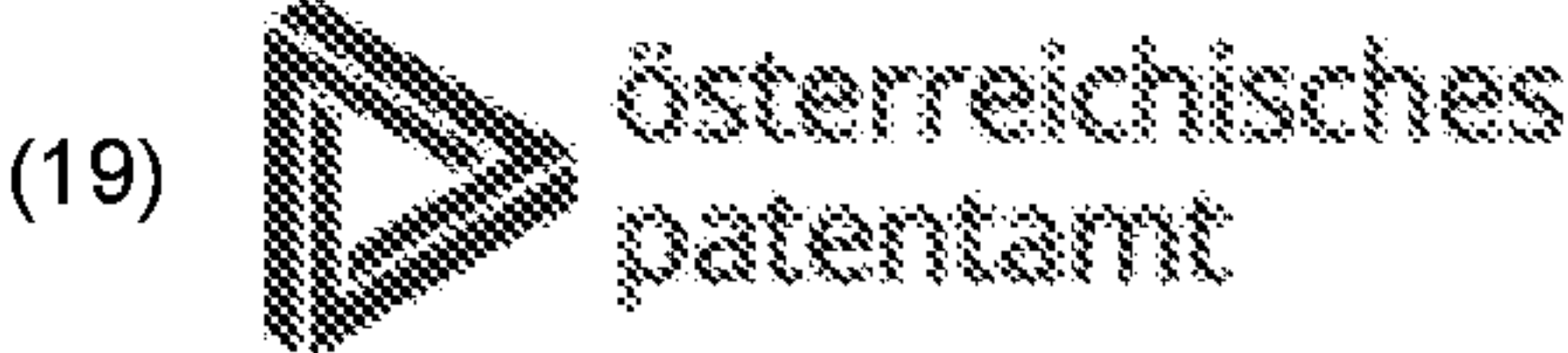




(10) **AT 522939 A1 2021-03-15**

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21)	Anmeldenummer:	A 50786/2019	(51)	Int. Cl.:	H01M 8/04014 (2016.01)
(22)	Anmeldetag:	09.09.2019			H01M 8/04302 (2016.01)
(43)	Veröffentlicht am:	15.03.2021			H01M 8/0662 (2016.01)
					H01M 8/04701 (2016.01)
					H01M 8/04746 (2016.01)
					H01M 8/0612 (2016.01)
					H01M 8/04007 (2016.01)
					H01M 8/124 (2016.01)

(56)	Entgegenhaltungen: FR 2899022 A1 EP 1465274 A2 WO 2019075502 A1 WO 2018146172 A1	(71)	Patentanmelder: AVL List GmbH 8020 Graz (AT) NISSAN Motor Co., Ltd. 220-8686 Yokohama (JP)
		(72)	Erfinder: Reiter Bernd BSc 8010 Kainbach bei Graz (AT) Weitere Erfinder siehe Beiblatt!
		(74)	Vertreter: Kopetz Heinrich Dipl.Ing. 8020 Graz (AT)

(54) **Brenner für ein Brennstoffzellensystem**

(57) Die Erfindung betrifft einen Brenner (1) ein Brennstoffzellensystem (100), insbesondere ein SOFC-System, wobei der Brenner (1) als Startbrenner und/oder Nachbrenner ausgebildet und angeordnet ist und zwei nacheinander angeordnete Reaktionskammern (2, 3) umfasst, wobei in Strömungsrichtung eine zweite Reaktionskammer (3) mittelbar auf eine erste Reaktionskammer (2) folgt, wobei die Reaktionskammern (2, 3) jeweils ein katalytisches Material aufweisen, wobei eine Verdampfungseinrichtung (4) vorgesehen ist, wobei die Verdampfungseinrichtung (4) zwischen den Reaktionskammern (2, 3) angeordnet ist.

Weiter betrifft die Erfindung ein Brennstoffzellensystem (100) mit einem solchen Brenner (1).

Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems (100) mit einem Brenner (1).

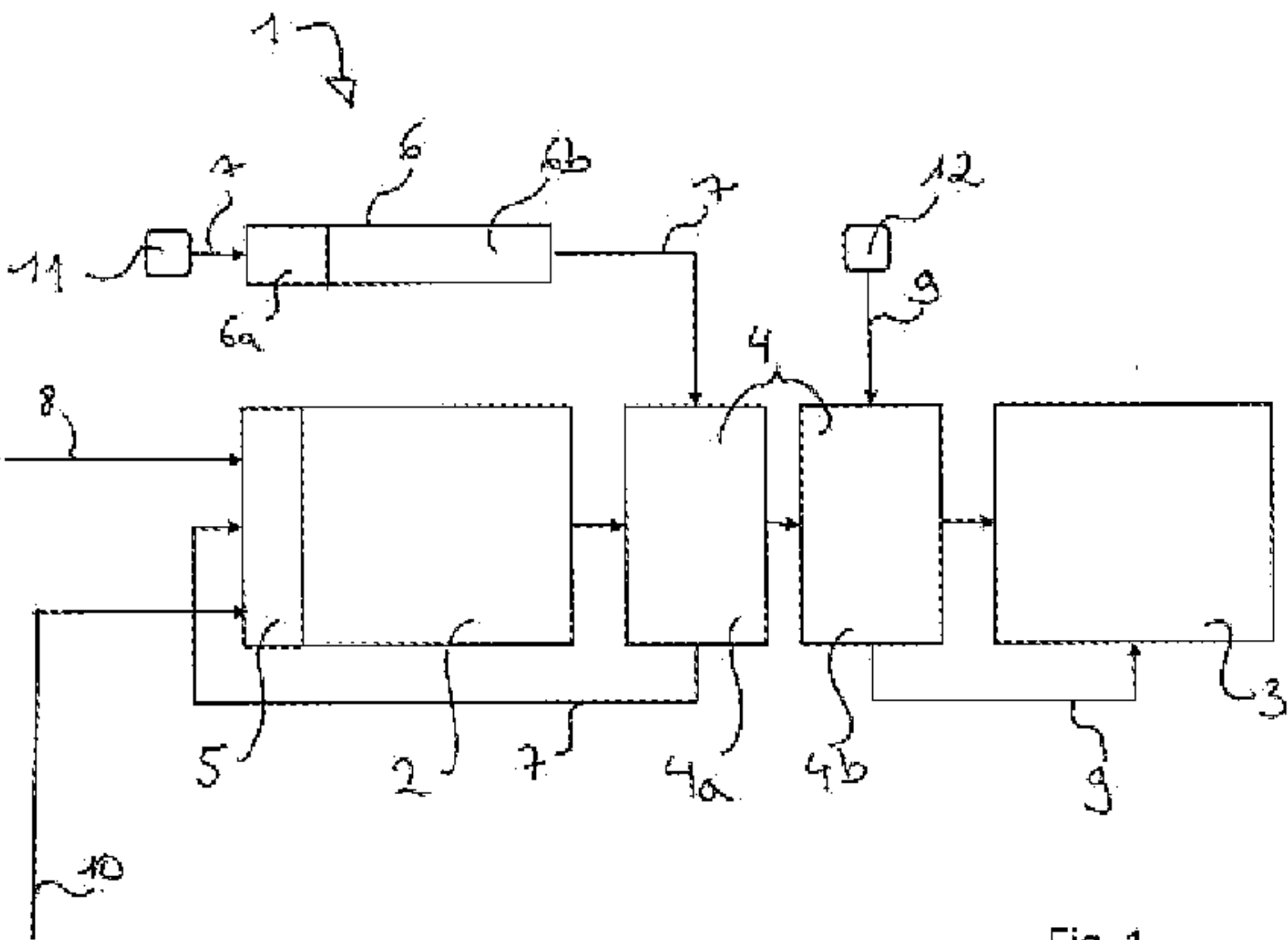


Fig. 1

(72) Erfinder (Fortsetzung):
Lawlor Vincent Dr.
8510 Stainz (AT)
Reissig Michael Dipl.Ing. (FH)
9020 Klagenfurt (AT)
Körösi Michael Ing.
8181 St. Ruprecht (AT)
Leipold Dominic BSc
8020 Graz (AT)
Pöschl Robert Dr.
8111 Judendorf-Straßengel (AT)
Hofer Marlies BSc
8020 Graz (AT)
Strasser-Krauss Thomas Dipl.Ing.
8010 Graz (AT)
Funk Johannes Dipl.Ing. BSC
8010 Graz (AT)
Mathé Jörg Dipl.Ing.
8020 Graz (AT)
Usuda Masahiro
243-0123 Kanagawa (JP)
Maeshima Susumu
243-0123 Kanagawa (JP)

