

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer:	A 51081/2016	(51) Int. Cl.:	H01M 8/04007 (2016.01)
(22) Anmeldetag:	29.11.2016		H01M 8/04746 (2016.01)
(43) Veröffentlicht am:	15.06.2018		H01M 8/0612 (2016.01)
			H01M 8/124 (2016.01)
			H01M 8/14 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 2985830 A1
EP 2863462 A1
US 2009169931 A1

(72) Erfinder:
Planitzer Stefan
8130 Frohnleiten (AT)
Lawlor Vincent Dr.
8054 Graz (AT)
Rechberger Jürgen Dipl.Ing.
8010 Graz (AT)
Yanagisawa Masanari
211-0067 Kanagawa (JP)
Miyazaki Shinichi
236-0023 Kanagawa (JP)
Chikugo Hayato
222-0011 Kanagawa (JP)
Mano Tadaki
252-0303 Kanagawa (JP)
Yaguchi Tatsuya
224-0045 Kanagawa (JP)

(71) Patentanmelder:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)
NISSAN MOTOR CO. LTD.
220-8686 Yokohama (JP)

(72) Erfinder:
Reissig Michael Dipl.Ing. (FH)
8010 Graz (AT)
Reiter Bernd BSc
8010 Kainbach bei Graz (AT)
Mathé Jörg Dipl.Ing.
8010 Graz (AT)
Krauss Thomas Dipl.Ing.
8010 Graz (AT)

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

(54) **Brennstoffzellensystem**

(57) Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem (100) mit Brennstoffversorgungseinheit (8) und Brennstoffzelle (1, 2) mit Kathode (4, 4') und Anode (3, 3'), wobei die Kathode (4, 4') eine Kathodenzuleitung (40) und die Anode (3, 3') eine Anodenzuleitung (30) aufweist, die Anode (3, 3') über die Anodenzuleitung (30), in der eine Reformierungsvorrichtung (13) angeordnet ist, mit der Brennstoffversorgungseinheit (8) strömungsverbunden ist und eine Anodenabgasleitung (6) mit zumindest einer Brennvorrichtung (22, 23) vorgesehen ist. Erfindungsgemäß sind in der Kathodenzuleitung (40) ein erster Wärmeübertrager (16) und in der Anodenzuleitung (30) eine stromaufwärts der Reformierungsvorrichtung (13) angeordnete Verdampfungseinrichtung (12) und ein zweiter Wärmeübertrager (29) vorgesehen, wobei sich die Anodenabgasleitung (6) stromabwärts der Brennvorrichtung (22, 23) in jeweils mit einer Abgasauslassöffnung (21) verbundene erste (6a) und zweite Anodenabgassteileitungen (6b) teilt,

und wobei die erste Anodenabgassteileitung (6a) über eine warme Seite des ersten Wärmeübertragers (16) geführt ist und die zweite Anodenabgassteileitung (6b) über eine warme Seite des zweiten Wärmeübertragers (29) geführt ist und die Verdampfungseinrichtung (12) über die zweite Anodenabgassteileitung (6b) erwärmbar ist.

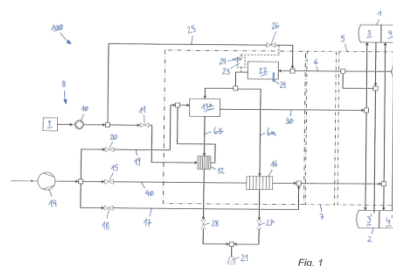


Fig. 1

ZUSAMMENFASSUNG

Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem (100) mit Brennstoffversorgungseinheit (8) und Brennstoffzelle (1, 2) mit Kathode (4, 4') und Anode (3, 3'), wobei die Kathode (4, 4') eine Kathodenzuleitung (40) und die Anode (3, 3') eine Anodenzuleitung (30) aufweist, die Anode (3, 3') über die Anodenzuleitung (30), in der eine Reformierungsvorrichtung (13) angeordnet ist, mit der Brennstoffversorgungseinheit (8) strömungsverbunden ist und eine Anodenabgasleitung (6) mit zumindest einer Brennvorrichtung (22, 23) vorgesehen ist.

Erfindungsgemäß sind in der Kathodenzuleitung (40) ein erster Wärmeübertrager (16) und in der Anodenzuleitung (30) eine stromaufwärts der Reformierungsvorrichtung (13) angeordnete Verdampfungseinrichtung (12) und ein zweiter Wärmeübertrager (29) vorgesehen, wobei sich die Anodenabgasleitung (6) stromabwärts der Brennvorrichtung (22, 23) in jeweils mit einer Abgasauslassöffnung (21) verbundene erste (6a) und zweite Anodenabgasteilleitungen (6b) teilt, und wobei die erste Anodenabgasteilleitung (6a) über eine warme Seite des ersten Wärmeübertragers (16) geführt ist und die zweite Anodenabgasteilleitung (6b) über eine warme Seite des zweiten Wärmeübertragers (29) geführt ist und die Verdampfungseinrichtung (12) über die zweite Anodenabgasteilleitung (6b) erwärmbar ist.

Fig. 1

BRENNSTOFFZELLENSYSTEM

Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem, umfassend eine Brennstoffversorgungseinheit, zumindest eine Brennstoffzelle mit einer Kathode und einer Anode, wobei die Kathode eine Kathodenzuleitung aufweist und die Anode eine Anodenzuleitung aufweist und die Anode über die Anodenzuleitung mit der Brennstoffversorgungseinheit strömungsverbunden ist und in der Anodenzuleitung eine Reformierungsvorrichtung angeordnet ist, und eine Anodenabgasleitung zur Ableitung zumindest von Anodenabgas aus der Anode, wobei in der Anodenabgasleitung zumindest eine Brennvorrichtung angeordnet ist.

Ein Brennstoffzellensystem, das beispielsweise als Hilfsstromversorgungseinrichtung in Kraftfahrzeugen oder als „stationäres Kraftwerk“ (APU – „Auxiliary Power Unit“) verwendet wird, umfasst üblicherweise zumindest eine Brennstoffzelle zum Erzeugen von elektrischem Strom aus Kathodenluft und Brenn- bzw. Reformatgas. Eine derartige Brennstoffzelle ist dabei üblicherweise aus einer Vielzahl einzelner Brennstoffzellenelemente zusammengesetzt, die aufeinander gestapelt sind und als Brennstoffzellenstapel bezeichnet werden. Unter einer Brennstoffzelle, insbesondere einer Hochtemperaturbrennstoffzelle, versteht der Fachmann beispielsweise eine Schmelzkarbonatbrennstoffzelle (englisch: Molten Carbonate Fuel Cell, MCFC), die bei Betriebstemperaturen etwa von 580°C bis 675°C arbeitet. Als Elektrolyt wird bei diesem Brennstoffzellentyp meist eine Alkalicarbonat-Mischschmelze aus Lithium- und Kaliumcarbonat verwendet. Des Weiteren sind auch Festoxidbrennstoffzellen (englisch: Solid Oxide Fuel Cell, SOFC) bekannt. Festoxidbrennstoffzellen werden bei Betriebstemperaturen von etwa 650°C bis 1000°C betrieben.

Der Elektrolyt dieses Zelltyps besteht aus einem festen keramischen Werkstoff, der in der Lage ist, Sauerstoffionen zu leiten, für Elektronen jedoch isolierend wirkt. An beiden Seiten der Elektrolytschicht sind die Elektroden sowie Kathode und Anode angebracht. Sie sind gasdurchlässige elektrische Leiter. Der sauerstoffionenleitende Elektrolyt ist beispielsweise als dünne Membran ausgeführt, um bei den genannten hohen Temperaturen die Sauerstoffionen energiearm transportieren zu können. Die dem Elektrolyt abgewandte, äußere Seite der Kathode wird von Luft (nachfolgend unter anderem als Kathodengas bezeichnet) umgeben, die äußere Anodenseite von

Brenn- bzw. Reformatgas. Ungenutzte Luft und ungenutztes Brenngas sowie Verbrennungsprodukte werden beispielsweise durch Absaugen abgeleitet.

Zum Erzeugen von Reformatgas kann das Brennstoffzellensystem mit einer Reformierungsvorrichtung ausgestattet sein, die aus einem Kraftstoff, meist einem Kohlenwasserstoff wie beispielsweise Erdgas, Diesel oder einem Alkohol, sowie gegebenenfalls aus Reformierluft und/oder Wasserdampf das Reformatgas erzeugt. Das Reformatgas enthält dann unter anderem Wasserstoffgas und Kohlenmonoxid. Die Reformierung kann dabei in einer separaten Reformervorrichtung oder aber in der Brennstoffzelle selbst erfolgen. Das Brennstoffzellensystem kann außerdem mit einer Luftversorgungseinrichtung ausgestattet sein, die mittels einer Luftfördereinrichtung aus einer Umgebung des Brennstoffzellensystems Umgebungsluft ansaugt und diese beispielsweise in Reformierluft und Kathodenluft unterteilt. Die Reformierluft kann dann über eine Reformierluftleitung dem Reformierzugeführt werden, während die Kathodenluft über eine Kathodenzuleitung einer Kathodenseite der wenigstens einen Brennstoffzelle zugeführt werden kann.

