Reformierung kann zwar grundsätzlich in einer externen Komponente durchgeführt werden, jedoch ist eine Integration dieser Funktion aus Platzgründen anzustreben.

Dabei ist es vorteilhaft, wenn eine erste, radial äußerste zylindrische Schicht der ersten Reaktionskammer als Verdampfungshülle ausgebildet ist, wobei die elektrische Heizeinrichtung zwischen der Verdampfungshülle und einer zweiten zylindrischen Schicht verlaufend und insbesondere zumindest teilweise spiralförmig um eine zweite zylindrische Schicht verlaufend angeordnet ist. Dadurch ist das Heizmittel besonders platzsparend im Startbrenner angeordnet. Radial zwischen der Verdampfungshülle und der zweiten zylindrischen Schicht ist mit Vorteil eine Verdampfungskammer ausgebildet. Die Verdampfungshülle umschließt die Verdampfungskammer radial außen. Die in der Verdampfungskammer ablaufenden Reaktionen (verdampfen und vorreformieren des ersten Betriebsfluides) können als Vorstufe oder Unterstufe der ersten Stufe des Brenners verstanden werden. Das

Heizmittel führt insbesondere über eine annähernd gesamte axiale Länge der ersten Reaktionskammer spiralförmig um die zweite zylindrische Schicht; es bildet eine Heizspirale aus. Im Rahmen der Erfindung sind unter allen zylindrischen Schichten sofern nicht eindeutig anders beschrieben hohlzylindrische Schichten zu verstehen.

Zweckmäßig ist es, wenn der erste Betriebsfluidleitabschnitt zumindest teilweise spiralförmig um die zweite zylindrische Schicht verläuft. Insbesondere verläuft der dadurch ausgebildete spiralförmige erste Betriebsfluidleitabschnitt derart zwischen der gebildeten Heizspirale, dass die Heizspirale vom ersten Betriebsfluid umströmt wird. Dadurch ist das im ersten Betriebsfluidleitabschnitt geführte erste Betriebsfluid besonders effizient und in einer kurzen Zeitspanne erwärmbar. Das erste Betriebsfluid wird an einer Stelle in den spiralförmig verlaufenden ersten Betriebsfluidleitabschnitt eingeleitet, welcher näher am Kammereingang als am Kammereingang der ersten Reaktionskammer angeordnet ist. Der spiralförmige erste Betriebsfluidleitabschnitt endet etwa im Bereich des Kammereingangs der ersten Reaktionskammer, wo bei einem Betrieb des Brenners als Starbrenner das erste Betriebsfluid mit Luft vermischt und innerhalb einer radial innersten zylindrischen Schicht in die erste Reaktionskammer geleitet wird. Eine zurückzulegende Strecke des ersten Betriebsfluides im spiralförmig ausgebildeten ersten Betriebsfluidleitabschnitt ist folglich lang genug, um sicherzustellen, dass das erste Betriebsfluid nicht nur erhitzt sondern auch nahezu oder zur Gänze vollständig verdampft sowie zumindest teilweise reformiert oder vorreformiert ist, bevor dieses mit Luft vermischt wird. Die elektrische Heizeinrichtung und der erste Betriebsfluidleitabschnitt verlaufen jeweils zumindest teilweise innerhalb der Verdampfungskammer. Dabei ist die Heizeinrichtung spiralförmig ausgebildet und das erste Betriebsfluid umspült diese. Um dem Betriebsfluid eine Strömungsrichtung vorzugeben, sind in der Verdampfungskammer Leitbleche angeordnet, sodass das erste Betriebsfluid spiralförmig in Richtung des Kammereingangs der ersten Kammer strömt. Die zweite zylindrische Kammer kann dabei mit Vorteil an den Wänden mit Rippen versehen sein, um den Wärmeübergang zur ersten zylindrischen Kammer zu erhöhen, sobald die elektrische Unterstützung ausgeschaltet wird.

Günstig ist es weiter, wenn der erste Betriebsfluidleitabschnitt zumindest zwei Teilabschnitte umfasst, wobei ein erster Teilabschnitt zum Zuführen eines ersten Teiles des ersten Betriebsfluides zum Kammereingang einer ersten Reaktionskammer und ein zweiter Teilabschnitt zum Zuführen eines zweiten Teiles

des ersten Betriebsfluides zum Kammereingang der ersten Reaktionskammer ausgebildet ist. Der erste Teilabschnitt ist dabei wie oben beschrieben spiralförmig um die zweite zylindrische Schicht herum angeordnet und leitet vorteilhaft etwa 70 % des ersten Betriebsfluides wie beschrieben zum Kammereingang der ersten Reaktionskammer. Der zweite Teilabschnitt ist wesentlich kürzer ausgebildet als der erste Teilabschnitt, verläuft jedoch auch spiralförmig um die zweite zylindrische Schicht. Durch den zweiten Teilabschnitt werden etwa 30 % des ersten Betriebsfluides geleitet, wobei dieser Teil des ersten Betriebsfluides in Richtung des Kammerausganges der ersten Reaktionskammer geleitet wird. Dies erfolgt insbesondere bei einem Betrieb des Brenners als Startbrenner, es kann jedoch auch vorgesehen sein, dass beim Betrieb als Nachbrenner das erste Betriebsfluid der ersten Kammer wie beschrieben zumindest durch den ersten oder zweiten Teilabschnitt zuführbar ist.

Es ist von Vorteil, wenn der zweite Betriebsfluidleitabschnitt zum Zuführen eines zweiten Betriebsfluid zum Kammereingang der ersten Reaktionskammer ausgebildet ist, wobei am Kammereingang der ersten Reaktionskammer ein Schild zum Umlenken des zweiten Betriebsfluides angeordnet ist. Im Bereich des Kammereinganges der ersten Reaktionskammer erfolgt eine Vermischung des gasförmigen, insbesondere teilweise reformierten ersten Betriebsfluid mit dem zweiten Betriebsfluid. Das zweite Betriebsfluid ist bei einem Betrieb als Startbrenner Luft, insbesondere Umgebungsluft, welche entweder direkt über eine externe Quelle oder bevorzugt über einen Kathodenkreislauf eines Brennstoffzellensystems zuführbar ist. Durch diese wird beim Betrieb als Startbrenner das als Brennstoff-Wasser-Gemisch ausgebildete zweite Betriebsfluid verbrannt. Um eine besonders effiziente Durchmischung des zweiten Betriebsfluides mit dem Brennstoff-Wasser-Gemisch zu erreichen, ist das Schild vorgesehen, welches insbesondere kreisrund und vollflächig ausgebildet ist und sich radial bis etwa zur zweiten zylindrischen Schicht erstreckt. Das einströmende zweite Betriebsfluid trifft auf das Schild auf und wird von diesem in Richtung des einströmenden Brennstoff-Wasser-Gemisches geleitet. Durch diese Anordnung wird eine schlechte Vermischung des Brennstoff-Wasser-Gemisches mit dem zweiten Betriebsfluid zu einem großen Teil vermieden. Günstigerweise ist die radial innerste zylindrische Schicht als perforierter Hohlzylinder ausgebildet ist. Der Hohlzylinder ist insbesondere aus einem Metall oder einer Metalllegierung ausgebildet und bildet ein radial innerstes Element der ersten

Reaktionskammer. Das zweite Betriebsfluid oder ein Gemisch aus erstem und zweitem Betriebsfluid wird über Leitelemente in einen Innenraum des perforierten Hohlzylinders geleitet. Durch die radial ausgebildeten Perforierungen im Hohlzylinder wird das zweite Betriebsfluid oder ein Gemisch aus erstem und zweitem Betriebsfluid radial nach außen in Richtung der zweiten zylindrischen Schicht geleitet.

