

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50845/2017 (51) Int. Cl.: **H01M 8/04223** (2016.01)
(22) Anmeldetag: 03.10.2017 **H01M 8/0612** (2016.01)
(43) Veröffentlicht am: 15.04.2019 **H01M 8/124** (2016.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2016268615 A1
US 6472092 B1
EP 3145013 A1
EP 2863464 A1

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

(72) Erfinder:
Lawlor Vincent Dr.
8054 Graz (AT)

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

(54) **Verfahren zum schnellen Aufheizen eines Brennstoffzellensystems**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Aufheizen eines Brennstoffzellensystems (100a) für ein Kraftfahrzeug (1000), aufweisend einen Brennstoffzellenstapel (1) mit einem Anodenabschnitt (2) und einem Kathodenabschnitt (3), wenigstens einen Verdampfer (4) zum Verdampfen eines Brennstoff-Wasser-Gemisches, einen Reformer (5) zum Reformieren des verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches für die Verwendung im Anodenabschnitt (2) des Brennstoffzellenstapels (1), und wenigstens einen Brenner (6) zum Verbrennen eines brennstoffhaltigen Fluids, wobei der Reformer (5) insbesondere stromabwärts des wenigstens einen Verdampfers (4) und der wenigstens eine Brenner (6) insbesondere stromaufwärts des wenigstens einen Verdampfers (4) angeordnet sind und der wenigstens eine Brenner (6) mit dem wenigstens einen Verdampfer (4), zum Zuführen von in dem wenigstens einen Brenner (6) verbranntem brennstoffhaltigen Fluid von dem wenigstens einen Brenner (6) zu dem wenigstens einen Verdampfer (4), in Fluidverbindung steht und stromaufwärts des wenigstens einen Verdampfers (4) eine Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle (7) zum Bereitstellen eines Brennstoff-Wasser-Gemisches für den wenigstens einen Verdampfer (4), angeordnet ist. Ferner betrifft die Erfindung ein solches Brennstoffzellensystem (100a) sowie ein Kraftfahrzeug (1000) mit dem Brennstoffzellensystem (100a).

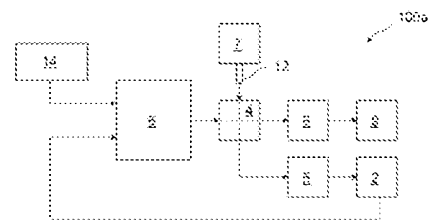


Fig. 1

Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Aufheizen eines Brennstoffzellensystems (100a) für ein Kraftfahrzeug (1000), aufweisend einen Brennstoffzellenstapel (1) mit einem Anodenabschnitt (2) und einem Kathodenabschnitt (3), wenigstens einen Verdampfer (4) zum Verdampfen eines Brennstoff-Wasser-Gemisches, einen Reformer (5) zum Reformieren des verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches für die Verwendung im Anodenabschnitt (2) des Brennstoffzellenstapels (1), und wenigstens einen Brenner (6) zum Verbrennen eines brennstoffhaltigen Fluids, wobei der Reformer (5) insbesondere stromabwärts des wenigstens einen Verdampfers (4) und der wenigstens eine Brenner (6) insbesondere stromaufwärts des wenigstens einen Verdampfers (4) angeordnet sind und der wenigstens eine Brenner (6) mit dem wenigstens einen Verdampfer (4), zum Zuführen von in dem wenigstens einen Brenner (6) verbranntem brennstoffhaltigen Fluid von dem wenigstens einen Brenner (6) zu dem wenigstens einen Verdampfer (4), in Fluidverbindung steht und stromaufwärts des wenigstens einen Verdampfers (4) eine Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle (7) zum Bereitstellen eines Brennstoff-Wasser-Gemisches für den wenigstens einen Verdampfer (4), angeordnet ist. Ferner betrifft die Erfindung ein solches Brennstoffzellensystem (100a) sowie ein Kraftfahrzeug (1000) mit dem Brennstoffzellensystem (100a).

Fig. 1

Verfahren zum schnellen Aufheizen eines Brennstoffzellensystems

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Aufheizen eines Brennstoffzellensystems, ein Brennstoffzellensystem, insbesondere ein SOFC-System, sowie ein Kraftfahrzeug mit einem Brennstoffzellensystem.