Nachteilig an bekannten Lösungen ist insbesondere, dass viel von der in der Brennstoffzelle gewonnenen Energie als Abwärme über das Anodenabgas ungenutzt in die Umgebung entweicht. Hohe, theoretisch umsetzbare Wirkungsgrade derartiger Brennstoffzellensysteme können damit nicht erreicht werden.

Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, diese Nachteile des Stands der Technik zu beheben und ein Brennstoffzellensystem mit hohem Wirkungsgrad bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird mit einem eingangs erwähnten Brennstoffzellensystem erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass in der Kathodenzuleitung zumindest ein erster Wärmeübertrager angeordnet ist, in der Anodenzuleitung zumindest eine Verdampfungseinrichtung und ein zweiter Wärmeübertrager angeordnet sind und die Verdampfungseinrichtung stromaufwärts der Reformierungsvorrichtung angeordnet ist, wobei sich die Anodenabgasleitung stromabwärts der Brennvorrichtung in eine mit einer Abgasauslassöffnung verbundene erste Anodenabgasteilleitung und eine mit einer Abgasauslassöffnung verbundene zweite Anodenabgasteilleitung teilt, wobei die erste Anodenabgasteilleitung über eine warme bzw. heiße Seite des ersten Wärmeübertragers geführt ist und die zweite Anodenabgasteilleitung über eine warme

Seite des zweiten Wärmeübertragers geführt ist und die Verdampfungseinrichtung über die zweite Anodenabgasteilleitung erwärmbar ist.

Unter einem Wärmeübertrager wird im Rahmen der vorliegenden Offenbarung insbesondere eine Vorrichtung zur indirekten Wärmeübertragung verstanden, wo Stoffströme unterschiedlicher Temperaturniveaus räumlich durch eine wärmedurchlässige Wand getrennt sind. Ziel ist dabei der Wärmeübergang vom wärmeren auf den kühleren Stoffstrom, wobei mit kalter bzw. kühler Seite des Wärmeübertragers der Bereich des kühleren Stoffstroms verstanden wird, während mit warmer bzw. heißer Seite des Wärmeübertragers der Bereich des wärmeren Stoffstroms verstanden wird.

Eine Verdampfungsvorrichtung im Sinne der Erfindung bezeichnet eine Sonderform eines Wärmeübertragers, wo der Aggregatzustand eines Mediums durch Wärmeübertragung von einem räumlich getrennt bewegten Stoffstrom verändert wird, wobei insbesondere ein flüssiges Medium in die Dampfphase gebracht wird.

Ein mit der Erfindung erzielter Vorteil ist insbesondere darin zu sehen, dass durch Verlauf und Anordnung der Anodenabgasleitung sowie Aufteilung in parallel durchströmte erste und zweite Anodenabgasteilleitungen Abwärme der Brennstoffzellenreaktion im Anodenabgas effizient nutzbar ist. Das Anodenabgas hoher Temperatur durchströmt sowohl die Reformierungsvorrichtung als auch die Verdampfungseinrichtung sowie die beiden Wärmeübertrager. Die Wärme des Anodenabgases ist somit optimal für eine Wechselwirkung bzw. Wärmeübertrag mit Strömen in der Anodenzuleitung und Kathodenzuleitung nutzbar. Durch die Teilung der Anodenabgasleitung in eine erste und zweite Anodenabgasleitung ist jedes dieser Elemente mit einer für einen Wärmeübertrag ausreichenden Temperatur beaufschlagbar und die Massenströme lassen sich anwendungsbedingt einstellen bzw. regeln.

Ein in der Kathodenzuleitung geführtes Medium, insbesondere Luft, strömt durch eine kalte Seite des ersten Wärmeübertragers wohingegen das Anodenabgas durch die erste Anodenabgasteilleitung eine warme Seite desselben strömt, wodurch das Anodenabgas Wärme abgibt und das in der Kathodenzuleitung geführte Medium diese aufnimmt. Entsprechendes erfolgt auch in der zweiten Anodenabgasteilleitung, in welcher das warme Anodenabgas durch warme Seiten des zweiten

Wärmeübertragers und durch eine warme Seite der Verdampfungseinrichtung strömt, wobei das Anodenabgas Wärme mit dem in der Anodenzuleitung geführtem Medium, insbesondere Brennstoff, austauscht.

Des Weiteren wird durch das Anodenabgas auch der Reformierungseinheit die für die Reformierungsreaktion – insbesondere bei der endothermen Reformierung – notwendige Wärmeenergie zugeführt.

Durch die Aufteilung der Anodenabgasleitung in zwei im Wesentlichen parallel durchströmte Anodenabgasteilleitungen wird außerdem ein Druckverlust im Brennstoffzellensystem vermindert, was den Wirkungsgrad weiter erhöht.

Die Brennstoffversorgungseinheit weist vorteilhafterweise einen Brennstofftank auf, in welchem der Brennstoff gelagert ist. Grundsätzlich kann das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem mit einem beliebigen Brennstoff insbesondere einem flüssigen Kohlenwasserstoff wie Erdgas, Diesel oder einem Alkohol wie Ethanol betrieben werden. Es ist insbesondere von Vorteil, wenn der Brennstoff als Mischung aus Wasser und Ethanol ausgebildet ist. Dieser kann insbesondere bereits gemischt in der Brennstoffversorgungseinheit bereitgestellt werden, es kann jedoch auch günstig sein, wenn jeweils ein separater Tank für Wasser und Ethanol vorgesehen ist. Sind zwei Tanks vorgesehen, ist es zweckmäßig, eine Mischvorrichtung zum Mischen von Wasser und Ethanol vorzusehen.

Grundsätzlich können die erste und zweite Anodenabgasteilleitungen an deren Enden jeweils eigene Abgasauslassöffnungen aufweisen, in einer Variante der Erfindung sind jedoch die erste Anodenabgasteilleitung und zweite Anodenabgasteilleitung zu einer gemeinsamen Abgasauslassöffnung geführt. Über die Abgasauslassöffnung wird das Anodenabgas in die Umgebung abgeführt, wobei aufgrund der Wechselwirkungen mit den verschiedenen Elementen ein Großteil der Wärme des Anodenabgases umgewandelt wurde und z.B. an die Temperaturbeständigkeit der für die Abgasauslassöffnung verwendeten Materialien keine großen Anforderungen gestellt werden, was die Herstellkosten reduziert.

Vorteilhafterweise ist in der ersten Anodenabgasteilleitung, vorzugsweise stromabwärts der warmen Seite des ersten Wärmeübertragers, eine erste Regelventilvorrichtung vorgesehen und/oder in der zweiten Anodenabgasteilleitung, vorzugsweise stromabwärts der Verdampfungseinrichtung, eine zweite

Regelventilvorrichtung vorgesehen. Dadurch ist eine Durchflussmenge des Anodenabgases durch die erste und zweite Anodenabgasteilleitung beeinfluss- bzw. regelbar. Des Weiteren kann dadurch ein Durchfluss des Anodenabgases durch eine der beiden Anodenabgasleitungen auch gänzlich gestoppt werden. Der Wärmeeintrag in die verschiedenen Elemente des Brennstoffzellensystems und somit auch ein Wärmeübertrag zu den in der Kathodenzuleitung und Anodenzuleitung geführten Medien sind präzise regelbar und können an unterschiedliche Anwendungsfälle angepasst werden.

Zusätzlich oder alternativ zu den Regelventilvorrichtungen können die Anodenabgasteilleitungen mit verschiedenen Geometrien bzw. Querschnittsflächen oder Durchmessern ausgeführt werden, um den Massenfluss zu steuern.

Beispielsweise kann die erste Anodenabgasteilleitung mit einem größeren Durchmesser als die zweite Anodenabgasteilleitung ausgebildet sein, um einen hohen Wärmeübertrag auf den der Kathode zugeführten Stoffstrom sicherzustellen.

Zweckmäßig ist es, wenn in der zweiten Anodenabgasteilleitung geführtes Anodenabgas die Reformierungsvorrichtung so durchströmt, dass ein Wärmeübertrag auf die Reformierungsvorrichtung erfolgt. Mit anderen Worten werden sowohl der in der Anodenzuleitung geführte Stoffstrom als auch das Anodenabgas durch die Reformierungsvorrichtung geführt, wobei zwischen den Stoffströmen eine wärmedurchlässige räumliche Trennung vorgesehen ist. Die Reformierungsvorrichtung und insbesondere der darin in Richtung der Anode(n) geführte Stoffstrom werden also so erhitzt, dass das für eine ordnungsgemäße Reformierungsreaktion notwendige Temperaturniveau erreicht wird.