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft einen Brenner (1) ein Brennstoffzellensystem (100), insbesondere ein SOFC-System, wobei der Brenner (1) als Startbrenner und/oder Nachbrenner ausgebildet und angeordnet ist und zwei nacheinander angeordnete Reaktionskammern (2, 3) umfasst, wobei in Strömungsrichtung eine zweite Reaktionskammer (3) mittelbar auf eine erste Reaktionskammer (2) folgt, wobei die Reaktionskammern (2, 3) jeweils ein katalytisches Material aufweisen, wobei eine Verdampfungseinrichtung (4) vorgesehen ist, wobei die Verdampfungseinrichtung (4) zwischen den Reaktionskammern (2, 3) angeordnet ist.

Weiter betrifft die Erfindung ein Brennstoffzellensystem (100) mit einem solchen Brenner (1).

Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems (100) mit einem Brenner (1).

Fig. 1

Brenner für ein Brennstoffzellensystem

Die Erfindung betrifft einen Brenner für ein Brennstoffzellensystem, insbesondere ein SOFC-System, wobei der Brenner als Startbrenner und/oder Nachbrenner ausgebildet und angeordnet ist und zwei nacheinander angeordnete Reaktionskammern umfasst, wobei in Strömungsrichtung eine zweite Reaktionskammer mittelbar auf eine erste Reaktionskammer folgt, wobei die Reaktionskammern jeweils ein katalytisches Material aufweisen.

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.

Ferner ist aus der DE 10 2006 048 984 A1 eine Verwendung einer Brennervorrichtung in einem Brennstoffzellensystem bekannt. Die Brennervorrichtung kann als Nachbrenner und Startbrenner betrieben werden. 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 ein Brennstoffzellensystem rasch und effektiv auf Betriebstemperatur bringbar ist.

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 bei einem Brenner der eingangs genannten Art eine Verdampfungseinrichtung vorgesehen ist, wobei die Verdampfungseinrichtung zwischen den Reaktionskammern angeordnet ist.

Ein damit erzielter Vorteil ist insbesondere darin zusehen, dass durch die erfindungsgemäße Ausbildung des Brenners ein Wärmeübertrag besonders effektiv funktioniert. 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 mehrstufiger Brenner ausgebildet, wobei die erste Reaktionskammer eine erste Stufe, die zweite Reaktionskammer eine zweite Stufe und die Verdampfungseinrichtung eine weitere Stufe bildet. Der Brennstoff 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 ausströmt, weist durch die mehrstufige Ausführung desselben eine genügend hohe Temperatur auf, um mehrere Elemente eines Brennstoffzellensystems 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. 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, wobei die Verdampfungseinrichtung dazwischen angeordnet ist. Sie sind also in Strömungsrichtung nacheinander anschließend angeordnet.

Erfindungsgemäß ist eine Verdampfungseinrichtung vorgesehen, wobei diese konstruktiv zwischen den beiden Reaktionskammern angeordnet ist. Das heißt, diese ist insbesondere unmittelbar nach einer ersten Reaktionskammer und insbesondere unmittelbar vor einer zweiten Reaktionskammer angeordnet. Die warme Seite der Verdampfungseinrichtung ist in Strömungsrichtung zwischen den Reaktionskammern angeordnet. Die Verdampfungseinrichtung ist dazu ausgebildet und angeordnet, flüssigen Kraftstoff aufzuheizen und diesen in einem gasförmigen Zustand zu versetzen. Beispielsweise tritt Kraftstoff mit etwa 25 °C in die kalte Seite der Verdampfungskammer ein und gasförmig mit etwa 800 °C aus dieser aus. Stromabwärts der kalten Seite der Verdampfungskammer wird der nun gasförmige Kraftstoff in die erste Reaktionskammer geleitet. Zusätzlich wird auch ein sauerstoffhaltiges, gasförmiges Fluid, insbesondere Luft in die erste Reaktionskammer geleitet, wobei der gasförmige Kraftstoff und die Luft insbesondere unmittelbar stromaufwärts der ersten Reaktionskammer miteinander vermischt werden.

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.

Als Luft ist im Rahmen der Erfindung ein sauerstoffhaltiges Fluid zu verstehen, welches insbesondere gasförmig ist. Insbesondere wird unter Luft Umgebungsluft verstanden. Der Brennstoff ist ein Kraftstoff, welcher bevorzugt ein flüssiges Brennstoff-Wasser-Gemisch, insbesondere ein Ethanol-Wasser-Gemisch ist.

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.

Es ist günstig, wenn die Verdampfungseinrichtung zwei Verdampfungskammern umfasst. Dabei ist bevorzugt eine zweite Verdampfungskammer stromabwärts einer ersten Verdampfungskammer angeordnet. Vorteilhafterweise sind beide Verdampfungskammern für eine Aufnahme von Wärme angeordnet und ausgebildet, wobei die erste Verdampfungskammer Wärme von der ersten Reaktionskammer und die zweite Verdampfungskammer Wärme von der ersten Verdampfungskammer aufnimmt. Dies erfolgt jeweils über bzw. auf eine warme Seite der jeweiligen Verdampfungskammern. Günstig ist es, wenn für jede Verdampfungskammer eine separate Regeleinrichtung für eine separate Brennstoffzufuhr vorgesehen ist. Die Regeleinrichtung ist als Injektor oder als Ventil ausgebildet und bevorzugt stromaufwärts eines weiteren Verdampfers, welcher stromaufwärts der Verdampfungseinrichtung angeordnet ist, vorgesehen. Über die erste Verdampfungskammer kann über eine kalte Seite Brennstoff verdampft werden (durch Wärme von der ersten Reaktionskammer) und über eine Warme Seite ein zumindest teilweise verbranntes Brennstoff-Luft-Gemisch zur zweiten Verdampfungskammer geleitet werden. Über die zweite Verdampfungskammer kann dementsprechend Brennstoff, welcher über eine zweite Regeleinrichtung, welche

wieder als Injektor und/oder Ventil ausgebildet ist, in die kalte Seite der zweiten Verdampfungskammer geleitet wird, verdampft werden und anschließend in die zweite Reaktionskammer geleitet werden. Ebenso kann das zumindest teilweise verbrannte Brennstoff-Luft-Gemisch weiter in die zweite Reaktionskammer zur vollständigen Verbrennung geleitet werden. Dabei ist die erste Verdampfungskammer insbesondere stromabwärts des Kammerausgangs der ersten Reaktionskammer und die zweite Verdampfungskammer stromaufwärts des Kammereingangs der zweiten Reaktionskammer angeordnet. Die beiden Verdampfungskammern schließen insbesondere unmittelbar aneinander an.

Es ist vorteilhaft, wenn stromaufwärts der ersten Reaktionskammer ein Mischbereich vorgesehen ist, wobei der Mischbereich insbesondere bei einem Kammereingang der ersten Reaktionskammer angeordnet ist. Der Mischbereich ist folglich insbesondere unmittelbar stromaufwärts der ersten Reaktionskammer angeordnet und bevorzugt dazu ausgebildet bei einem Startvorgang des Brennstoffzellensystems, Luft und gasförmigen Brennstoff zu vermischen. Ein dadurch entstehendes Brennstoff-Luft-Gemisch wird anschließend in die erste Reaktionskammer geleitet und dort zumindest teilweise verbrannt. Bei einem laufenden bzw. nominalen Betrieb hat die Mischkammer in der Regel keine besondere Funktion, weil in diesem Betriebszustand der Brenner als Nachbrenner arbeitet und Brennstoffzellenstapelabgas in diesem verbrannt wird. Grundsätzlich ist es dabei günstig, wenn hierfür Anodenabgas bereits stromaufwärts der Mischkammer mit Kathodenabgas (Luft) vermischt wird. Es kann jedoch auch vorgesehen sein, dass dieses in der Mischkammer erfolgt. Wichtig ist es, dass bereits ein Brennstoff-Luft-Gemisch in die erste Reaktionskammer eintritt. Der Mischbereich kann auch als Teil der ersten Reaktionskammer ausgebildet oder mit dieser verbunden sein.