Vorteilhaft ist es, wenn das katalytische Material der zumindest ersten Reaktionskammer als ein katalytisch beschichtetes Gewebe ausgebildet ist, wobei dieses insbesondere ringförmig um eine radial innerste zylindrische Schicht angeordnet ist. Grundsätzlich ist das als beschichtetes Gewebe ausgebildete katalytische Material beliebig formbar. Im Rahmen der Erfindung ist dieses bevorzugt ringförmig an einer Wandung der radial innersten zylindrischen Schicht angeordnet. Das Gewebe weist eine radial größere Dicke, als die innerste radiale Schicht, die zweite zylindrische Schicht und die Verdampfungshülle auf. Ein radial innenliegendes Ende bildet mit Vorteil einen Katalysatoreingang, wohingegen ein radial außenliegendes Ende der katalytischen Schicht einen Katalysatorausgang bildet. Das Gewebe ist bevorzugt mit mehreren radialen Perforationen oder Kanälen ausgebildet, sodass dieses radial von innen nach außen durchströmbar ist, wobei das erste und/oder zweite Betriebsfluid katalytisch verbrannt werden. Dies hat im Vergleich zu aus dem Stand der Technik bekannten Brennern für Brennstoffzellensystemen den Vorteil, dass ein Druckverlust des Gemisches durch das einen Katalysator bildende Gewebe deutlich reduziert ist.

Um die bei der katalytischen Verbrennung entstehende Wärme zu nutzen, sind vorteilhaft zwischen dem beschichteten Gewebe und der zweiten zylindrischen Schicht Wärmeleitelemente angeordnet. Über die Wärmeleitelemente, welche beispielsweise als Rippen ausgebildet sein können, ist Wärme von der katalytischen Verbrennung beim Gewebe radial nach außen zum spiralförmigen Betriebsfluidleitabschnitt übertragbar. Dies ermöglicht, dass die elektrische Heizeinrichtung bereits nach einer kurzen Zeitspanne abgeschaltet werden kann, insbesondere bereits nach einem Starten einer katalytischen Reaktion. Die für die weitere Verdampfung des ersten Betriebsfluides im ersten Betriebsleitabschnitt wird also durch die katalytische Verbrennung zur Verfügung gestellt.

In der ersten Reaktionskammer ist das erste Betriebsfluid insbesondere vollständig verbrennbar. Mit der dabei entstehenden Abwärme ist in weiterer Folge das erste

Betriebsfluid in der ersten Betriebsfluidzuleitung verdampfbar und teilweise reformierbar bevor dieses in den Kammereingang der ersten Reaktionskammer eingeleitet wird. Folglich kann sobald Abwärme entsteht auf einen Betrieb der elektrischen Heizeinrichtung verzichtet werden. Darüber hinaus wird dadurch ein entstehendes Verbrennungsgas nur bis auf eine Temperatur von etwa 600 °C aufgeheizt; die restliche Wärme wird zum Verdampfen des ersten Betriebsfluides genutzt. Dadurch ist einerseits eine zulässig Höchsttemperatur gängiger katalytischer Materialien von etwa 1000 °C nicht überschritten und andererseits werden einzelne heiße Stellen in der ersten Reaktionskammer vermieden, wodurch eine möglichst homogene Vermischung erreichbar ist.

Es ist vorteilhaft, wenn die zweite Reaktionskammer einen perforierten Hohlzylinder und ein katalytisch beschichtetes Gewebe umfasst, wobei das Gewebe den perforierten Hohlzylinder in Umfangsrichtung zumindest teilweise umschließt. Im Unterschied zur ersten Reaktionskammer bildet hier ein radial innenliegendes Ende mit Vorteil einen Katalysatorausgang, wohingegen ein radial außenliegendes Ende einen Katalysatoreingang bildet. Das Gewebe ist bevorzugt mit mehreren radialen Perforationen oder Kanälen ausgebildet, sodass dieses von radial außen nach innen durchströmbar ist. Insbesondere die zweite Reaktionskammer ist dazu ausgebildet in einer Funktion des Brenners als Startbrenner eine Temperatur des Prozessgases auf eine Maximaltemperatur zu erhöhen, wobei diese von katalytischen Material begrenzt ist und bei derzeitig gebräuchlichen Materialien bei etwa 950 °C liegt. Da ein Teil des ersten Betriebsfluid erst an einem axialen Ende der ersten Reaktionskammer zugeführt wird, wird dieses in der zweiten Reaktionskammer katalytisch verbrannt, wodurch sich die Temperatur des den Brenner verlassenden Prozessgases deutlich erhöht. Dies wird auch dadurch ermöglicht, dass in der zweiten Reaktionskammer keine Abwärme der Verbrennung für andere Zwecke genutzt wird. Durch den zweistufigen Brenner ist also eine Maximaltemperatur des Prozessgases erzielbar, ohne das katalytische Material des Brenners zu beschädigen. Eine Lebensdauer des Brenners ist folglich erhöht, da eine Zersetzung des katalytischen Materials reduziert, insbesondere nahezu vermieden ist. In der zweiten Reaktionskammer ist eine Verteilung zwischen ersten Betriebsfluid und gasförmigem Gemisch homogener, weshalb auch eine Temperaturverteilung in der zweiten Reaktionskammer homogen ist. Folglich ist eine zu erzielende Maximaltemperatur des Prozessgases besser

approximierbar. Die Funktionsweise der zweiten Reaktionskammer ist beim Betrieb als Startbrenner und beim Betrieb als Nachbrenner im Wesentlichen dieselbe.

Eine Verwendung eines erfindungsgemäßen Brenners erfolgt mit Vorteil als Startbrenner und Nachbrenner in einem Brennstoffzellensystem, welches mit flüssigem Brennstoff betrieben wird.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Brennstoffzellensystem mit einem wie vorstehend im Detail dargestellten Brenner zur Verfügung gestellt. Das Brennstoffzellensystem weist ferner einen Brennstoffzellenstapel mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt sowie einen Verdampfer und einen Reformer auf, wobei der Brenner zum Erwärmen des Reformers, des Verdampfers und eines Wärmetauschers, welcher für das Erhitzen von dem Kathodenabschnitt zuzuleitender Luft zuständig ist, angeordnet und ausgestaltet sind. Damit bringt ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf den erfindungsgemäßen Brenner beschrieben worden sind. Das Brennstoffzellensystem ist bevorzugt ein SOFC-System. Der Reformer ist bevorzugt zum Reformieren eines Brennstoffgemisches, beispielsweise Ethanol und Wasser, in ein anderes Brennstoffgemisch, in diesem Fall Wasserstoff und Kohlendioxid, ausgestaltet. Der reformierte Wasserstoff kann in einem Brennstoffzellenstapel zur Stromerzeugung verwendet werden. Der Brenner ist zum Erwärmen des Reformers mittels Brennstoffzellenabgas vom Brennstoffzellenstapel ausgestaltet. Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung ist es möglich, dass ein weiterer Wärmetauscher vorgesehen ist, wobei Prozessgas, welches aus dem Brenner austritt über eine warme Seite des Wärmetauschers strömt und Luft, welche über eine kalte Seite des Wärmetauschers zu einem Kathodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels strömt, erwärmt. Ferner kann es günstig sein, wenn stromabwärts des Brennstoffzellenstapels und stromaufwärts des Reformers bzw. des weiteren Wärmetauschers ein zusätzlicher Wärmetauscher angeordnet ist. Dieser ist für eine Anpassung von Einlasstemperaturen der Betriebsfluide (Brennstoff-Wasser-Gemisch und Luft) ausgebildet. Ziel ist es, Temperaturunterschiede zwischen den beiden Betriebsfluiden so gering wie möglich zu halten, sodass im Brennstoffzellenstapel Wärmespannungen größtenteils

vermieden werden. Das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem wird insbesondere in einem Kraftfahrzeug verwendet.