In einer Variante der Erfindung ist der zweite Wärmeübertrager als Überhitzer ausgeführt, um den Brennstoff auf eine Temperatur höher als 350°C, bzw. auf ein für die Reformierungsreaktion notwendiges Temperaturniveau, zu erhitzen. Unter einem Überhitzer ist also insbesondere ein Wärmeübertrager zu verstehen, der einen Stoffstrom auf eine für eine Reformierungsreaktion notwendige Temperatur aufheizt.

Vorteilhafterweise sind der zweite Wärmeübertrager und die Reformierungsvorrichtung in ein Überhitzungsreformerelement als gemeinsames Bauteil kombiniert. Dadurch beaufschlagt das in der zweiten Anodenabgasteilleitung geführte warme Anodenabgas den zweiten Wärmeübertrager und die

Reformierungseinrichtung gleichzeitig mit Wärme – der zugeführte Stoffstrom wird auf die für die Reformierungsreaktion notwendige Temperatur gebracht und reformiert.

In einer weiteren Variante der Erfindung sind der zweite Wärmeübertrager und die Verdampfungseinrichtung in ein Verdampfer-Überhitzerelement (12a) als gemeinsames Bauteil kombiniert. Dadurch beaufschlagt das in der zweiten Anodenabgasteilleitung geführte warme Anodenabgas den zweiten Wärmeübertrager und die Verdampfungseinrichtung gleichzeitig mit Wärme. Der in der Anodenzuleitung geführte Brennstoff wird somit gleichzeitig verdampft und überhitzt.

Diese kombinierten Bauteile bringen insbesondere Vorteile bei Anwendungen, in denen für das Brennstoffzellensystem nur wenig Platz zur Verfügung steht, wie es beispielsweise in Fahrzeugen der Fall ist. Des Weiteren wird verhindert, dass es in Rohrleitungen zwischen Verdampfungs- und Überhitzer zu Wärmeverlusten oder womöglich Kondensation des verdampften Brennstoffs kommt.

Besonders günstig ist es, wenn in Strömungsrichtung nach der Brennvorrichtung die Reformierungseinrichtung vor dem zweiten Wärmeübertrager mit Anodenabgas durchströmbar ist, wobei vorzugsweise die Verdampfungseinrichtung nach dem zweiten Wärmeübertrager von Anodenabgas durchströmbar ist. Auf diese Weise lässt sich die Wärmeenergie des Anodenabgases besonders effizient nutzen und an die Stellen des Brennstoffzellensystems bringen, wo sie benötigt wird. Das Anodenabgas durchströmt zuerst die Reformierungseinrichtung und stellt die für die Reformierungsreaktion benötigte Wärmemenge bereit, bevor es weiter durch den zweiten Wärmeübertrager und die Verdampfungseinrichtung strömt. Dadurch ist die gesamte Wärmeenergie des in der zweiten Anodenabgasteilleitung geführten Anodenabgases optimal nutzbar.

Vorteilhafterweise teilt sich die Anodenabgasleitung stromabwärts der Reformierungsvorrichtung in die erste Anodenabgasteilleitung und die zweite Anodenabgasteilleitung, wobei das Anodenabgas nach der Brennvorrichtung die Reformierungsvorrichtung durchströmt.

Günstigerweise handelt es sich bei der Brennvorrichtung um einen katalytischen Brenner oder eine Startbrennereinheit mit Zündvorrichtung oder ein Kombinationselement mit katalytischem Brenner und Startbrennvorrichtung. Die

Brennvorrichtung ist als katalytischer Brenner zum Verbrennen von Brennstoffresten und anderen Beiprodukten aus der Brennstoffzellenreaktion im Anodengas ausgebildet. In Abhängigkeit vom verwendeten Brennstoff besteht das Anodenabgas beispielhaft aus etwa 80 Prozent Wasser und Kohlendioxid und etwa 20 Prozent Wasserstoff und Kohlenmonoxid. Der katalytische Brenner wandelt die 20 Prozent Wasserstoff und Kohlenmonoxid ebenfalls in Wasser und Kohlendioxid um. Zusätzlich kann eine Startbrennvorrichtung oder ein separater Startbrenner mit einer solchen Startbrennvorrichtung vorgesehen sein. Dieser kann jedoch auch in einer zwischen Brennstoffversorgung und Anodenabgasleitung verlaufenden Leitung, die stromabwärts der Brennvorrichtung in die Anodenabgasleitung einmündet, vorgesehen sein. Es ist auch möglich, einen katalytischen (Nach)Brenner und eine Startbrennvorrichtung mit einer separaten Brennstoffversorgung als ein gemeinsames Element zu kombinieren.

In einer Variante der Erfindung ist eine Startbrennstoffleitung zwischen der Brennstoffversorgungseinheit und der Anodenabgasleitung vorgesehen, in der vorzugsweise eine Startbrennstoffzumesseinrichtung angeordnet ist. Über die Startbrennstoffzumesseinrichtung ist die Brennvorrichtung und/oder eine Startbrennereinheit mit der Brennstoffversorgungseinheit strömungsverbindbar. Über diese Startbrennstoffleitung ist insbesondere in einer Start- bzw. Aufwärmphase des Brennstoffzellensystems Brennstoff zuführbar, um das System – im Wesentlichen die Reformierungsvorrichtung und die Verdampfungseinrichtung – auf eine notwendige Betriebstemperatur zu erhöhen.

Um eine Brennstoffmenge in der Anodenzuleitung zu regulieren ist vorteilhafterweise in der Anodenzuleitung stromaufwärts der Verdampfungseinrichtung eine Brennstoffeinspritzvorrichtung angeordnet. Damit kann die zugeführte Brennstoffmenge je nach Betriebsphase bzw. Bedarf reguliert und insbesondere auch in einer Form eingebracht werden, die die Verdampfung in der Verdampfungseinrichtung begünstigt.

In einer Variante der Erfindung zweigt von der Kathodenzuleitung stromaufwärts des ersten Wärmeübertragers zumindest eine Bypassleitung von der Kathodenzuleitung ab, die stromabwärts des ersten Wärmeübertragers wieder in die Kathodenzuleitung einmündet, wobei in der Bypassleitung vorzugsweise eine Bypassregelventilvorrichtung angeordnet ist. Auf diese Weise lässt sich die

Temperatur des kathodenseitig zugeführten Mediums regulieren bzw. verhindern, dass die der Kathode zugeführte Luft mit zu hoher Temperatur in die Brennstoffzelle eintritt und es zu Beschädigungen aufgrund von thermischen Spannungen kommt.

In einer weiteren Variante der Erfindung zweigt von der Kathodenzuleitung stromaufwärts des ersten Wärmeübertragers zumindest eine Spülluftleitung ab, die stromaufwärts der Reformierungsvorrichtung in die Anodenzuleitung einmündet, wobei in der Spülluftleitung vorzugsweise eine Spülluftregelventilvorrichtung angeordnet ist. Über die Spülluftleitung ist einerseits das Brennstoffzellensystem nach einem Abschalten spülbar, beispielsweise mit Luft oder einem anderen Medium. Damit wird verhindert, dass die Anoden oxidieren und/oder dass es aufgrund der Bildung von Nickelcarbonyl im System zur Gesundheitsgefährdung der Umgebung bzw. Nutzern des Brennstoffzellensystems kommt. Andererseits kann über die Spülluftleitung der Startprozess bzw. das Aufheizen des Brennstoffzellensystems unterstützt werden, da die über die Spülluftleitung zugeführte Luft die Reformierreaktion unterstützt. In einem beispielhaften Betriebsverfahren wird die Verdampfungseinrichtung über das mithilfe einer Starbrennvorrichtung aufgewärmte Anodenabgas auf Temperatur gebracht, wonach über die Anodenzuleitung eine geringe Menge an Brennstoff der Verdampfungseinrichtung zugeführt wird, um diesen zu verdampfen. Der nun überwiegend gasförmige Brennstoff wird anschließend der Reformierungsvorrichtung zugeführt, wobei über die Spülluftleitung auch Luft zugeführt wird. Es erfolgt folglich eine exotherme Reaktion an der Reformierungsvorrichtung, wodurch frühzeitig heißes Gas zur Anode führbar ist. Dadurch kann die Aufheizzeit des Brennstoffzellensystems deutlich reduziert werden. Des Weiteren hat diese exotherme Reaktion auch eine Schutzfunktion für die Anode, da das dabei entstehende Gas den Sauerstoff in der Anode verdrängt.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines nicht einschränkenden Ausführungsbeispiels näher erläutert, das in der Figur dargestellt ist. Darin zeigt

Fig. 1 eine schematische Ansicht einer ersten Variante eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems,

Fig. 2 eine schematische Ansicht einer zweiten Variante eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems, und

Fig. 3 eine schematische Ansicht einer dritten Variante eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems.