Es kann günstig sein, wenn die Reaktionskammern und die Verdampfungseinrichtung jeweils zumindest abschnittsweise rotationssymmetrisch ausgebildet sind, wobei diese jeweils zumindest zwei insbesondere zylindrische Schichten umfassen. Besonders bevorzugt sind die Reaktionskammern und die Verdampfungskammern jeweils zumindest abschnittsweise hohlzylindrisch ausgebildet. Die zylindrischen Schichten sind dabei insbesondere coaxial ineinander gesteckt oder zueinander angeordnet. Zwischen den zylindrischen Schichten können sich dadurch Kammern ausbilden.

Für einen Startbetrieb und/oder Aufheizbetrieb des Brenners ist es zweckmäßig, wenn ein weiterer Verdampfer vorgesehen ist, wobei der weitere Verdampfer stromaufwärts der Verdampfungseinrichtung angeordnet ist. Dieser ist bei einem Kaltstart des Brennstoffzellensystems, insbesondere des Brenners, notwendig, da die Verdampfungseinrichtung noch nicht warm ist, sodass in dieser keine Wärme zum Verdampfen des Brennstoffes zur Verfügung steht. Der weitere Verdampfer umfasst üblicherweise eine Heizeinrichtung, sodass dieser eine für die Verdampfung von Brennstoff notwendige Temperatur erreicht. Beim Kaltstart hat die Verdampfungseinrichtung somit erstmal keine Funktion. Vorteilhaft ist es auch, wenn der weitere Verdampfer eine Reformereinheit aufweist, sodass der Brennstoff beim Aufheizen nicht nur verdampft, sondern auch zumindest teilweise reformiert wird. Dadurch beträgt die Temperatur des Brennstoffes bei Austritt aus dem weiteren Verdampfer etwa 600 °C.

Hierbei ist es günstig, wenn der weitere Verdampfer eine elektrische Heizeinrichtung umfasst. Brennstoff wird also durch die elektrische Heizeinrichtung verdampft, wobei dieser stromabwärts des weiteren Verdampfers etwa 600 °C aufweisen kann. Sobald der Brenner eine notwendige Betriebstemperatur aufweist, sodass in der ersten Reaktionskammer genügend Wärme für die erste Verdampfungskammer entsteht, kann die elektrische Heizeinrichtung ausgeschaltet werden. Dies erfolgt insbesondere bereits dann, wenn in der ersten Reaktionskammer eine Zündung erfolgt. Nun hat der weitere Verdampfer keine Funktion mehr, da der Brennstoff in der Verdampfungseinrichtung verdampft wird. Durch die elektrische Heizeinrichtung ist der Brenner bei einer Startphase d. h. beim Kaltstart des Brenners elektrisch vorheizbar. Insbesondere ist die elektrische Heizeinrichtung zum Erwärmen des Kraftstoffes ausgebildet, besonders bevorzugt ist elektrische Heizeinrichtung ausschließlich zum Erwärmen, Verdampfen und/oder Reformieren des Kraftstoffes bei einer Aufwärmphase des als Startbrenner funktionierenden Brenners ausgebildet. Der Kraftstoff, welches als Brennstoff oder als Brennstoff-Wasser-Gemisch vorliegen kann, 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. Nach dem Abschalten der elektrischen Heizeinrichtung wird noch so lange Brennstoff über den ersten Injektor in Richtung

der ersten Verdampfungskammer geleitet bis ein nominaler Betriebspunkt des Brennstoffzellensystems erreicht ist. Der Brennstoff wird dann in der ersten Verdampfungskammer durch die Wärme, welcher bei der exothermen Reaktion in der ersten Reaktionskammer entsteht, verdampft. Bei einer Verwendung des Brenners als Nachbrenner wird die elektrische Heizeinrichtung 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.

Von Vorteil ist es, wenn eine erste Brennstoffzuführleitung vorgesehen ist, wobei über die erste Brennstoffzuführleitung Brennstoff über den weiteren Verdampfer und die Verdampfungseinrichtung, insbesondere eine erste Verdampfungskammer, in den Mischbereich und anschließend in die erste Reaktionskammer leitbar ist. Die Brennstoffzuführleitung dazu ausgebildet, dem Brenner bzw. der ersten Reaktionskammer ein erstes Betriebsfluid in Form von Brennstoff zuzuleiten. Stromaufwärts der ersten Brennstoffzuführleitung ist insbesondere ein erster Injektor und/oder ein erstes Ventil angeordnet. Über den Injektor ist Brennstoff in die erste Brennstoffzuführleitung führbar, wobei dies insbesondere bei einem Startbetrieb, also bei der Verwendung des Brenners als Startbrenner, erfolgt. Sobald der Brenner und das Brennstoffzellensystem einen nominalen Betriebspunkt erreicht hat, wird die erste Regeleinrichtung in einen geschlossenen Zustand gebracht, sodass kein Brennstoff mehr zugeführt wird; der Brenner wird nun als Nachbrenner verwendet. Gleichzeitig haben dann auch die Verdampfungskammern beim nominalen Betrieb keiner Funktion mehr. Die erste Brennstoffzuführleitung erstreckt sich also insbesondere von einer Brennstoffquelle über den weiteren Verdampfer, die Verdampfungseinrichtung bis in den Mischbereich und die erste Reaktionskammer und/oder verbindet dies Elemente miteinander.

Es ist weiter vorteilhaft, wenn eine Luftzuführleitung vorgesehen ist, wobei über die Luftzuführleitung Luft in den Mischbereich und anschließend in die erste Reaktionskammer leitbar ist. Der Mischbereich ist zum Vermischen des Brennstoffs und der Luft ausgebildet und angeordnet. Luft und Brennstoff werden also bei einer Verwendung des Brenners als Startbrenner in der Mischkammer zusammengeführt. Bei einer Verwendung des Brenners als Nachbrenner, insbesondere im nominalen Betrieb, wird bevorzugt ausschließlich Brennstoffzellenstapelabgas, welches

insbesondere bereits Kathoden und Anodenabgas umfasst, in den Brenner geleitet. Es kann jedoch auch vorgesehen sein, dass zusätzlich Luft über die Luftzuführleitung und/oder Brennstoff über die erste Brennstoffzuführleitung in die erste Reaktionskammer geleitet wird. Die Luftzuführleitung erstreckt sich also insbesondere von einer Luftquelle über den Mischbereich in die erste Reaktionskammer.

Günstig kann es auch sein, wenn eine zweite Brennstoffzuführleitung vorgesehen ist, wobei über die zweite Brennstoffzuführleitung Brennstoff über eine zweite Verdampfungskammer in die zweite Reaktionskammer leitbar ist. Stromaufwärts der zweiten Brennstoffzuführleitung ist vorteilhafterweise wieder ein Injektor angeordnet, welcher zum Leiten von Brennstoff offen ist und geschlossen werden kann. Bei einer Startphase des Brenners ist über die zweite Brennstoffzuführleitung Brennstoff unmittelbar vom zweiten Injektor oder vom zweiten Ventil in die zweite Verdampfungskammer leitbar, welcher mit der Wärme des aus der ersten Verdampfungskammer austretenden, zumindest teilweise verbrannten Brennstoff-Luft-Gemischs verdampfbar ist. Stromabwärts der zweiten Verdampfungskammer ist die zweite Reaktionskammer angeordnet, welche bei einer Startphase des Brenners durch den verdampften Brennstoff auf Betriebstemperatur gebracht wird. Im nominalen Betrieb wird in der Regel auch die zweite Regeleinrichtung ausgeschaltet und dadurch kein Brennstoff mehr über die zweite Brennstoffzuführleitung geleitet.