Das weitere Ziel wird erreicht, wenn ein Verfahren der eingangs genannten Art folgende Schritte umfasst:

- In Betrieb nehmen einer elektrischen Heizeinrichtung und Einbringen eines ersten Betriebsfluides in einen ersten Betriebsfluidleitabschnitt, um das erste Betriebsfluid zumindest zu verdampfen;
- Einleiten eines zweiten Betriebsfluides durch einen zweiten Betriebsfluidleitabschnitt zu einem Kammereingang einer ersten Reaktionskammer;
- Leiten des ersten Betriebsfluides über den ersten Betriebsfluidleitabschnitt zum Kammereingang der ersten Reaktionskammer;
- Vermischen des ersten Betriebsfluides mit dem zweiten Betriebsfluid am Kammereingang der ersten Reaktionskammer, wobei das zweite Betriebsfluid über ein Schild umgelenkt wird;
- Katalytisches Verbrennen des Betriebsfluid-Gemisches;
- Ausschalten der elektrischen Heizeinrichtung.

Ein damit erzielter Vorteil ist insbesondere darin zu sehen, dass durch die Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens ein Brennstoffzellensystem effizient und in einer kurzen Zeit aufgewärmt werden kann, wobei auch der Brenner selbst effizient und schnell aufgewärmt wird. Beim Betrieb des Brenners als Startbrenner ist das zweite Betriebsfluid Luft, wohingegen das erste Betriebsfluid ein Brennstoff oder ein Brennstoff-Wasser-Gemisch ist. Sobald das Betriebsfluid-Gemisch verbrannt wird, wird die elektrische Heizeinrichtung ausgeschaltet, da durch die Verbrennung Wärme erzeugt wird, durch welche das erste Betriebsfluid vor einem Einbringen in den Brenner erwärmt und verdampft wird. Insbesondere wird das erste Betriebsfluid im ersten Betriebsfluidleitabschnitt nicht nur vollständig verdampft, sondern auch zumindest teilweise vorreformiert. So kann die elektrische Heizeinrichtung zunächst so lange zum Heizen bzw. Vorheizen des ersten Betriebsfluides aktiviert sein bis im Brenner bzw. im katalytischen Teil des Brenners eine definierte Betriebstemperatur erreicht ist. Sobald die definierte Betriebstemperatur erreicht ist, kann die elektrische Heizeinrichtung deaktiviert werden. Die restlichen verfahrensmäßigen Schritte werden dann wiederholt. Die übrigen mit der Funktionsweise des Brenners als

Startbrenner verbundenen Vorteile und Funktionen sind gleichen wie sie vorstehend ausführlich mit Bezug auf den erfindungsgemäßen Brenner sowie das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem beschrieben worden sind.

Dabei ist es weiter von Vorteil, wenn an einem Kammerausgang der ersten Reaktionskammer ein zweiter Teil des ersten Betriebsfluid zugeführt wird, wobei der zweite Teil des ersten Betriebsfluid und das gasförmige Betriebsfluid-Gemisch in die zweite Reaktionskammer geleitet und in der zweiten Reaktionskammer katalytisch verbrannt werden. Dadurch wird ein aus dem Brenner austretendes Prozessgas auf eine gewünschte und festgelegte Prozesstemperatur erhöht, ohne die katalytischen Teile des Brenners zu beschädigen.

Vorteilhaft ist es dabei, wenn entstehendes Prozessgas stromabwärts des Brenners zumindest zur Erwärmung eines Reformers und eines Verdampfers genutzt wird, wobei dem Reformer und dem Verdampfer das erste Betriebsfluid zugeführt wird. Im Verdampfer wird folglich durch das im Brenner erhitze Prozessgas das erste (flüssige) Betriebsfluid verdampft, wobei das erste Betriebsfluid dem Verdampfer über eine Anodenzuführleitung zugeführt wird. Im Reformer, welcher stromabwärts des Verdampfers angeordnet ist, wird das nun gasförmige erste Betriebsfluid durch das heiße Prozessgas reformiert. Das aus dem Brenner austretende Prozessgas weist eine Temperatur von etwa 950 °C auf und kann zusätzlich oder alternativ auch zur Erwärmung von zumindest einem Wärmetauscher verwendet werden, wobei durch diesen die Luft (zweites Betriebsfluid), welche dem Kathodenabschnitt über eine Kathodenzuführleitung zugeführt wird, erwärmt wird. Grundsätzlich ist es günstig, wenn das erste und zweite Betriebsfluid annähernd mit derselben Temperatur in den Brennstoffzellenstapel eingeleitet werden, weshalb diese mit Vorteil stromabwärts des Wärmetauscher durch einen zusätzlichen Wärmetauscher geleitet werden, welcher Temperaturen der beiden Betriebsfluide abgleicht.

Verfahrensmäßig günstig ist es, wenn der Brennstoff stromabwärts des Reformers dem Anodenabschnitt zugeführt wird, wobei stromabwärts des Brennstoffzellenstapels Anodenabgas mit Kathodenabgas vermischt und dem Brenner über den zweiten Betriebsfluidleitabschnitt zugeführt wird. Durch diesen Verfahrensschritt wird der Brenner als Nachbrenner genutzt. Dadurch wird der Brenner sowohl als Startbrenner als auch als Nachbrenner genutzt. Damit bringt auch ein erfindungsgemäßes Verfahren die gleichen Vorteile mit sich, wie sie

vorstehend ausführlich mit Bezug auf den erfindungsgemäßen Startbrenner sowie das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem beschrieben worden sind.

Vorteilhaft ist es dabei, wenn das Anodenabgas mit dem Kathodenabgas zweistufig im Brenner verbrannt wird, wobei eine Zuführung des ersten Betriebsfluides über den ersten Betriebsfluidleitabschnitt bevorzugt gestoppt wird. Da dem Anodenabgas bereits Kathodenabgas (Luft) beigemischt wird, ist vorteilhaft keine Zuführung von Luft mehr notwendig. Wenngleich es bei einer Funktion des Brenners als Nachbrenner günstig sein kann, wenn dem Brenner kein erstes Betriebsfluid zugeführt wird, kann es vorteilhaft sein, wenn dem Brenner über den ersten Betriebsfluidleitabschnitt zumindest zeitweise Brennstoff oder ein Brennstoff-Wasser-Gemisch zugeführt wird.