In den nachfolgenden Figuren sind aus Gründen der Übersichtlichkeit gleichartige Elemente mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

Alle dargestellten Varianten zeigen ein Brennstoffzellensystem 100 mit Brennstoffzellen in Form von zwei Brennstoffzellen-Stacks 1, 2, die aus jeweils mehreren gestapelten Brennstoffzellen bestehen. Die Brennstoffzellen weisen jeweils Anode 3, 3' und Kathode 4, 4' auf, die über einen Prozessgasverteiler 5 mit den notwendigen Betriebsmedien versorgt werden. Die einzelnen Stacks 1, 2 werden dabei gesammelt versorgt.

Dementsprechend ist eine zur Anode 3, 3' führende Anodenzuleitung 30 für Brenn- bzw. Reformatgas und eine zur Kathode 4, 4' führende Kathodenzuleitung 40 für – im Wesentlichen – Luft bzw. Umgebungsluft vorgesehen. Eine Anodenabgasleitung 6 dient zur Ableitung der Abgase der Brennstoffzelle wie z.B. Luft und ungenutztem Brenngas und weiterer Verbrennungsprodukte, zumindest aber von Anodenabgas aus der Anode 3, 3'. Über eine Schnittstellenvorrichtung 7 sind die Brennstoffzellen-Stacks 1, 2 mit Versorgungs- bzw. Peripherieeinrichtungen verbunden, dem „Balance of Plant“ (BOP). Dazu zählen Brennstoffaufbereitung und –zuleitung, Luftversorgung und elektrische Komponenten (nachfolgend nicht weiter diskutiert).

Die Anlagenperipherie weist eine Brennstoffversorgungseinheit 8 auf, die einen Brennstofftank 9 und eine Brennstoffpumpe 10 umfasst. Als Brennstoff kann insbesondere flüssiger Brennstoff, meist ein flüssiger Kohlenwasserstoff wie Erdgas, Diesel oder ein Alkohol, zur Anwendung kommen. Die Anode 3, 3' ist über die Anodenzuleitung 30 mit der Brennstoffversorgungseinheit 8 verbunden.

Der Brennstoff wird in flüssiger Form über eine Brennstoffeinspritzvorrichtung 11 in eine Verdampfungseinrichtung 12 eingebracht, in der der Brennstoff unter Wärmezufuhr verdampft wird. Danach wird der verdampfte Brennstoff einer Reformierungsvorrichtung 13 zugeführt, in der wasserstoffreiches Brenn- bzw. Reformatgas erzeugt wird, das in der Brennstoffzelle in elektrische Energie umgewandelt wird. Bei der Reformierung wird der Brennstoff entweder unter Zugabe von Luft und/oder zusammen mit Wasser(dampf) über eine Katalysatoroberfläche geführt und in Wasserstoff, Kohlendioxid, Kohlenmonoxid und Dampf umgewandelt –

die genaue Zusammensetzung des Brenngases hängt dabei vom verwendeten Brennstoff ab. Der Dampfreformierung als endothermem Prozess muss die dabei benötigte Wärme zugeführt werden. Je höher die Reformierungstemperatur und je höher der Wasser(dampf)anteil desto reiner ist das resultierende Brenn- bzw. Reformatgas.

Nach der Reformierungsvorrichtung 13 wird das Brenn- bzw. Reformatgas über die Anodenzuleitung 30 den Anoden 3, 3' der Brennstoffzellen-Stacks 1, 2 zugeführt.

Die für die Brennstoffzellenreaktion notwendige Luft wird mittels einer Luftfördereinrichtung – beispielsweise einem Gebläse 14 – über die Kathodenzuleitung 40 zugeführt. Dabei ist in der Kathodenzuleitung 40 eine Kathodenluftregelvorrichtung 15 in Form eines Regelventils vorgesehen, mit der die der Kathode 4, 4' zugeführte Luftmenge geregelt werden kann. Um die der Kathode 4, 4' zugeführte Luft vorzuwärmen – einerseits, um die Reaktion zu begünstigen, andererseits, um aufgrund der hohen Temperaturen der Anode Wärmespannungen in den Brennstoffzellen-Stacks 1, 2 zu verhindern – ist in der Kathodenzuleitung 40 ein erster Wärmeübertrager 16 vorgesehen, der in bekannter Weise eine heiße Seite und eine kalte Seite aufweist, die jeweils von Medien unterschiedlicher Temperaturniveaus durchströmt werden, so dass ein Wärmeübergang von der heißen auf die kalte Seite erfolgen kann, wobei die Wärmeströme räumlich getrennt sind. Das der Kathode 4, 4' zugeführte Medium wird dabei über die kalte Seite des ersten Wärmeübertragers 16 geführt und strömt dann weiter zum Prozessgasverteiler 5 bzw. zur Kathode 4, 4'.

In den dargestellten Varianten zweigt zwischen dem Gebläse 14 und der Kathodenluftregelvorrichtung 15 eine Bypassleitung 17 von der Kathodenzuleitung 40 ab, die stromabwärts des ersten Wärmeübertragers 16 wieder in die Kathodenzuleitung 40 einmündet. In der Bypassleitung 17 ist eine Bypassregelventilvorrichtung 18 angeordnet, mit der der Durchfluss geregelt werden kann. Über die Bypassleitung 17 kann in bestimmten Betriebszuständen die Kathodenluft teilweise oder vollständig am ersten Wärmeübertrager 16 vorbeigeführt werden, was ein Temperieren der der Kathode 4, 4' zugeführten Luft ermöglicht. Auf diese Weise können Wärmespannungen in den Brennstoffzellen-Stacks 1, 2, die beispielsweise durch zu rasches Aufheizen auftreten könnten, bzw. generell ein Beschädigen der Kathode 4, 4' durch zu heiße Luft verhindert werden.

Zwischen Gebläse 14 und Kathodenluftregelvorrichtung 15 zweigt außerdem eine Spülluftleitung 19 von der Kathodenzuleitung 40 ab, die stromaufwärts der Reformierungsvorrichtung 13, vorzugsweise zwischen Verdampfungseinrichtung 12 und Reformierungsvorrichtung 13, in die Anodenzuleitung 30 einmündet. In der Spülluftleitung 19 ist eine Spülluftregelventilvorrichtung 20 angeordnet, mit der der Durchfluss bedarfsabhängig geregelt werden kann. Über die Spülluftleitung 19 kann dem verdampften Brennstoff Luft zugeführt werden um die Reaktion in der Reformierungsvorrichtung 13 zu unterstützen. Das ist insbesondere in einer Hochfahrphase des Brennstoffzellensystems 100 von Vorteil: Die über die Spülluftleitung 19 zugeführte Luft unterstützt die Reformierungsreaktion und verkürzt die Aufheizzeit des Systems.

Die Abgase aus Anode 3, 3' und Kathode 4, 4' werden in den Brennstoffzellen-Stacks 1, 2 gesammelt und über den Prozessgasverteiler 5 und die Anodenabgasleitung 6 zu einer Abgasauslassöffnung 21 geführt, wo sie z.B. in die Umgebung abgeleitet werden.

Die Abgase verlassen die Brennstoffzellen-Stacks 1, 2 mit hohen Temperaturen, die erfindungsgemäß zur Erhöhung des Gesamtwirkungsgrades genutzt werden.

Stromabwärts des Prozessgasverteilers 5 ist eine Brennvorrichtung 22 angeordnet. In der Brennvorrichtung 22 kann einerseits beim Hochfahren des Brennstoffzellensystems 1 Brennstoff in Wärme umgewandelt werden, um die Brennstoffzellen in den Brennstoffzellen-Stacks 1, 2 rasch auf Betriebstemperatur zu bringen. Andererseits können Brennstoffreste und sonstige in den Abgasen (insbesondere den Anodenabgasen) enthaltene Reaktionsprodukte verbrannt werden, um eine vollständige Umsetzung zu gewährleisten.