Es ist von Vorteil, wenn eine Systemabgasleitung vorgesehen ist, wobei über die Systemabgasleitung Systemabgas über den Mischbereich in den Brenner leitbar ist. Systemabgas ist Brennstoffzellenstapelabgas, zu welchem insbesondere unmittelbar stromabwärts des Brennstoffzellenstapels Anodenabgas und Kathodenabgas vermischt werden. Diese Leitung wird insbesondere ausschließlich beim nominalen Betrieb verwendet und verbindet den zumindest einen Brennstoffzellenstapel mit dem Brenner. Nimmt der Brenner die Funktion eines Nachbrenners ein, fließt in der Systemabgasleitung Anodenabgas oder Brennstoffzellenabgas (Anodenabgas und Kathodenabgas), 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 über die Luftzuführleitung zuzuführen. In der ersten und

zweiten Brennstoffzuführleitung fließt hierbei in der Regel Nichts; diese sind nicht in Betrieb. Im Rahmen der Erfindung wird unter Systemabgas Stack Abgas verstanden.

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 einen Reformer und Wärmetauscher auf, wobei der Brenner zum Erwärmen des Reformers und zumindest 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. 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 Brennstoffes über eine erste Regeleinrichtung in eine erste Brennstoffzuführleitung, wobei der Brennstoff über die erste Brennstoffzuführleitung in einen weiteren Verdampfer geleitet wird, um den Brennstoff zumindest zu verdampfen;
- Einleiten von Luft durch eine Luftzuführleitung in einen Mischbereich stromaufwärts einer ersten Reaktionskammer;
- Leiten des Brennstoffes über die erste Brennstoffzuführleitung vom weiteren Verdampfer durch eine erste Verdampfungskammer zum Mischbereich stromaufwärts der ersten Reaktionskammer;
- Vermischen des Brennstoffes mit der Luft im Mischbereich und Einleiten dieses Brennstoff-Luft-Gemisches in die erste Reaktionskammer;
- Katalytisches Verbrennen des Brennstoff-Luft-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 und eine Kaltstartzeit reduziert wird. Sobald das Brennstoff-Luft-Gemisch verbrannt wird, wird die elektrische Heizeinrichtung ausgeschaltet, da durch die Verbrennung Wärme erzeugt wird, durch welche eine erste Verdampfungskammer aufgewärmt wird. Durch die erste Verdampfungskammer wird nun der Brennstoff verdampft bis der nominale Betriebspunkt erreicht ist. Sobald die elektrische Heizeinrichtung ausgeschaltet ist, ist ein selbsterhaltender Betriebspunkt erreicht. Durch ein Ausführen aller erfindungsgemäßen Verfahrensschritte ist das Brennstoffzellensystem also aufgeheizt, sodass ein nominaler Betriebspunkt erreicht ist. Dabei werden nicht nur die Reaktionskammern des Brenners aufgewärmt, sondern insbesondere auch die Verdampfungseinrichtung aufgewärmt, welche zwischen zwei Reaktionskammern angeordnet ist.

Insbesondere wird der Brennstoff im weiteren Verdampfer nicht nur vollständig verdampft, sondern bevorzugt auch überhitzt und auch zumindest teilweise vorreformiert. So kann die elektrische Heizeinrichtung zunächst so lange zum Heizen bzw. Vorheizen des Brennstoffes aktiviert sein bis im Brenner 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 das zumindest teilweise verbrannte Brennstoff-Luft-Gemisch von der ersten Verdampfungskammer in eine zweite Verdampfungskammer geleitet wird, wonach dieses in eine zweite Reaktionskammer geleitet wird. In der zweiten Reaktionskammer wird das Brennstoff-Luft-Gemisch vollständig katalytisch verbrannt und weist am Ausgang des Brenners, welcher gleichzeitig auch der Ausgang der zweiten Reaktionskammer ist, eine Temperatur im Bereich zwischen 800 °C und 900 °C auf und ist nun ein Prozessgas.

Um die katalytische Reaktion in der zweiten Reaktionskammer zu verbessern und/oder zu beschleunigen, wird günstigerweise über eine zweite Regeleinrichtung Brennstoff über eine zweite Brennstoffzuführleitung in eine kalte Seite der zweiten Verdampfungskammer geleitet, verdampft und stromabwärts davon in die zweite Reaktionskammer geleitet. Dieser Brennstoff wird in der zweiten Verdampfungskammer verdampft, wofür Wärme des Brennstoff-Luft-Gemisches, welches aus der ersten Verdampfungskammer austritt, verwendet wird. Der verdampfte Brennstoff wird anschließend in die zweite Reaktionskammer geleitet, dort mit dem in der ersten Reaktionskammer zumindest teilweise reformierten Brennstoff-Luft-Gemisch vermischt und vollständig katalytisch verbrannt. Das Brennstoff-Luft-Gemisch weist stromabwärts der zweiten Verdampfungskammer etwa eine Temperatur von 650 °C oder weniger auf, da dieses Wärme an insbesondere beide Verdampfungskammern zum Verdampfen von Brennstoff abgegeben hat.

Vorteilhaft ist es dabei, wenn das in der zweiten Reaktionskammer vollständig reformierte Brennstoff-Luft-Gemisch stromabwärts des Brenners zumindest zur Erwärmung eines Reformers und eines Wärmetauschers genutzt wird. Ein aus dem Brenner austretende Prozessgas weist eine Temperatur zwischen 800 °C und 900 °C, insbesondere etwa 950 °C, auf und kann zusätzlich oder alternativ auch zur Erwärmung von einem Verdampfer verwendet werden. Sind alle Elemente eines

Brennstoffzellensystems auf Betriebstemperatur wird das nun abgekühlte Prozessgas an die Umgebung abgegeben.

Die erste und/oder zweite Regeleinrichtung kann im Rahmen der Erfindung vorteilhaft als Injektor ausgebildet sein. Alternativ kann die erste und/oder zweite Regeleinrichtung auch als zumindest ein, insbesondere steuerbares, Ventil ausgebildet sein. Es kann jedoch auch vorgesehen sein, dass die erste und/oder zweite Regeleinrichtung einen Injektor und zumindest ein Ventil umfasst.

Es ist vorteilhaft, wenn die Regeleinrichtungen ausgeschaltet werden, sodass eine Brennstoffzufuhr über die Brennstoffzuführleitungen gestoppt wird, sobald ein selbsterhaltender Betriebspunkt des Brennstoffzellensystems erreicht ist. Der Brenner wird dann also als Nachbrenner verwendet, wobei diesem Brennstoffzellenstapelabgas, welches insbesondere Anodenabgas und Kathodenabgas umfasst, zugeführt wird. Das Brennstoffzellenstapel wird stromabwärts des Brennstoffzellenstapels der ersten Reaktionskammer zugeführt, dort zumindest teilweise katalytisch verbrannt und über die beiden Verdampfungskammern in die zweite Reaktionskammer geleitet, um vollständig verbrannt zu werden. Da kein Brennstoff den Verdampfungskammern mehr zugeführt wird, sind diese auch außer Betrieb. Wenngleich es bei einer Funktion des Brenners als Nachbrenner günstig sein kann, wenn dem Brenner keine Luft mehr zugeführt wird, kann es vorteilhaft sein, wenn dem Brenner über die Luftzuführleitung zumindest zeitweise Luft zugeführt wird.

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

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Brenners,

Fig. 2 einen Schnitt durch einen erfindungsgemäßen Brenner;

Fig. 3 ein Blockdiagramm zum Darstellen eines Brennstoffzellensystems gemäß einer erfindungsgemäßen Ausführungsform.