Nach der Inbetriebnahme des Brenners als Startbrenner fördert dieser heißes Abgas über Wärmetauscher einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt eines Brennstoffzellensystems. Durch das Fördern von Umgebungsluft über eine kalte Seite eines Wärmetauschers im Kathodenkreislauf zum Kathodenabschnitt wird das Brennstoffzellensystem aufgeheizt. Sobald im Brennstoffzellensystem eine Betriebstemperatur erreicht wird, kann ein Anodenstrom aktiviert werden. Gleichzeitig wird eine Brennstoffzufuhr zum Startbrenner deaktiviert und die Komponente (Brenner) geht in den passiven Betrieb des Nachbrenners, welcher das Brennstoffzellenabgas durch totale Oxidation nachbehandelt. Dies ist möglich, da Austrittsströme aus dem Stack direkt in den Kammereingang des Brenners geleitet werden.

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

Fig. 1 einen erfindungsgemäßen Brenner,

Fig. 2 einen weiteren erfindungsgemäßen Brenner;

Fig. 3 einen Schnitt durch einen erfindungsgemäßen Brenner;

Fig. 4 ein Blockdiagramm zum Darstellen eines Brennstoffzellensystems gemäß einer erfindungsgemäßen Ausführungsform.

Fig. 1 und 2 zeigen einen erfindungsgemäßen Brenner 1 für ein Brennstoffzellensystem 100. Dieser umfasst zwei Reaktionskammern 6, 7, welche in Strömungsrichtung hintereinander angeordnet sind. Jede Reaktionskammer 6, 7 weist jeweils einen Kammereingang 4a, 4b und einen Kammereingang 5a, 5b auf. Der Brenner 1 weist weiter einen ersten Betriebsfluidleitabschnitt 2 und einen zweiten Betriebsfluidleitabschnitt 3 auf, wobei der erste Betriebsfluidleitabschnitt 2 zum Führen eines ersten Betriebsfluides und der zweite Betriebsfluidleitabschnitt 3 zum Führen eines zweiten Betriebsfluides ausgebildet ist. Im Rahmen der Erfindung wird als erstes Betriebsfluid bevorzugt ein Ethanol-Wasser-Gemisch und als zweites Betriebsfluid Luft verwendet. Der erste Betriebsfluidleitabschnitt 2 umfasst dabei einen ersten Teilabschnitt 2a und einen zweiten Teilabschnitt 2b.

Wie aus Fig. 1 und 2 ersichtlich sind sowohl eine erste Reaktionskammer 6 als auch eine zweite Reaktionskammer 7 des Brenners 1 hohlzylindrisch aufgebaut; diese weisen jeweils mehrere zylindrische Schichten 8, 9, 10, 14, 15, 18 auf. Eine radial innerste Schicht 10, 14 ist dabei jeweils als metallischer, perforierter Hohlzylinder ausgebildet. Radial nach außen sind beide Reaktionskammern 6, 7 mit einer radial äußersten zylindrischen Schicht 8, 16 abgeschlossen. Die radial äußerste zylindrische Schicht 8 der ersten Reaktionskammer 6 ist als Verdampfungshülle ausgebildet, zwischen welcher und einer zweiten zylindrischen Schicht 9 eine Verdampfungskammer ausgebildet ist. In der Verdampfungskammer wird das erste Betriebsfluid verdampft und vorreformiert.

In Fig. 3 ist ein Schnitt durch den erfindungsgemäßen Brenner 1 gezeigt. Die erste Reaktionskammer 6 ist radial von außen nach innen wie folgt aufgebaut: Die als Verdampfungshülle ausgebildete radial äußerste zylindrische Schicht 8 schließt eine spiralförmige elektrische Heizeinrichtung 11 ein, wobei diese spiralförmig um eine zweite zylindrische Schicht 9 verläuft und wie in Fig. 1 und 2 ersichtlich im Bereich des Kammereinganges 4a der ersten Kammer 6 in die Verdampfungshülle eintritt. Ebenfalls und abwechselnd mit der elektrischen Heizeinrichtung 11 verläuft der erste Betriebsfluidleitabschnitt 2 um die zweite zylindrische Schicht 9 herum. Dadurch kann bei einem Kaltstart eines Brennstoffzellensystems 100 ein erstes Betriebsfluid erhitzt und verdampft werden. Radial innerhalb der zweiten zylindrischen Schicht 9 sind Wärmeleitelemente 13 angeordnet, welche an eine katalytische Schicht 18 anschließen. Radial innerhalb der katalytischen Schicht 18 ist die als perforierter Hohlzylinder ausgebildete radial innerste Schicht 8 angeordnet. Die zweite

Reaktionskammer 7 umfasst weniger Teilelement als die erste Reaktionskammer 6 und ist radial von außen nach innen wie folgt aufgebaut: Eine äußerste zylindrische Schicht 16 schließt die zweite Reaktionskammer 7 nach außen ab. Innerhalb dieser ist wieder eine katalytische Schicht 18 vorgesehen. Diese ist in der Regel gleich ausgebildet wie die katalytische Schicht 18 der ersten Reaktionskammer 6. Besonders bevorzugt sind die katalytischen Schichten 18 der ersten und zweiten Reaktionskammer 6, 7 als katalytisch beschichtetes Gewebe 15 ausgebildet; gemäß Fig. 3 entspricht die katalytische Schicht 18 also jeweils dem Gewebe 15. Radial innen schließt daran die als metallischer, perforierter Hohlzylinder ausgebildete radial innerste Schicht 14 an. Das Gewebe 15 verläuft radial um den perforierten Hohlzylinder an, wobei sowohl der Hohlzylinder als auch das Gewebe 15 mit radial verlaufenden Perforierungen ausgebildet sind.

Beide Reaktionskammern 6, 7 weisen jeweils einen Kammereingang 4a, 4b und einen Kammerausgang 5a, 5b auf. Im Bereich des Kammereinganges 4a der ersten Reaktionskammer 6 ist ein Schild 12 zur Ablenkung des zweiten Betriebsfluides angeordnet. Um das zweite Betriebsfluid oder eine Mischung aus erstem und zweitem Betriebsfluid in einen Innenbereich der innersten Schicht 8 zu leiten sind weiter Leitelemente 17 vorgesehen. Erhitztes Prozessgas strömt über den Kammerausgang 5b der zweiten Reaktionskammer 7 aus dem Brenner 1 aus.

Fig. 4 zeigt ein Blockdiagramm eines Brennstoffzellensystems 100 mit dem Brenner 1. Das Brennstoffzellensystem 100 umfasst weiter einen Verdampfer 140, einen Reformer 150, zwei Wärmetauscher 160, 170 und einen Brennstoffzellenstapel 110 mit einem Anodenabschnitt 120 und einem Kathodenabschnitt 130. Das Brennstoffzellensystem 100 wird mit einem flüssigen Brennstoff-Wasser-Gemisch betrieben, welches über eine Anodenzuführleitung 20 über den Verdampfer 140 (dort wird das Brennstoff-Wasser-Gemisch gasförmig), den Reformer 150 (dort wird das gasförmige Brennstoff-Wasser-Gemisch reformiert) und dem weiteren Wärmetauscher 170 dem Anodenabschnitt zugeführt. Über eine Kathodenzuführleitung wird Luft über einen Wärmetauscher 160 und dem weiteren Wärmetauscher 170 dem Kathodenabschnitt 130 zugeführt. Diese Schritte werden durchgeführt, wenn das Brennstoffzellensystem 100 in Betrieb ist, also nach einem Aufheizbetrieb.