In den Fig. 1 bis 3 ist die Brennvorrichtung 22 als Kombinationselement aus einem katalytischen Brenner („Oxi-Kat“) und einer Startbrennvorrichtung ausgeführt. Die Startbrennvorrichtung weist dabei eine Zündvorrichtung 24 auf, beispielsweise einen elektrisch betriebenen Zünder, mit der Brennstoff verbrannt werden kann. Eine Startbrennstoffleitung 25 führt von der Brennstoffversorgungseinheit 8 zur Anodenabgasleitung 6, wo sie stromaufwärts der Brennvorrichtung 22 einmündet. In den dargestellten Ausführungsbeispielen zweigt die Startbrennstoffleitung 25 zwischen der Brennstoffversorgungseinheit 8 und der Brennstoffeinspritzvorrichtung

11 von der Anodenzuleitung 30 ab. Des Weiteren ist in der Startbrennstoffleitung 25 eine Startbrennstoffzumesseinrichtung 26 vorgesehen, mit der der Brennstoff dosiert bzw. eingespritzt werden kann. Fig. 1 zeigt strichliert eine alternative Führung der Startbrennstoffleitung 25 nach der Startbrennstoffzumesseinrichtung 26, die zu einer separaten Startbrennvorrichtung 23 führt, die mit der Zündvorrichtung 24 versehen ist und deren Verbrennungsprodukte stromabwärts der Brennvorrichtung 22 in die Anodenabgasleitung 6 eingeleitet werden. Die in Fig. 1 in der Brennvorrichtung 22 dargestellte Zündvorrichtung 24 kann bei dieser Variante idealerweise entfallen, die Brennvorrichtung 22 fungiert nur als katalytischer Nachbrenner.

In einem beispielhaften Betriebsverfahren des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems 100 wird in einer Startphase über die Startbrennstoffleitung 25 Brennstoff zugeführt und die Zündvorrichtung 24 aktiviert. Damit wird in der Brennvorrichtung 22 bzw. in der Startbrennvorrichtung 23 Wärme generiert, die das Aufheizen des Systems beschleunigt, insbesondere über die nachfolgend beschriebenen Wärmeübertrager. Sobald ein gewisses Temperaturniveau erreicht ist, können die Zündvorrichtung 24 bzw. die Startbrennvorrichtung 23 deaktiviert werden, die Zumessung von Brennstoff über die Startbrennstoffleitung 25 wird gegebenenfalls reduziert, jedenfalls aber fortgesetzt. Das ist insbesondere dann von Vorteil, wenn die Brennstoffreste und Beiprodukte im Abgas der Brennstoffzellen-Stacks 1, 2 noch nicht ausreichen, um in der Brennvorrichtung 22 ausreichend Wärme zu generieren. Sobald das Brennstoffzellensystem 100 die optimale Betriebstemperatur erreicht hat, kann auch die Beimessung von Brennstoff über die Startbrennstoffleitung 25 eingestellt werden. Dadurch kann die Aufheizzeit des Brennstoffzellensystems 100 auf Betriebstemperatur verkürzt werden.

Um eine möglichst vollständige Nutzung der Abwärme der Brennstoffzellen-Stacks 1, 2 zu gewährleisten, teilt sich erfindungsgemäß die Anodenabgasleitung 6 stromabwärts der Brennvorrichtung 22 in eine erste Anodenabgasteilleitung 6a und eine zweite Anodenabgasteilleitung 6b, die in eine gemeinsamen Abgasauslassöffnung 21 münden. In nicht dargestellten Varianten kann auch jede Anodenabgasteilleitung 6a, 6b in eine eigene Abgasauslassöffnung münden. Zur Regulierung der durch die jeweilige Anodenabgasteilleitung 6a, 6b fließenden Abgasmenge ist in der ersten Anodenabgasteilleitung 6a eine erste Regelventilvorrichtung 27 vorgesehen und in der zweiten Anodenabgasteilleitung 6b

ist eine zweite Regelventilvorrichtung 28 vorgesehen. Bevorzugt sind die Regelventilvorrichtungen 27, 28 möglichst nahe an der Abgasauslassöffnung 21 angeordnet, wo das durch die Anodenabgasteilleitungen 6a, 6b strömende Abgas schon relativ kühl ist und keine hohen konstruktiven bzw. materialtechnischen Anforderungen – insbesondere hinsichtlich Temperaturbeständigkeit – an die Regelventilvorrichtungen 27, 28 gestellt werden, so dass diese kostengünstig ausgeführt werden können.

In Fig. 1 sind die Regelventilvorrichtungen 27, 28 strichliert ausgeführt – das bedeutet, dass in einer Variante der Erfindung diese beiden Regelventilvorrichtungen 27, 28 weggelassen werden können, wenn nämlich die jeweilige Abgasmenge durch die Geometrien der Anodenabgasteilleitungen 6a, 6b, insbesondere deren Querschnitte bzw. Durchmesser, eingestellt werden. Auch Kombinationen dieser Varianten, dass nämlich sowohl verschiedene Querschnitte als auch eine oder beide Regelventilvorrichtungen 27, 28 vorgesehen werden, sind möglich.

Die in den Figuren dargestellten Varianten unterscheiden sich insbesondere durch Anordnung und Verlauf der Komponenten im Zusammenhang mit dem Abgas.

Fig. 1 zeigt eine Variante, wo die erste Anodenabgasteilleitung 6a durch die heiße Seite des ersten Wärmeübertragers 16 geführt wird, um die der Kathode 4, 4' zugeführte Luft auf- bzw. vorzuwärmen. Das in der ersten Anodenabgasteilleitung 6a strömende Anodenabgas kann dabei eine Temperatur von ca. 720°C, wenn es in den ersten Wärmeübertrager 16 eintritt, wobei dadurch das die kalte Seite des ersten Wärmeübertragers 16 Kathodenmedium, also z.B. Luft, auf bis zu 540°C aufgeheizt wird.

Die zweite Anodenabgasteilleitung 6b wird in Strömungsrichtung des Abgases zuerst durch ein Bauteil geführt, in dem eine Reformierungsvorrichtung 13 und ein zweiter Wärmeübertrager 29 in ein gemeinsames Überhitzungsreformerelement 13a kombiniert sind, und danach durch die Verdampfungseinrichtung 12 führt. Die Anodenzuleitung 30 führt stromabwärts der Brennstoffeinspritzvorrichtung 11 über die Verdampfungseinrichtung 12, wo der mit ca. 30-35°C eingespritzte Brennstoff verdampft und auf ca. 120°C erwärmt wird, bevor er durch das Überhitzungsreformerelement 13a geführt wird, wo das Reformatgas für die Brennstoffzellen-Stacks 1, 2 generiert wird.

In dieser Variante wird also das etwa 600°C heiße Abgas der Brennstoffzellen-Stacks 1, 2, das in der als katalytischer Nachbrenner ausgeführten Brennvorrichtung 22 und/oder der Startbrennvorrichtung 23 zusätzlich auf bis zu 720°C erwärmt wird, zuerst zur Überhitzung und Reformierung des verdampften Brennstoffs verwendet. Mit der Überhitzung im zweiten Wärmeübertrager 29 wird der verdampfte Brennstoff auf die für die Reformierung notwendige Temperatur von größer 350°C gebracht. Die bereitgestellte Wärme wird außerdem im Fall einer endothermen Reformierungsreaktion – wie z.B. im Fall einer Dampfreformierung – in der Reformierungsvorrichtung 13 benötigt. Durch das Versorgen des Überhitzungsreformerelements 13a mit der Wärme des Abgases können beide Zwecke erfüllt werden. Danach wird das Abgas weitergeführt zur Verdampfungsvorrichtung 12, wo es mit ca. 500°C eintritt und die Wärme des Abgases für die Verdampfung des Brennstoffs verwendet wird.

Fig. 2 zeigt eine Variante, wo die Anodenabgasleitung 6 stromabwärts der Brennvorrichtung 22 durch die Reformierungsvorrichtung 13 geführt wird, bevor sie in erste 6a und zweite Anodenabgasteilleitung 6b aufgeteilt wird. Das hat insbesondere bei endothermen Reformierungsreaktionen den Vorteil, dass besonders viel Wärme aus dem Abgas der Reformierungsreaktion zugeführt werden kann. Die von der Reform nicht benötigte Wärme steht danach noch zur Verfügung. Die erste Anodenabgasteilleitung 6a wird dann ebenfalls durch die heiße Seite des ersten Wärmeübertragers 16 geführt, um die der Kathode 4, 4' zugeführte Luft auf- bzw. vorzuwärmen. Die zweite Anodenabgasteilleitung 6b strömt dann durch ein Bauteil, in dem die Verdampfungsvorrichtung 12 und der zweite Wärmeübertrager 29 in ein gemeinsames Bauteil kombiniert sind. Dieses Verdampfer-Überhitzererelement 12a kombiniert also das Verdampfen des Brennstoffs mit dem Überhitzen auf die für die Reformierung benötigte Temperatur. In der Anodenzuleitung 30 strömt der Brennstoff zuerst in das Verdampfer-Überhitzererelement 12a und von dort weiter in die Reformierungsvorrichtung 13. Das Reformat- bzw. Brenngas wird dann der Anode 3, 3' der Brennstoffzellen-Stacks 1, 2 zugeführt.