Fig. 1 und 2 zeigen einen erfindungsgemäßen Brenner 1 bzw. Ausschnitte davon für ein Brennstoffzellensystem 100. Dieser umfasst zwei Reaktionskammern 2, 3, welche in Strömungsrichtung mittelbar hintereinander angeordnet sind. Jede

Reaktionskammer 2, 3 weist jeweils einen Kammereingang und einen Kammerausgang auf. Der Brenner 1 weist weiter eine erste Brennstoffzuführleitung 7 und eine Luftzuführleitung 8 auf, wobei die erste Brennstoffzuführleitung 7 zum Führen eines Brennstoffes und die Luftzuführleitung 8 zum Führen von Luft ausgebildet ist. Im Rahmen der Erfindung wird als Brennstoff bevorzugt ein Ethanol-Wasser-Gemisch verwendet. Zwischen den beiden Reaktionskammern 2, 3 ist eine zwei Verdampfungskammern 4a, 4b aufweisende Verdampfungseinrichtung 4 vorgesehen. Stromaufwärts der Verdampfungseinrichtung 4 ist ein weiterer Verdampfer 6 angeordnet, welcher eine nicht dargestellte elektrische Heizeinrichtung umfasst. Der weitere Verdampfer 6 ist derart ausgebildet, dass in einem in Strömungsrichtung ersten Teil desselben Brennstoffes verdampft und in einem in Strömungsrichtung zweiten Teil des Verdampfers der Brennstoff zumindest teilweise reformiert wird. Dadurch ist der weitere Verdampfer 6 gleichzeitig auch als Reformer ausgebildet, dieser umfasst eine Verdampfer Einheit 6a und eine Reformereinheit 6b, wobei die Reformereinheit 6b stromabwärts der Verdampfereinheit 6a angeordnet und etwa doppelt so viel Volumen beansprucht wie die Verdampfereinheit 6a. Weiter umfasst der weitere Verdampfer 6 eine elektrische Heizeinrichtung. Zum Einleiten und Weiterleiten von Brennstoff ist eine Brennstoffzuführleitung 7 vorgesehen, in welche über einen ersten Injektor 11 Brennstoff in den weiteren Verdampfer 6 leitbar ist. Die Brennstoffzuführleitung 7 führt weiter in die erste Verdampfungskammer 4a und dann weiter in den Mischbereich 5 und in die erste Reaktionskammer 2. Der verdampfte und zumindest teilweise reformierte Brennstoff weist stromabwärts des weiteren Verdampfers 6 und stromaufwärts der ersten Verdampfungskammer 4a eine Temperatur von etwa 600 °C auf. Dieser wird durch die erste Verdampfungskammer 4a geleitet, welche bei einer Startphase keine weitere Funktion hat. Im Mischbereich 5 wird der verdampfte und teilweise reformierte Brennstoff mit Luft vermischt, welche über eine Luftzuführleitung 8 in den Mischbereich 5 geleitet wird. Das dadurch entstandene Brennstoff-Luft-Gemisch wird durch die erste Reaktionskammer 2, durch die erste Verdampfungskammer 4a, durch die zweite Verdampfungskammer 4b und durch die zweite Reaktionskammer 3 geleitet, um diese Komponenten auf Betriebstemperatur zu bringen. Durch das heiße Brennstoff-Luft-Gemisch werden die beiden Reaktionskammern 4a, 4b erhitzt; das katalytische Material derselben wird auf Betriebstemperatur gebracht und gezündet. Sobald dies erfolgt ist, wird die Heizeinrichtung ausgeschaltet. Dies dauert

üblicherweise etwa 2 min bis 10 min. Nun wird über den ersten Injektor 11 noch solange Brennstoff zugeführt bis ein nominaler Betriebspunkt erreicht ist. Der flüssige Brennstoff wird bis zu der ersten Verdampfungskammer 4a geleitet, wo dieser verdampft wird (über die Wärme des Brennstoff-Luft-Gemisches, welches über eine heiße Seite desselben geführt wird). Der nun gasförmige Brennstoff wird im Mischbereich mit Luft vermischt und in die erste Reaktionskammer 2 geführt, in welcher das Brennstoff-Luft-Gemisch zumindest teilweise katalytisch verbrannt wird. Stromabwärts der ersten Reaktionskammer ist die erste Verdampfungskammer 4a angeordnet, in welcher das zumindest teilweise verbrannte Brennstoff-Luft-Gemisch zum Verdampfen bzw. Wärmeaustausch mit dem Brennstoff verwendet wird, welcher über eine kalte Seite der ersten Verdampfungskammer 4a strömt. Solange der nominale Betriebspunkt noch nicht erreicht ist, wird über einen zweiten Injektor 12 Brennstoff über eine zweite Brennstoffzuführleitung 9 in die zweite Verdampfungskammer 4b geleitet. Dieser strömt also über eine kalte Seite der zweiten Verdampfungskammer 4b. Über die warme Seite der zweiten Verdampfungskammer wird das zumindest schon teilweise verbrannte Brennstoff-Luft-Gemisch geleitet, wobei die Wärme des Brennstoff-Luft-Gemisches (etwa 650 °C) zur Verdampfung des Brennstoffes in der zweiten Brennstoffzuführleitung 9 genutzt wird. Sowohl das Brennstoff-Luft-Gemisch als auch der nun verdampfte Brennstoff werden in die zweite Reaktionskammer 3 geleitet, wo eine vollständige katalytische Verbrennung erfolgt. Das aus der zweiten Reaktionskammer 3 und somit aus dem Brenner 1 austretende Gas weist nun eine Temperatur im Bereich von 800 °C bis 900 °C auf und ist zur Erwärmung der übrigen Komponenten des Brennstoffzellensystems 100 nutzbar. Sobald alle Komponenten des Brennstoffzellensystems 100 auf Betriebstemperatur gebracht sind, ist ein nominaler Betriebspunkt erreicht und die beiden Injektoren 11, 12 werden ausgeschalten.

Im nominalen Betrieb wird der Brenner 1 als Nachbrenner verwendet, wobei diesem über eine Systemabgasleitung 10 Stack Abgas zugeführt wird, sodass dieses im Brenner 1 vollständig katalytisch verbrannt wird.

Fig. 3 zeigt ein Blockdiagramm eines Brennstoffzellensystems 100 mit dem Brenner 1, wobei nicht alle Details des Brenners 1 dargestellt sind. Das Brennstoffzellensystem 1 umfasst weiter zwei Brennstoffzellenstapel 200 mit jeweils einem Anodenabschnitt 300 und einem Kathodenabschnitt 400. Darüber hinaus ist

ein Reformer 500 und ein Wärmetauscher vorgesehen. Darüber hinaus umfasst das Brennstoffzellensystem 100 einen Verdampfer 800 zum Verdampfen von Brennstoff welcher in Richtung des Reformers 500 geleitet wird, und einen Überhitzer 700 zum Überhitzen des durch den Verdampfer 800 verdampften Brennstoffes. Über eine warme Seite des Reformers 500, des Überhitzer 700 und des Verdampfers 800 wird das Stackabgas geführt, welches die für die oben angesprochenen Prozesse notwendige Wärme zur Verfügung stellt. Das Brennstoffzellensystem 100 wird mit einem flüssigen Brennstoff-Wasser-Gemisch betrieben, welches im Rahmen der Erfindung in der Regel als Brennstoff bezeichnet wird. Dieses wird von einer Brennstoffquelle 13 über eine Anodenzuführleitung über den Verdampfer 800 (dort wird das Brennstoff-Wasser-Gemisch gasförmig), den Überhitzer 700 und den Reformer 500 (dort wird das gasförmige Brennstoff-Wasser-Gemisch reformiert) dem Anodenabschnitt 300 zugeführt. Über eine Kathodenzuführleitung 10 wird Luft durch ein Gebläse 14 über einen Wärmetauscher 600 dem Kathodenabschnitt 400 zugeführt. Diese Schritte werden durchgeführt, sobald das Brennstoffzellensystem 100 in Betrieb ist, also nach einem Aufheizbetrieb.

Zum Aufheizen des Brennstoffzellensystems 100 wird der erfindungsgemäße Brenner 1 wie oben beschrieben als Startbrenner verwendet.