Zum Aufheizen des Brennstoffzellensystems 100 wird der erfindungsgemäße Brenner 1 als Startbrenner verwendet. Die elektrische Heizeinrichtung 11 wird in Betrieb genommen und das erste Betriebsfluid wird in den ersten Betriebsfluidleitabschnitt 2 eingebracht. Dort wird dieses mit der Heizeinrichtung 11 erhitzt, verdampft und teilweise reformiert. Kurz darauf wird Luft durch einen zweiten Betriebsfluidleitabschnitt 3 und das Brennstoff-Wasser-Gemisch zum Kammereingang 4a der ersten Reaktionskammer 6 eingebracht bzw. geleitet und dort vermischt. Das Gemisch wird radial nach außen in Richtung der katalytischen Schicht 18 geleitet und dort katalytisch verbrannt. Da durch die Verbrennung Wärme abgegeben wird, kann die elektrische Heizeinrichtung 11 nun ausgeschaltet werden. Am Kammerausgang 5a der ersten Reaktionskammer 6 wird ein zweiter Teil des Brennstoff-Wasser-Gemisches zugeführt und dieses mit dem bereits gasförmigen Brennstoff-Wasser-Luft-Gemisch in die zweite Reaktionskammer 7 geleitet. Dort findet wiederum eine katalytische Verbrennung statt. Ein aus der zweiten Reaktionskammer austretendes Prozessgas hat nun eine Temperatur von etwa 950 °C. Dieses Prozessgas heizt wie in Fig. 4 gezeigt in Strömungsrichtung den Reformier 150, den Wärmetauscher 160 und den Verdampfer 140 auf. Die einströmende Luft zum Wärmetauscher 160 heizt wiederum den Brennstoffzellenstapel 110 auf. Sobald alle Elemente eine vordefinierte Betriebstemperatur aufweisen, wird die Funktion des Brenners 1 als Startbrenner nicht mehr benötigt, das heißt es wird bevorzugt kein erstes Betriebsfluid über den ersten Betriebsfluidleitabschnitt 2 zugeführt.

Beim Betrieb des Brennstoffzellensystems 100 wird der Brenner 1 als Nachbrenner verwendet. Das Anodenabgas wird stromabwärts des Brennstoffzellenstapels 110 mit dem Kathodenabgas vermischt. Dieses Stackabgas wird über den zweiten Betriebsfluidleitabschnitt 3 dem Brenner 1 zugeführt und dort insbesondere zweistufig verbrannt.

Gemäß Fig. 4 ist im Brennstoffzellensystem 100 weiter ein Ventil 180 vorgesehen. Dieses ist dazu ausgebildet und angeordnet, um den Brenner 1 gegebenenfalls mit Luft zu kühlen. Dies kann beispielsweise dann notwendig sein, wenn eine Batterie, welche mit vom Brennstoffzellensystem 100 zur Verfügung gestellter elektrischer Energie gespeist wird, voll ist und nicht weiter gespeist werden kann. Dann schaltet sich der Brennstoffzellenstapel 110 automatisiert ab. Jedoch wird der überflüssige Brennstoff im Brennstoffzellensystem 100 noch weiter gefördert und nicht

Brennstoffzellenstapel 110 verwendet, sondern der Brennstoff geht direkt durch den Brennstoffzellenstapel 110 in den Brenner 1. Dabei besteht die Gefahr, dass die im Brenner 1 zulässigen maximalen Temperaturen überschritten werde, weshalb der Brenner 1 durch Öffnen des Ventils 180 mit Luft aus der Kathodenzuführleitung 30 gekühlt wird.

Der erfindungsgemäße Brenner 1 kann in einem Brennstoffzellensystem 100 sowohl als Startbrenner als auch als Nachbrenner verwendet werden. Bei einem Aufheizen des Brennstoffzellensystems 100 wird dieser als Startbrenner und beim Betrieb des Brennstoffzellensystems 100 als Nachbrenner verwendet.

Patentansprüche

1. Brenner (1) für ein Brennstoffzellensystem (100), insbesondere ein SOFC-System, wobei der Brenner (1) als Startbrenner und/oder Nachbrenner ausgebildet und angeordnet ist, umfassend einen ersten Betriebsfluidleitabschnitt (2) und einen zweiten Betriebsfluidleitabschnitt (3), dadurch gekennzeichnet, dass der Brenner (1) zwei nacheinander angeordnete und jeweils einen Kammereingang (4a, 4b) und einen Kammerausgang (5a, 5b) aufweisende Reaktionskammern (6, 7) umfasst, wobei in Strömungsrichtung ein Kammereingang (4b) einer zweiten Reaktionskammer (7) auf einen Kammerausgang (5a) einer ersten Kammer Reaktionskammer (6) folgt, wobei die Reaktionskammern (6, 7) jeweils ein katalytisches Material (18) aufweisen.
2. Brenner (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Reaktionskammern (6, 7) jeweils zumindest abschnittsweise rotationssymmetrisch ausgebildet sind, wobei diese jeweils zumindest zwei insbesondere zylindrische Schichten (8, 9, 10, 14, 15, 18) umfassen.
3. Brenner (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Reaktionskammer (6) eine elektrische Heizeinrichtung (11) aufweist.
4. Brenner (1) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine erste, radial äußerste zylindrische Schicht (8) der ersten Reaktionskammer (6) als Verdampfungshülle ausgebildet ist, wobei die elektrische Heizeinrichtung (11) zwischen der Verdampfungshülle und einer zweiten zylindrischen Schicht (9) verlaufend und insbesondere zumindest teilweise spiralförmig um eine zweite zylindrische Schicht (9) verlaufend angeordnet ist.
5. Brenner (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Betriebsfluidleitabschnitt (2) zumindest teilweise spiralförmig um die zweite zylindrische Schicht (9) verläuft.
6. Brenner (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Betriebsfluidleitabschnitt (2) zumindest zwei Teilabschnitte (2a, 2b) umfasst, wobei ein erster Teilabschnitt (2a) zum Zuführen eines ersten Teiles eines ersten Betriebsfluides zum Kammereingang (4a) der ersten Reaktionskammer (6) und ein zweiter Teilabschnitt (2b) zum Zuführen eines zweiten Teiles des ersten

Betriebsfluides zum Kammerausgang (5a) der ersten Reaktionskammer (6) ausgebildet ist.

7. Brenner (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Betriebsfluidleitabschnitt (3) zum Zuführen eines zweiten Betriebsfluides zum Kammereingang (4a) der ersten Reaktionskammer ausgebildet ist, wobei am Kammereingang (4a) der ersten Reaktionskammer (6) ein Schild (12) zum Umlenken des zweiten Betriebsfluides angeordnet ist.

8. Brenner (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die radial innerste zylindrische Schicht (10, 14) der Reaktionskammern (6, 7) jeweils als perforierter Hohlzylinder ausgebildet ist.

9. Brenner (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das katalytische Material (18) der zumindest ersten Reaktionskammer (6) als ein katalytisch beschichtetes Gewebe (15) ausgebildet ist, wobei dieses insbesondere ringförmig um die radial innerste zylindrische Schicht (10) angeordnet ist.

10. Brenner (1) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem beschichteten Gewebe (15) und der zweiten zylindrischen Schicht (9) Wärmeleitelemente (13) angeordnet sind.