Fig. 3 zeigt eine Variante, bei der einerseits wie in Fig. 2 die Anodenabgasleitung 6 stromabwärts der Brennvorrichtung 22 durch die Reformierungsvorrichtung 13 geführt wird, bevor sie in erste 6a und zweite Anodenabgasteilleitung 6b aufgeteilt wird. Auch hier liegt der Vorteil im Unterstützen endothermer

Reformierungsreaktionen. Wieder wird die erste Anodenabgasteilleitung 6a durch die heiße Seite des ersten Wärmeübertragers 16 geführt, um die der Kathode 4, 4' zugeführte Luft auf- bzw. vorzuwärmen. In der zweiten Anodenabgasteilleitung 6b wird zuerst die heiße Seite des zweiten Wärmeübertragers 29 durchströmt, der als Überhitzer fungiert, bevor das Abgas durch die Verdampfungsvorrichtung 12 und weiter zur Abgasauslassöffnung 21 strömt. Der zugeführte Brennstoff wird also zuerst in der Verdampfungsvorrichtung 12 verdampft, mit ca. 120°C dem zweiten Wärmeübertrager 29 zugeführt, wo er überhitzt und dann in die Reformierungsvorrichtung 13 eingeleitet wird. Durch die Reihenfolge, in der das Abgas die genannten Komponenten durchströmt, wird eine optimale Ausnutzung der Wärmeenergie sichergestellt.

Die erfindungsgemäße Lösung erlaubt damit die Umsetzung eines Brennstoffzellensystems 100 mit besonders gutem Wirkungsgrad. Das parallele Durchströmen der Anodenabgasteilleitungen 6a, 6b bewirkt einerseits einen geringeren Druckverlust als in herkömmlichen Systemen und erlaubt andererseits eine präzise Einstellung der Abgasmengen und damit Wärmeübergänge auf die einzelnen Gasströme. Aufgrund der jeweils benötigten Wärmemengen ist es von Vorteil, wenn der Massenfluss durch die erste Anodenabgasteilleitung 6a größer ist als der Massenfluss durch die zweite Anodenabgasteilleitung 6b.

PATENTANSPRÜCHE

1. Brennstoffzellensystem (100), umfassend eine Brennstoffversorgungseinheit (8), zumindest eine Brennstoffzelle (1, 2) mit einer Kathode (4, 4') und einer Anode (3, 3'), wobei die Kathode (4, 4') eine Kathodenzuleitung (40) aufweist und die Anode (3, 3') eine Anodenzuleitung (30) aufweist und die Anode (3, 3') über die Anodenzuleitung (30) mit der Brennstoffversorgungseinheit (8) strömungsverbunden ist und in der Anodenzuleitung (30) eine Reformierungsvorrichtung (13) angeordnet ist, und eine Anodenabgasleitung (6) zur Ableitung zumindest von Anodenabgas aus der Anode (3, 3'), wobei in der Anodenabgasleitung (6) zumindest eine Brennvorrichtung (22, 23) angeordnet ist,

dadurch gekennzeichnet,

dass in der Kathodenzuleitung (40) zumindest ein erster Wärmeübertrager (16) angeordnet ist, in der Anodenzuleitung (30) zumindest eine Verdampfungseinrichtung (12) und ein zweiter Wärmeübertrager (29) angeordnet sind und die Verdampfungseinrichtung (12) stromaufwärts der Reformierungsvorrichtung (13) angeordnet ist, wobei sich die Anodenabgasleitung (6) stromabwärts der Brennvorrichtung (22, 23) in eine mit einer Abgasauslassöffnung (21) verbundene erste Anodenabgasteilleitung (6a) und eine mit einer Abgasauslassöffnung (21) verbundene zweite Anodenabgasteilleitung (6b) teilt, und wobei die erste Anodenabgasteilleitung (6a) über eine warme Seite des ersten Wärmeübertragers (16) geführt ist und die zweite Anodenabgasteilleitung (6b) über eine warme Seite des zweiten Wärmeübertragers (29) geführt ist und die Verdampfungseinrichtung (12) über die zweite Anodenabgasteilleitung (6b) erwärmbar ist.

2. Brennstoffzellensystem (100) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Anodenabgasteilleitung (6a) und zweite Anodenabgasteilleitung (6b) zu einer gemeinsamen Abgasauslassöffnung (21) geführt sind.

3. Brennstoffzellensystem (100) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass in der ersten Anodenabgasteilleitung (6a), vorzugsweise stromabwärts der warmen Seite des ersten Wärmeübertragers (16), eine erste Regelventilvorrichtung (27) vorgesehen ist und/oder in der zweiten Anodenabgasteilleitung (6b), vorzugsweise stromabwärts der Verdampfungseinrichtung (12), eine zweite Regelventilvorrichtung (28) vorgesehen ist.

4. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass in der zweiten Anodenabgasteilleitung (6b) geführtes Anodenabgas die Reformierungsvorrichtung (13) so durchströmt, dass ein Wärmeübertrag auf die Reformierungsvorrichtung erfolgt.
5. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Wärmeübertrager (29) als Überhitzer ausgeführt ist.
6. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Wärmeübertrager (29) und die Reformierungsvorrichtung (13) in ein Überhitzungsreformerelement (13a) als gemeinsames Bauteil kombiniert sind.
7. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Wärmeübertrager (29) und die Verdampfungseinrichtung (12) in ein Verdampfer-Überhitzerelement (12a) als gemeinsames Bauteil kombiniert sind.
8. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass in Strömungsrichtung nach der Brennvorrichtung (22, 23) die Reformierungseinrichtung (13) vor dem zweiten Wärmeübertrager (29) mit Anodenabgas durchströmbar ist, wobei vorzugsweise die Verdampfungseinrichtung (12) nach dem zweiten Wärmeübertrager (29) von Anodenabgas durchströmbar ist.
9. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Anodenabgasleitung (6) stromabwärts der Reformierungsvorrichtung (13) in die erste Anodenabgasteilleitung (6a) und die zweite Anodenabgasteilleitung (6b) teilt, wobei das Anodenabgas nach der Brennvorrichtung (22, 23) die Reformierungsvorrichtung (13) durchströmt.
10. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der Brennvorrichtung (22, 23) um einen katalytischen Brenner oder eine Startbrennereinheit (23) mit Zündvorrichtung (24) oder ein Kombinationselement mit katalytischem Brenner und Startbrennvorrichtung (24) handelt.

11. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine Startbrennstoffleitung (25) zwischen der Brennstoffversorgungseinheit (8) und der Anodenabgasleitung (6) vorgesehen ist, in der vorzugsweise eine Startbrennstoffzumesseinrichtung (26) angeordnet ist.
12. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass in der Anodenzuleitung (30) stromaufwärts der Verdampfungseinrichtung (12) eine Brennstoffeinspritzvorrichtung (11) angeordnet ist.
13. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass von der Kathodenzuleitung (40) stromaufwärts des ersten Wärmeübertragers (16) zumindest eine Bypassleitung (17) von der Kathodenzuleitung (40) abzweigt, die stromabwärts des ersten Wärmeübertragers (16) wieder in die Kathodenzuleitung (40) einmündet, wobei in der Bypassleitung (17) vorzugsweise eine Bypassregelventilvorrichtung (18) angeordnet ist.
14. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass von der Kathodenzuleitung (40) stromaufwärts des ersten Wärmeübertragers (16) zumindest eine Spülluftleitung (19) abzweigt, die stromaufwärts der Reformierungsvorrichtung (13) in die Anodenzuleitung (30) einmündet, wobei in der Spülluftleitung (19) vorzugsweise eine Spülluftregelventilvorrichtung (20) angeordnet ist.