Beim Betrieb des Brennstoffzellensystems 100 wird der Brenner 1 als Nachbrenner verwendet. Das Anodenabgas wird stromabwärts der Brennstoffzellenstapel 200 mit dem Kathodenabgas vermischt. Dieses Stackabgas wird über dem Brenner 1 zugeführt und dort insbesondere zweistufig verbrannt.

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. Der Brenner 1 wird in einem ersten Schritt beim Kaltstart (elektrische Heizeinrichtung ist in Betrieb), bei einer Aufwärmphase (elektrische Heizeinrichtung ist ausgeschaltet, aber Injektoren 11 und 12 sind offen) als Startbrenner und bei einem nominalen Betrieb (es wird kein Brennstoff mehr über die Ventile 11, 12 zugeführt) 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 und zwei nacheinander angeordnete Reaktionskammern (2, 3) umfasst, wobei in Strömungsrichtung eine zweite Reaktionskammer (3) mittelbar auf eine erste Reaktionskammer (2) folgt, wobei die Reaktionskammern (2, 3) jeweils ein katalytisches Material aufweisen, dadurch gekennzeichnet, dass eine Verdampfungseinrichtung (4) vorgesehen ist, wobei die Verdampfungseinrichtung (4) zwischen den Reaktionskammern (2, 3) angeordnet ist.
2. Brenner (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdampfungseinrichtung (4) zwei Verdampfungskammern (4a, 4b) umfasst.
3. Brenner (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass stromaufwärts der ersten Reaktionskammer (2) ein Mischbereich (5) vorgesehen ist, wobei der Mischbereich (5) insbesondere bei einem Kammereingang der ersten Reaktionskammer (2) angeordnet ist.
4. Brenner (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein weiterer Verdampfer (6) vorgesehen ist, wobei der weitere Verdampfer (6) stromaufwärts der Verdampfungseinrichtung (4) angeordnet ist.
5. Brenner (1) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der weitere Verdampfer eine elektrische Heizeinrichtung umfasst.
6. Brenner (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass eine erste Brennstoffzuführleitung (7) vorgesehen ist, wobei über die erste Brennstoffzuführleitung (7) Brennstoff über den weiteren Verdampfer (6) und die Verdampfungseinrichtung (4), insbesondere eine erste Verdampfungskammer (4a), in den Mischbereich (5) und anschließend in die erste Reaktionskammer (2) leitbar ist.
7. Brenner (1) nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine Luftzuführleitung (8) vorgesehen ist, wobei über die Luftzuführleitung (8) Luft in den Mischbereich (5) und anschließend in die erste Reaktionskammer (2) leitbar ist.
8. Brenner (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine zweite Brennstoffzuführleitung (9) vorgesehen ist, wobei über die zweite

Brennstoffzuführleitung (9) Brennstoff über eine zweite Verdampfungskammer (4b) in die zweite Reaktionskammer (3) leitbar ist.

9. Brenner (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine Systemabgasleitung (10) vorgesehen ist, wobei über die Systemabgasleitung (10) Systemabgas über den Mischbereich (5) in den Brenner (1) leitbar ist.

10. Brennstoffzellensystem (100), insbesondere SOFC-System mit einem Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Brennstoffzellensystem ferner zumindest einen Brennstoffzellenstapel (200) mit einem Anodenabschnitt (300) und einem Kathodenabschnitt (400), einen Reformer (500) und Wärmetauscher (600) aufweist.

11. Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems (100) mit einem Brenner (1) nach Anspruch 1, insbesondere eines Brennstoffzellensystems (100) nach Anspruch 10, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- In Betrieb nehmen einer elektrischen Heizeinrichtung und Einbringen eines Brennstoffes über eine erste Regeleinrichtung in eine erste Brennstoffzuführleitung (7), wobei der Brennstoff über die erste Brennstoffzuführleitung (7) in einen weiteren Verdampfer (6) geleitet wird, um den Brennstoff zumindest zu verdampfen;
- Einleiten von Luft durch eine Luftzuführleitung (8) in einen Mischbereich (5) stromaufwärts einer ersten Reaktionskammer (2);
- Leiten des Brennstoffes über die erste Brennstoffzuführleitung (7) vom weiteren Verdampfer (6) durch eine erste Verdampfungskammer (4a) zum Mischbereich (5) stromaufwärts der ersten Reaktionskammer (2);
- Vermischen des Brennstoffes mit der Luft im Mischbereich (5) und Einleiten dieses Brennstoff-Luft-Gemisches in die erste Reaktionskammer (2);
- Katalytisches Verbrennen des Brennstoff-Luft-Gemisches;
- Ausschalten der elektrischen Heizeinrichtung.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest teilweise verbrannte Brennstoff-Luft-Gemisch von der ersten Verdampfungskammer (4b) in eine zweite Verdampfungskammer (4b) geleitet wird, wonach dieses in eine zweite Reaktionskammer (3) geleitet wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass über eine zweite Regeleinrichtung Brennstoff über eine zweite Brennstoffzuführleitung (9) in eine kalte Seite der zweiten Verdampfungskammer (4b) geleitet, verdampft und stromabwärts davon in die zweite Reaktionskammer (3) geleitet wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das in der zweiten Reaktionskammer (3) vollständig reformierte Brennstoff-Luft-Gemisch stromabwärts des Brenners (1) zumindest zur Erwärmung eines Reformers (500) und eines Wärmetauschers (600) genutzt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Regeleinrichtungen (11, 12) ausgeschaltet werden, sodass eine Brennstoffzufuhr über die Brennstoffzuführleitungen (7, 9) gestoppt wird, sobald ein selbsterhaltender Betriebspunkt des Brennstoffzellensystems (100) erreicht ist.