11. Brenner (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Reaktionskammer (7) einen perforierten Hohlzylinder (14) und ein katalytisch beschichtetes Gewebe (15) umfasst, wobei das Gewebe (15) den perforierten Hohlzylinder (14) in Umfangsrichtung zumindest teilweise umschließt.

12. Verwendung eines Brenners (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11 als Startbrenner und Nachbrenner in einem Brennstoffzellensystem (100), welches mit flüssigem Brennstoff betrieben wird.

13. Brennstoffzellensystem (100), insbesondere SOFC-System mit einem Brenner (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Brennstoffzellensystem (100) ferner einen Brennstoffzellenstapel (110) mit einem Anodenabschnitt (120) und einem Kathodenabschnitt (130) sowie einen Verdampfer (140) und einen Reformer (150) aufweist.

14. Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems (100) mit einem Brenner (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, insbesondere eines

Brennstoffzellensystems (100) nach Anspruch 13, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- In Betrieb nehmen einer elektrischen Heizeinrichtung (11) und Einbringen eines ersten Betriebsfluides in einen ersten Betriebsfluidleitabschnitt (2), um das erste Betriebsfluid zumindest zu verdampfen;
- Einleiten eines zweiten Betriebsfluides durch einen zweiten Betriebsfluidleitabschnitt (3) zu einem Kammereingang (4a) einer ersten Reaktionskammer (6);
- Leiten des ersten Betriebsfluides über den ersten Betriebsfluidleitabschnitt (2) zum Kammereingang (4a) der ersten Reaktionskammer (6);
- Vermischen des ersten Betriebsfluides mit dem zweiten Betriebsfluid am Kammereingang (4a) der ersten Reaktionskammer (6), wobei das zweite Betriebsfluid über ein Schild (12) umgelenkt wird;
- Katalytisches Verbrennen des Betriebsfluid-Gemisches;
- Ausschalten der elektrischen Heizeinrichtung (11).

15. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass an einem Kammerausgang (5a) der ersten Reaktionskammer (6) ein zweiter Teil des ersten Betriebsfluids zugeführt wird, wobei der zweite Teil des ersten Betriebsfluids und das gasförmige Betriebsfluid-Gemisch in die zweite Reaktionskammer (7) geleitet und in der zweiten Reaktionskammer (7) katalytisch verbrannt werden.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass entstehendes Prozessgas stromabwärts des Brenners (1) zur Erwärmung eines Reformers und eines Verdampfers genutzt wird, wobei dem Reformer und dem Verdampfer das erste Betriebsfluid zugeführt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Brennstoff stromabwärts des Reformers (150) dem Anodenabschnitt (120) zugeführt wird, wobei stromabwärts des Brennstoffzellenstapels (110) Anodenabgas mit Kathodenabgas vermischt und dem Brenner (1) über den zweiten Betriebsfluidleitabschnitt (3) zugeführt wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass das Anodenabgas mit dem Kathodenabgas zweistufig im Brenner (1) verbrannt wird,

wobei eine Zuführung des ersten Betriebsfluides über den ersten Betriebsfluidleitabschnitt (2) bevorzugt gestoppt wird