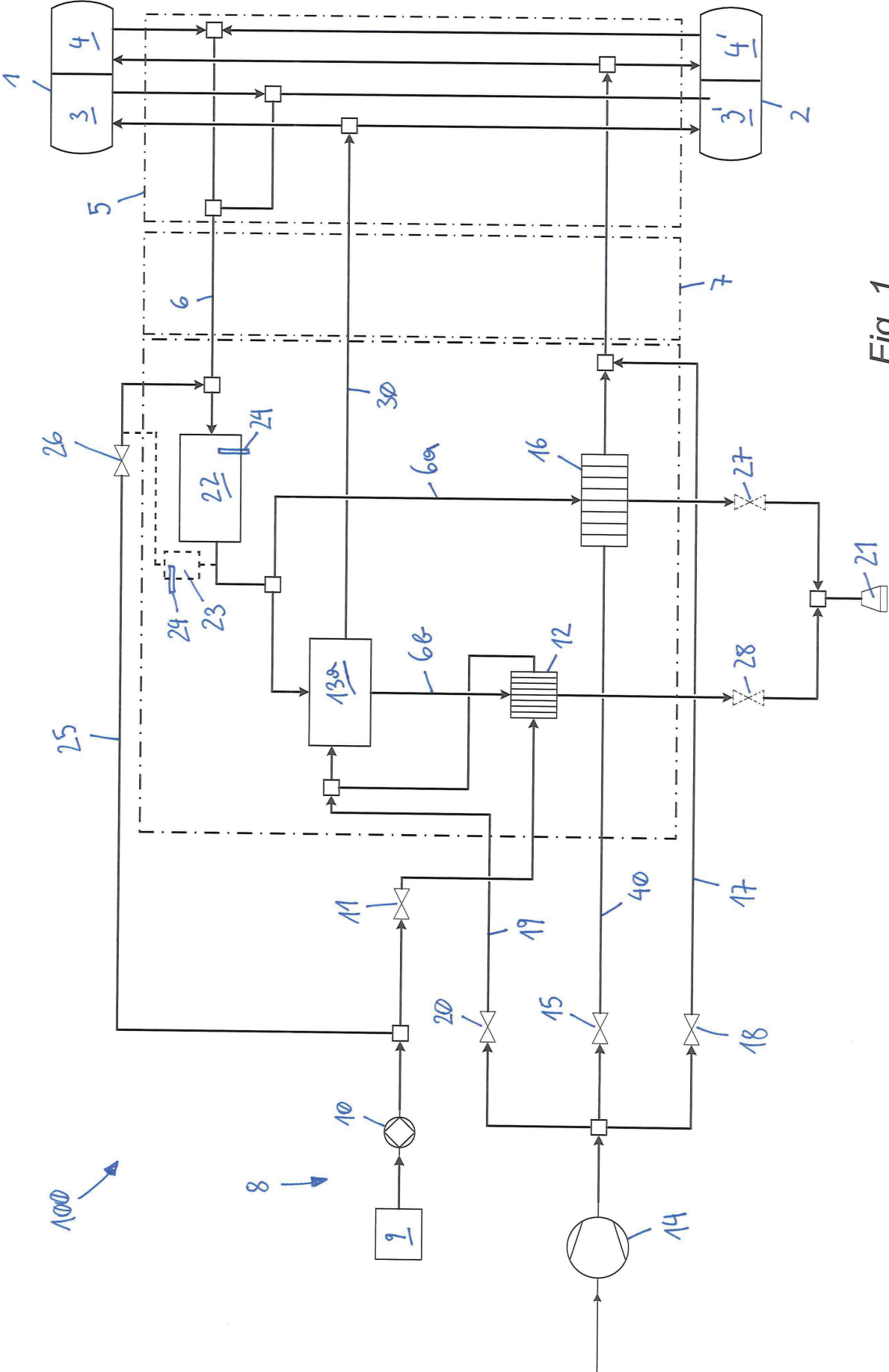


Fig. 1

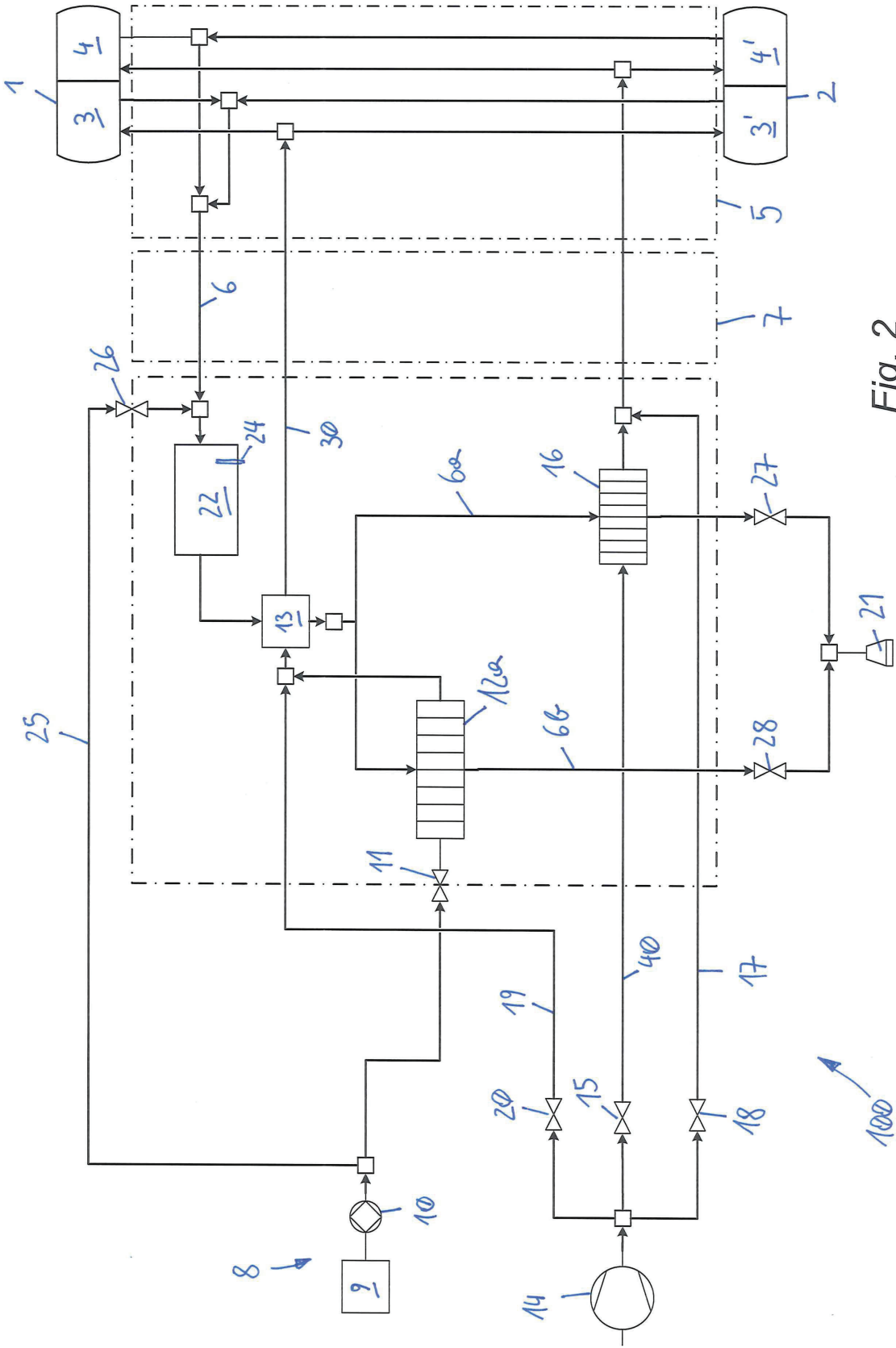


Fig. 2

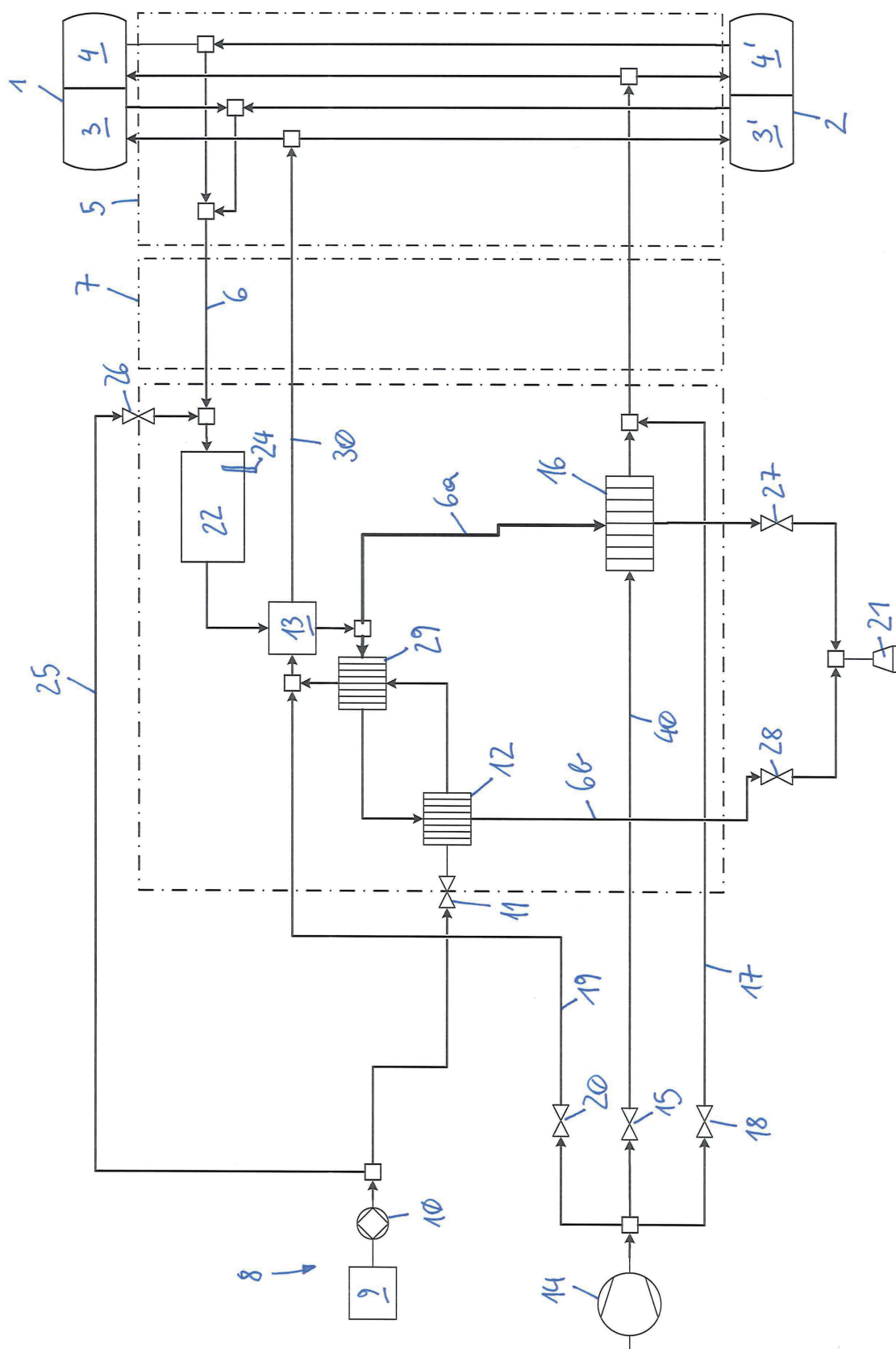


Fig. 3

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

H01M 8/04007 (2016.01); H01M 8/04746 (2016.01); H01M 8/0612 (2016.01) H01M 8/124 (2016.01);
H01M 8/14 (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

H01M 8/04007 (2016.02); H01M 8/04761 (2016.02); H01M 8/0618 (2016.02) H01M 2008/1293
(2016.02); H01M 2008/147 (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

H01M

Konsultierte Online-Datenbank:

EPODOC, WPI, Volltext-Patentdatenbanken EN

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **29.11.2016** eingereichten Ansprüchen **1-14** erstellt.

Kategorie*)	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	EP 2985830 A1 (PANASONIC IP MANAGEMENT CO., LTD. [JP]) 17. Februar 2016 (17.02.2016) [0042]-[0083]; Figur 1	1-14
A	EP 2863462 A1 (NISSAN MOTOR [JP]) 22. April 2015 (22.04.2015) [0010]-[0031]; Figur 1	1-14
A	US 2009169931 A1 (QI CHUNMING [US]) 02. Juli 2009 (02.07.2009) [0051]; Figur 8	1-14

Datum der Beendigung der Recherche:

14.09.2017

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

ENGLISCH Julia

*) **Kategorien** der angeführten Dokumente:

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

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

PATENTANSPRÜCHE

1. Brennstoffzellensystem (100), umfassend eine Brennstoffversorgungseinheit (8), zumindest eine Brennstoffzelle (1, 2) mit einer Kathode (4, 4') und einer Anode (3, 3'), wobei die Kathode (4, 4') eine Kathodenzuleitung (40) aufweist und die Anode (3, 3') eine Anodenzuleitung (30) aufweist und die Anode (3, 3') über die Anodenzuleitung (30) mit der Brennstoffversorgungseinheit (8) strömungsverbunden ist und in der Anodenzuleitung (30) eine Reformierungsvorrichtung (13) angeordnet ist, und eine Anodenabgasleitung (6) zur Ableitung zumindest von Anodenabgas aus der Anode (3, 3'), wobei in der Anodenabgasleitung (6) zumindest eine Brennvorrichtung (22, 23) angeordnet ist,

dadurch gekennzeichnet,

dass in der Kathodenzuleitung (40) zumindest ein erster Wärmeübertrager (16) angeordnet ist, in der Anodenzuleitung (30) zumindest eine Verdampfungseinrichtung (12) und ein zweiter Wärmeübertrager (29) angeordnet sind und die Verdampfungseinrichtung (12) stromaufwärts der Reformierungsvorrichtung (13) angeordnet ist, wobei sich die Anodenabgasleitung (6) stromabwärts der Brennvorrichtung (22, 23) in eine mit einer Abgasauslassöffnung (21) verbundene erste Anodenabgasteilleitung (6a) und eine mit einer Abgasauslassöffnung (21) verbundene zweite Anodenabgasteilleitung (6b) teilt, und wobei die erste Anodenabgasteilleitung (6a) über eine warme Seite des ersten Wärmeübertragers (16) geführt ist und die zweite Anodenabgasteilleitung (6b) über eine warme Seite des zweiten Wärmeübertragers (29) geführt ist und die Verdampfungseinrichtung (12) über die zweite Anodenabgasteilleitung (6b) erwärmbar ist.

2. Brennstoffzellensystem (100) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Anodenabgasteilleitung (6a) und zweite Anodenabgasteilleitung (6b) zu einer gemeinsamen Abgasauslassöffnung (21) geführt sind.