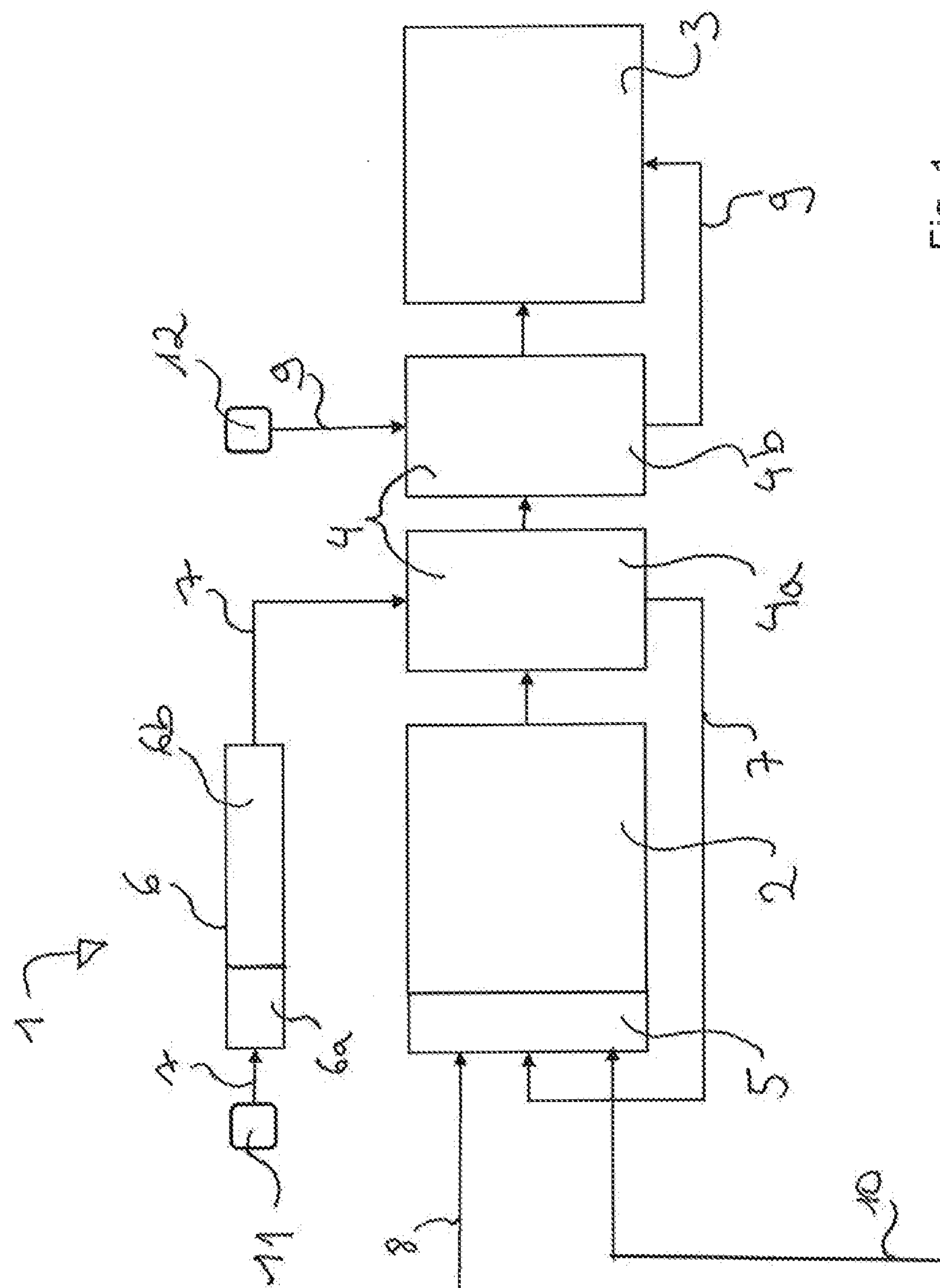


Fig. 1

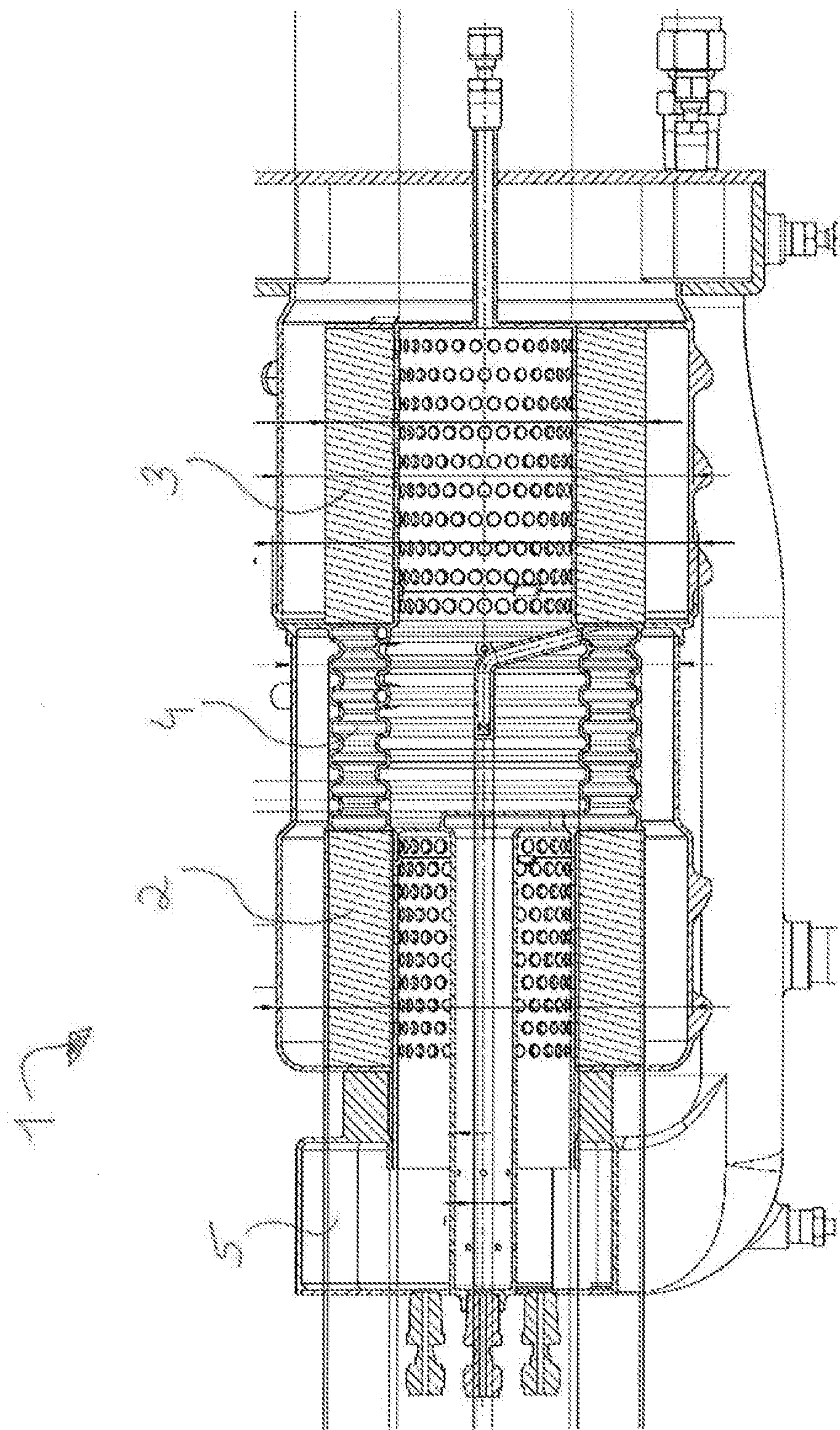


Fig. 2

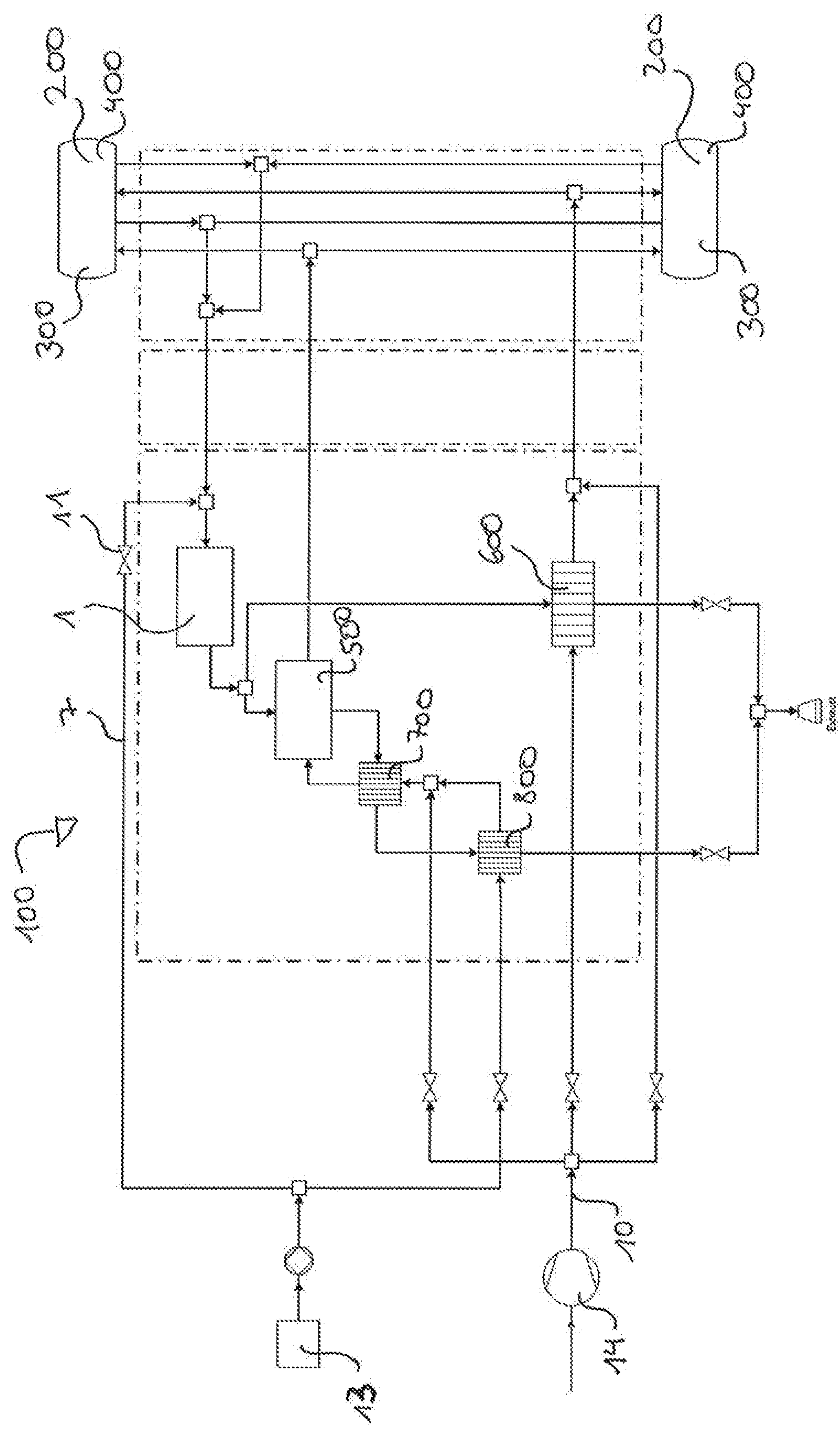


Fig. 3

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

H01M 8/04014 (2016.01); **H01M 8/04302** (2016.01); **H01M 8/0662** (2016.01); **H01M 8/04701** (2016.01); **H01M 8/04746** (2016.01); **H01M 8/0612** (2016.01); **H01M 8/04007** (2016.01); **H01M 8/124** (2016.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

H01M 8/04022 (2016.02); **H01M 8/04302** (2016.02); **H01M 8/0662** (2016.02); **H01M 8/04738** (2016.02); **H01M 8/04776** (2016.02); **H01M 8/0618** (2016.02); **H01M 8/04037** (2016.02); **H01M 2008/1293** (2016.02); **H01M 2250/20** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

H01M

Konsultierte Online-Datenbank:

EPODOC, WPI, Volltextpatentdatenbanken EN, DE

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **09.09.2019** eingereichten Ansprüchen **1-15** erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	FR 2899022 A1 (RENAULT SAS [FR]) 28. September 2007 (28.09.2007) Fig. 2 und Beschreibung hierzu	1
Y	EP 1465274 A2 (J EBERSPAECHER GMBH & CO KG [DE]) 06. Oktober 2004 (06.10.2004) Fig. 2 und Beschreibung hierzu	1
Y	WO 2019075502 A1 (AVL LIST GMBH [AT]) 25. April 2019 (25.04.2019) Beschreibungseinleitung; Anspruch 1	1
X	WO 2018146172 A1 (AVL LIST GMBH [AT], NISSAN MOTOR [JP]) 16. August 2018 (16.08.2018) Fig. 6	10

Datum der Beendigung der Recherche:

28.04.2020

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

PLESSL Christof

^{*)} Kategorien der angeführten Dokumente:

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

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

Patentansprüche

1. Brenner (1) für ein Brennstoffzellensystem (100), insbesondere ein SOFC-System, wobei der Brenner (1) als Startbrenner und/oder Nachbrenner ausgebildet und angeordnet ist und zwei nacheinander angeordnete Reaktionskammern (2, 3) umfasst, wobei in Strömungsrichtung eine zweite Reaktionskammer (3) mittelbar auf eine erste Reaktionskammer (2) folgt, wobei die Reaktionskammern (2, 3) jeweils ein katalytisches Material aufweisen, wobei eine Verdampfungseinrichtung (4) vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdampfungseinrichtung (4) zwischen den Reaktionskammern (2, 3) angeordnet ist, wobei ein weiterer Verdampfer (6) zum Verdampfen von Brennstoff vorgesehen ist, wobei der weitere Verdampfer (6) stromaufwärts der Verdampfungseinrichtung (4) angeordnet ist.
2. Brenner (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdampfungseinrichtung (4) zwei Verdampfungskammern (4a, 4b) umfasst.
3. Brenner (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass stromaufwärts der ersten Reaktionskammer (2) ein Mischbereich (5) vorgesehen ist, wobei der Mischbereich (5) insbesondere bei einem Kammereingang der ersten Reaktionskammer (2) angeordnet ist.
4. Brenner (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der weitere Verdampfer eine elektrische Heizeinrichtung umfasst.
5. Brenner (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine erste Brennstoffzuführleitung (7) vorgesehen ist, wobei über die erste Brennstoffzuführleitung (7) Brennstoff über den weiteren Verdampfer (6) und die Verdampfungseinrichtung (4), insbesondere eine erste Verdampfungskammer (4a), in den Mischbereich (5) und anschließend in die erste Reaktionskammer (2) leitbar ist.