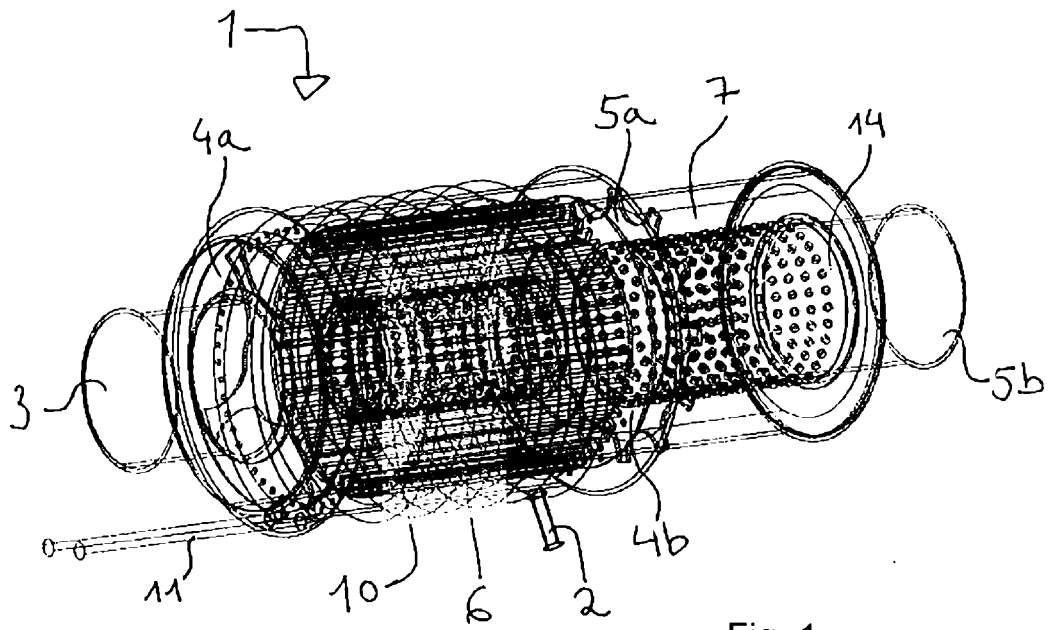


Fig. 1

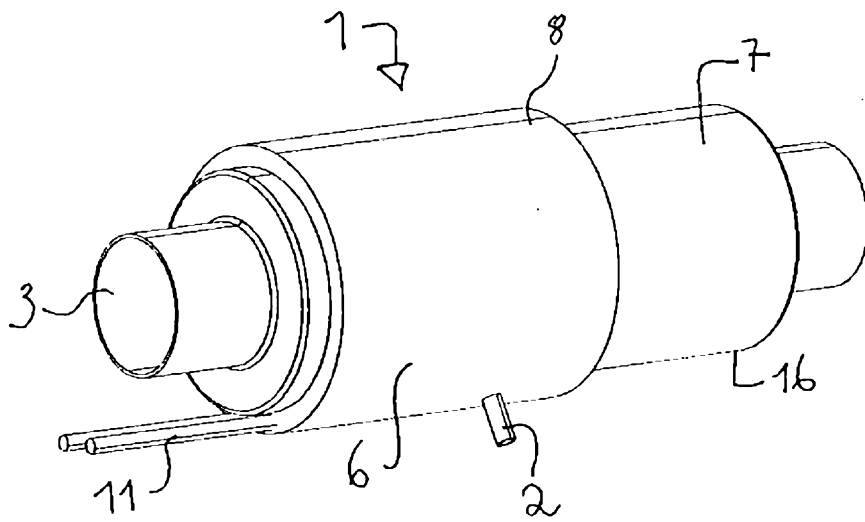


Fig. 2

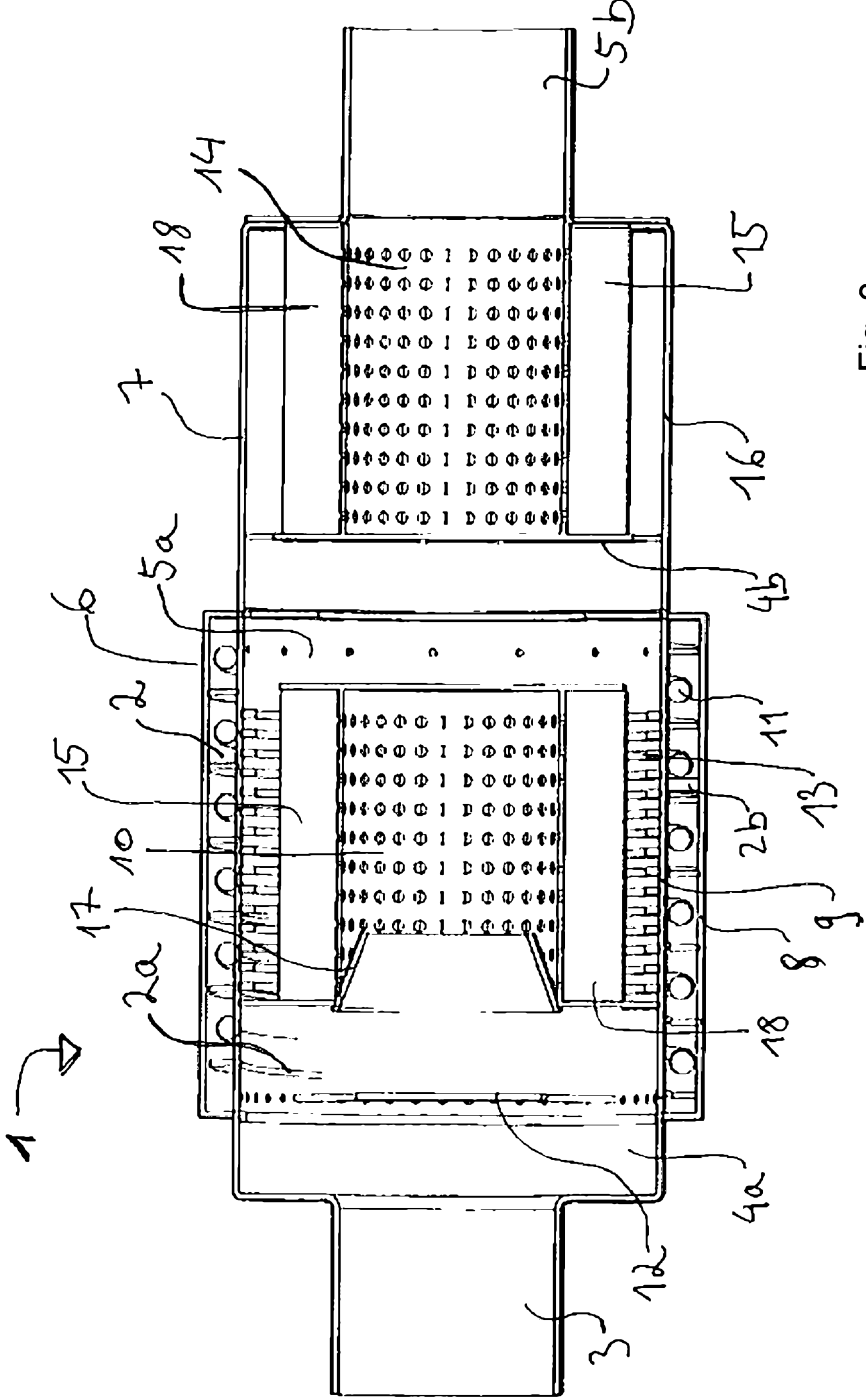


Fig. 3

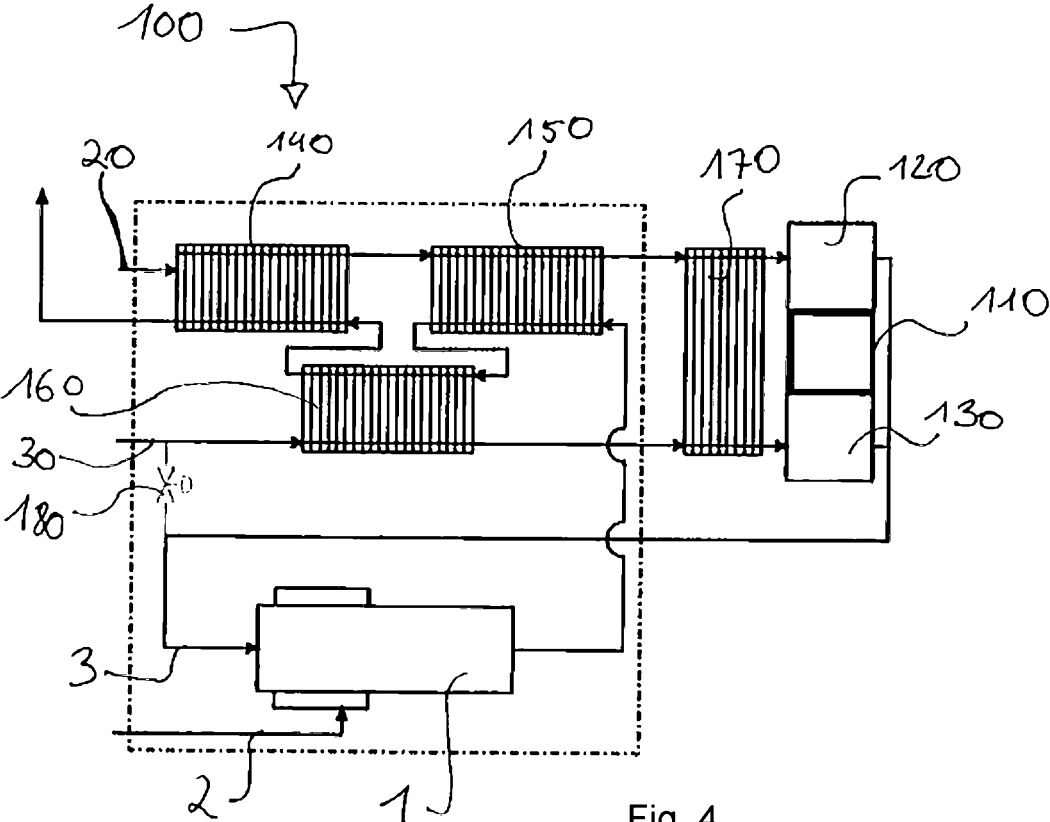


Fig. 4

Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß IPC:
H01M 8/04223 (2016.01); **H01M 8/0612** (2016.01); **H01M 8/0662** (2016.01); **F23C 6/04** (2006.01);
F23C 13/04 (2006.01); **H01M 8/124** (2016.01)

Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß CPC:
H01M 8/04268 (2016.02); **H01M 8/0618** (2016.02); **H01M 8/0662** (2016.02); **F23C 6/042** (2013.01);
F23C 13/04 (2013.01); **H01M 2008/1293** (2016.02)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
 H01M, F23C

Konsultierte Online-Datenbank:
 EPODOC, WPIAP, Volltext-Patentdatenbanken EN und DE