3. Brennstoffzellensystem (100) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass in der ersten Anodenabgasteilleitung (6a), vorzugsweise stromabwärts der warmen Seite des ersten Wärmeübertragers (16), eine erste Regelventilvorrichtung (27) vorgesehen ist und/oder in der zweiten Anodenabgasteilleitung (6b), vorzugsweise stromabwärts der Verdampfungseinrichtung (12), eine zweite Regelventilvorrichtung (28) vorgesehen ist.

4. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass in der zweiten Anodenabgasteilleitung (6b) geführtes Anodenabgas die Reformierungsvorrichtung (13) so durchströmt, dass ein Wärmeübertrag auf die Reformierungsvorrichtung erfolgt.
5. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Wärmeübertrager (29) als Überhitzer ausgeführt ist.
6. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Wärmeübertrager (29) und die Reformierungsvorrichtung (13) in ein Überhitzungsreformerelement (13a) als gemeinsames Bauteil kombiniert sind.
7. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Wärmeübertrager (29) und die Verdampfungseinrichtung (12) in ein Verdampfer-Überhitzerelement (12a) als gemeinsames Bauteil kombiniert sind.
8. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass in Strömungsrichtung nach der Brennvorrichtung (22, 23) die Reformierungseinrichtung (13) vor dem zweiten Wärmeübertrager (29) mit Anodenabgas durchströmbar ist, wobei vorzugsweise die Verdampfungseinrichtung (12) nach dem zweiten Wärmeübertrager (29) von Anodenabgas durchströmbar ist.
9. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 5 oder 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Anodenabgasleitung (6) stromabwärts der Reformierungsvorrichtung (13) in die erste Anodenabgasteilleitung (6a) und die zweite Anodenabgasteilleitung (6b) teilt, wobei das Anodenabgas nach der Brennvorrichtung (22, 23) die Reformierungsvorrichtung (13) durchströmt.
10. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der Brennvorrichtung (22, 23) um einen katalytischen Brenner oder eine Startbrennereinheit (23) mit Zündvorrichtung (24) oder ein Kombinationselement mit katalytischem Brenner und Startbrennvorrichtung (23) handelt.

11. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass eine Startbrennstoffleitung (25) zwischen der Brennstoffversorgungseinheit (8) und der Anodenabgasleitung (6) vorgesehen ist, in der vorzugsweise eine Startbrennstoffzumesseinrichtung (26) angeordnet ist.
12. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass in der Anodenzuleitung (30) stromaufwärts der Verdampfungseinrichtung (12) eine Brennstoffeinspritzvorrichtung (11) angeordnet ist.
13. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass von der Kathodenzuleitung (40) stromaufwärts des ersten Wärmeübertragers (16) zumindest eine Bypassleitung (17) von der Kathodenzuleitung (40) abzweigt, die stromabwärts des ersten Wärmeübertragers (16) wieder in die Kathodenzuleitung (40) einmündet, wobei in der Bypassleitung (17) vorzugsweise eine Bypassregelventilvorrichtung (18) angeordnet ist.
14. Brennstoffzellensystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass von der Kathodenzuleitung (40) stromaufwärts des ersten Wärmeübertragers (16) zumindest eine Spülluftleitung (19) abzweigt, die stromaufwärts der Reformierungsvorrichtung (13) in die Anodenzuleitung (30) einmündet, wobei in der Spülluftleitung (19) vorzugsweise eine Spülluftregelventilvorrichtung (20) angeordnet ist.