6. Brenner (1) nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass eine Luftzuführleitung (8) vorgesehen ist, wobei über die Luftzuführleitung (8) Luft in den Mischbereich (5) und anschließend in die erste Reaktionskammer (2) leitbar ist.
7. Brenner (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine zweite Brennstoffzuführleitung (9) vorgesehen ist, wobei über die zweite

Brennstoffzuführleitung (9) Brennstoff über die zweite Verdampfungskammer (4b) in die zweite Reaktionskammer (3) leitbar ist.

8. Brenner (1) nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine Systemabgasleitung (10) vorgesehen ist, wobei über die Systemabgasleitung (10) Systemabgas über den Mischbereich (5) in den Brenner (1) leitbar ist.

9. Brennstoffzellensystem (100), insbesondere SOFC-System, mit einem Brenner nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Brennstoffzellensystem ferner zumindest einen Brennstoffzellenstapel (200) mit einem Anodenabschnitt (300) und einem Kathodenabschnitt (400), einen Reformer (500) und Wärmetauscher (600) aufweist.

10. Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems (100) mit einem Brenner (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, insbesondere eines Brennstoffzellensystems (100) nach Anspruch 9, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- In Betrieb nehmen einer elektrischen Heizeinrichtung und Einbringen eines Brennstoffes über eine erste Regeleinrichtung in eine erste Brennstoffzuführleitung (7), wobei der Brennstoff über die erste Brennstoffzuführleitung (7) in einen weiteren Verdampfer (6) geleitet wird, um den Brennstoff zumindest zu verdampfen;
- Einleiten von Luft durch eine Luftzuführleitung (8) in einen Mischbereich (5) stromaufwärts einer ersten Reaktionskammer (2);
- Leiten des Brennstoffes über die erste Brennstoffzuführleitung (7) vom weiteren Verdampfer (6) durch eine erste Verdampfungskammer (4a) zum Mischbereich (5) stromaufwärts der ersten Reaktionskammer (2);
- Vermischen des Brennstoffes mit der Luft im Mischbereich (5) und Einleiten dieses Brennstoff-Luft-Gemisches in die erste Reaktionskammer (2);
- Katalytisches Verbrennen des Brennstoff-Luft-Gemisches;
- Ausschalten der elektrischen Heizeinrichtung.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest teilweise verbrannte Brennstoff-Luft-Gemisch von der ersten Verdampfungskammer (4a) in eine zweite Verdampfungskammer (4b) geleitet wird, wonach dieses in eine zweite Reaktionskammer (3) geleitet wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass über eine zweite Regeleinrichtung (12) Brennstoff über eine zweite Brennstoffzuführleitung (9) in eine kalte Seite der zweiten Verdampfungskammer (4b) geleitet, verdampft und stromabwärts davon in die zweite Reaktionskammer (3) geleitet wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das in der zweiten Reaktionskammer (3) vollständig verbrannte Brennstoff-Luft-Gemisch stromabwärts des Brenners (1) zumindest zur Erwärmung eines Reformers (500) und eines Wärmetauschers (600) genutzt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Regeleinrichtungen (11, 12) ausgeschaltet werden, sodass eine Brennstoffzufuhr über die Brennstoffzuführleitungen (7, 9) gestoppt wird, sobald ein selbsterhaltender Betriebspunkt des Brennstoffzellensystems (100) erreicht ist.