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 22.10.2017 eingereichten Ansprüchen 1-18 erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	EP 2336083 A1 (TOPSOE FUEL CELL AS [DK]) 22. Juni 2011 (22.06.2011) [0017]-[0024], [0026]-[0041], [0098]-[0104]; Figuren 3 und 4	1, 3, 12, 13
X	WO 2008091801 A2 (ROLLS-ROYCE FUEL CELL SYSTEMS INC. [US]) 31. Juli 2008 (31.07.2008) [0049]-[0060]; Figuren 1 und 2	1, 2, 5, 12, 13
X	EP 1465274 A2 (J. EBERSPAECHER GMBH & CO. KG [DE]) 06. Oktober 2004 (06.10.2004) [0027]-[0030]; Figuren 1 bis 5	1, 12, 13
A	EP 2407224 A1 (SAMSUNG SDI CO., LTD. [KR]) 18. Januar 2012 (18.01.2012) Das ganze Dokument	1-18

Datum der Beendigung der Recherche: 19.09.2018 Seite 1 von 1 Prüfer(in): ENGLISCH Julia

^{*)} **Kategorien** der angeführten Dokumente:
X Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
Y Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldegegenstand 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. Brenner (1) für ein Brennstoffzellensystem (100), insbesondere ein SOFC-System, wobei der Brenner (1) als Startbrenner und/oder Nachbrenner ausgebildet und angeordnet ist, umfassend einen ersten Betriebsfluidleitabschnitt (2) und einen zweiten Betriebsfluidleitabschnitt (3), wobei der Brenner (1) zwei nacheinander angeordnete und jeweils einen Kammereingang (4a, 4b) und einen Kammerausgang (5a, 5b) aufweisende Reaktionskammern (6, 7) umfasst, wobei in Strömungsrichtung ein Kammereingang (4b) einer zweiten Reaktionskammer (7) auf einen Kammerausgang (5a) einer ersten Kammer Reaktionskammer (6) folgt, wobei die Reaktionskammern (6, 7) jeweils ein katalytisches Material (18) aufweisen, wobei die erste Reaktionskammer (6) eine elektrische Heizeinrichtung (11) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Heizeinrichtung (11) zum Erwärmen, Verdampfen und/oder Reformieren eines ersten Betriebsfluides ausgebildet ist.
2. Brenner (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Reaktionskammern (6, 7) jeweils zumindest abschnittsweise rotationssymmetrisch ausgebildet sind, wobei diese jeweils zumindest zwei insbesondere zylindrische Schichten (8, 9, 10, 14, 15, 16) umfassen.
3. Brenner (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine erste, radial äußerste zylindrische Schicht (8) der ersten Reaktionskammer (6) als Verdampfungshülle ausgebildet ist, wobei die elektrische Heizeinrichtung (11) zwischen der Verdampfungshülle und einer zweiten zylindrischen Schicht (9) verlaufend und insbesondere zumindest teilweise spiralförmig um eine zweite zylindrische Schicht (9) verlaufend angeordnet ist.
4. Brenner (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Betriebsfluidleitabschnitt (2) zumindest teilweise spiralförmig um die zweite zylindrische Schicht (9) verläuft.
5. Brenner (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Betriebsfluidleitabschnitt (2) zumindest zwei Teilabschnitte (2a, 2b) umfasst, wobei ein erster Teilabschnitt (2a) zum Zuführen eines ersten Teiles eines ersten Betriebsfluides zum Kammereingang (4a) der ersten Reaktionskammer (6) und ein zweiter Teilabschnitt (2b) zum Zuführen eines zweiten Teiles des ersten

Betriebsfluides zum Kammerausgang (5a) der ersten Reaktionskammer (6) ausgebildet ist.

6. Brenner (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Betriebsfluidleitabschnitt (3) zum Zuführen eines zweiten Betriebsfluides zum Kammereingang (4a) der ersten Reaktionskammer ausgebildet ist, wobei am Kammereingang (4a) der ersten Reaktionskammer (6) ein Schild (12) zum Umlenken des zweiten Betriebsfluides angeordnet ist.

7. Brenner (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die radial innerste zylindrische Schicht (10, 14) der Reaktionskammern (6, 7) jeweils als perforierter Hohlzylinder ausgebildet ist.

8. Brenner (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das katalytische Material (18) der zumindest ersten Reaktionskammer (6) als ein katalytisch beschichtetes Gewebe (15) ausgebildet ist, wobei dieses insbesondere ringförmig um die radial innerste zylindrische Schicht (10) angeordnet ist.

9. Brenner (1) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem beschichteten Gewebe (15) und der zweiten zylindrischen Schicht (9) Wärmeleitelemente (13) angeordnet sind.

10. Brenner (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Reaktionskammer (7) einen perforierten Hohlzylinder (14) und ein katalytisch beschichtetes Gewebe (15) umfasst, wobei das Gewebe (15) den perforierten Hohlzylinder (14) in Umfangsrichtung zumindest teilweise umschließt.

11. Verwendung eines Brenners (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 als Startbrenner und Nachbrenner in einem Brennstoffzellensystem (100), welches mit flüssigem Brennstoff betrieben wird.

12. Brennstoffzellensystem (100), insbesondere SOFC-System mit einem Brenner (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Brennstoffzellensystem (100) ferner einen Brennstoffzellenstapel (110) mit einem Anodenabschnitt (120) und einem Kathodenabschnitt (130) sowie einen Verdampfer (140) und einen Reformer (150) aufweist.

13. Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems (100) mit einem Brenner (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, insbesondere eines

Brennstoffzellensystems (100) nach Anspruch 12, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- In Betrieb nehmen einer elektrischen Heizeinrichtung (11) und Einbringen eines ersten Betriebsfluides in einen ersten Betriebsfluidleitabschnitt (2), um das erste Betriebsfluid zumindest zu verdampfen;
- Einleiten eines zweiten Betriebsfluides durch einen zweiten Betriebsfluidleitabschnitt (3) zu einem Kammereingang (4a) einer ersten Reaktionskammer (6);
- Leiten des ersten Betriebsfluides über den ersten Betriebsfluidleitabschnitt (2) zum Kammereingang (4a) der ersten Reaktionskammer (6);
- Vermischen des ersten Betriebsfluides mit dem zweiten Betriebsfluid am Kammereingang (4a) der ersten Reaktionskammer (6), wobei das zweite Betriebsfluid über ein Schild (12) umgelenkt wird;
- Katalytisches Verbrennen des Betriebsfluid-Gemisches;
- Ausschalten der elektrischen Heizeinrichtung (11).

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass an einem Kammerausgang (5a) der ersten Reaktionskammer (6) ein zweiter Teil des ersten Betriebsfluids zugeführt wird, wobei der zweite Teil des ersten Betriebsfluids und das gasförmige Betriebsfluid-Gemisch in die zweite Reaktionskammer (7) geleitet und in der zweiten Reaktionskammer (7) katalytisch verbrannt werden.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass entstehendes Prozessgas stromabwärts des Brenners (1) zur Erwärmung eines Reformers und eines Verdampfers genutzt wird, wobei dem Reformer und dem Verdampfer das erste Betriebsfluid zugeführt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Brennstoff stromabwärts des Reformers (150) dem Anodenabschnitt (120) zugeführt wird, wobei stromabwärts des Brennstoffzellenstapels (110) Anodenabgas mit Kathodenabgas vermischt und dem Brenner (1) über den zweiten Betriebsfluidleitabschnitt (3) zugeführt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass das Anodenabgas mit dem Kathodenabgas zweistufig im Brenner (1) verbrannt wird,

wobei eine Zuführung des ersten Betriebsfluides über den ersten Betriebsfluidleitabschnitt (2) bevorzugt gestoppt wird