Brennstoffzellensysteme müssen in der Regel auf Betriebstemperatur gebracht werden, bevor sie zur Stromerzeugung verwendet werden können. Während eines Starts eines Brennstoffzellensystems ist hierbei darauf zu achten, dass ein Anodenabschnitt nicht oder nur so wenig wie möglich mit Sauerstoff in Berührung kommt, da dies zur Beschädigung des Anodenabschnitts und zu einer entsprechenden Funktionsbeeinträchtigung des Brennstoffzellensystems führen kann. Um während des Startens des Brennstoffzellensystems Sauerstoff am Anodenabschnitt zu verhindern wird, wie beispielsweise aus der US 2010/0203405 A1 bekannt, der Anodenabschnitt während des Starts des Brennstoffzellensystems mit Wasser gespült. Um dies zu erreichen, wird entweder ein speziell dafür vorgesehener Wassertank oder ein aufwändiges Wasser-Rückgewinnungssystem im Brennstoffzellensystem, das Wasser aus Abgas von einem Brennstoffzellenstapel rückgewinnt, installiert. Beide Lösungen haben sich in der Praxis als unbefriedigend herausgestellt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, der voranstehend beschriebenen Problematik zumindest teilweise Rechnung zu tragen. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Brennstoffzellensystem, ein Kraftfahrzeug sowie ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, mittels welchen bzw. in welchem ein schnelles Aufheizen des Brennstoffzellensystems bzw. ausgewählter Funktionskomponenten des Brennstoffzellensystems auf zuverlässige und insbesondere den Anodenabschnitt schützende Weise realisierbar ist.

Die voranstehende Aufgabe wird durch die Patentansprüche gelöst. Insbesondere wird die voranstehende Aufgabe durch das Verfahren gemäß Anspruch 1, das Brennstoffzellensystem gemäß Anspruch 14 sowie das Kraftfahrzeug gemäß Anspruch 29 gelöst. Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit dem Verfahren beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem, dem erfindungsgemäßen Kraftfahrzeug und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenba-

zung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird bzw. werden kann.

Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Aufheizen eines Brennstoffzellensystems vorgeschlagen. Das Brennstoffzellensystem weist einen Brennstoffzellenstapel mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt, wenigstens einen Verdampfer zum Verdampfen eines Brennstoff-Wasser-Gemisches, einen Reformer zum Reformieren des verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches für die Verwendung im Anodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels, und wenigstens einen Brenner zum Verbrennen eines brennstoffhaltigen Fluids, auf. Der Reformer ist bevorzugt stromabwärts des wenigstens einen Verdampfers angeordnet und der wenigstens eine Brenner ist bevorzugt stromaufwärts des wenigstens einen Verdampfers angeordnet. Der wenigstens eine Brenner steht mit dem wenigstens einen Verdampfer, zum Zuführen von in dem wenigstens einen Brenner verbranntem brennstoffhaltigen Fluid von dem wenigstens einen Brenner zu dem wenigstens einen Verdampfer, in Fluidverbindung. Stromaufwärts des wenigstens einen Verdampfers ist eine Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle zum Bereitstellen eines Brennstoff-Wasser-Gemisches für den wenigstens einen Verdampfer, angeordnet.

Das Verfahren weist die folgenden Schritte auf:

- 20 - Aufheizen des wenigstens einen Verdampfers und/oder eines Fluids innerhalb des wenigstens einen Verdampfers auf eine Soll-Temperatur oder darüber,
- Zuführen des Brennstoff-Wasser-Gemisches von der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle zu dem wenigstens einen Verdampfer, sobald der wenigstens eine Verdampfer die Soll-Temperatur erreicht hat oder die Temperatur darüber
25 liegt,
- Zuführen eines durch den wenigstens einen Verdampfer verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches von dem wenigstens einen Verdampfer, der die Soll-Temperatur erreicht hat oder dessen Temperatur darüber liegt, zu dem Reformer zum Reformieren des verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches, und

- Zuführen des reformierten Brennstoff-Wasser-Gemisches zum Anodenabschnitt, der sich in einem deaktivierten Betriebszustand befindet, in welchem durch den Brennstoffzellenstapel kein Strom erzeugt wird.

5 Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann ein Aufheizen des Brennstoffzellensystems, insbesondere ein Aufheizen des wenigstens einen Verdampfers sowie des Reformers und des Anodenabschnitts erzielt werden, während der Anodenabschnitt mit dem reformierten Brennstoff-Wasser-Gemisch beaufschlagt und dadurch zuverlässig vor Sauerstoff oder zumindest vor übermäßiger Sauerstoffbeaufschlagung geschützt werden kann. Gleichzeitig wird der Brennstoffzellenstapel, insbesondere der
10 Anodenabschnitt erhitzt. Durch das erfindungsgemäße Fördern des aufgeheizten und verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches von der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle zum Anodenabschnitt kann das Brennstoffzellensystem außerdem schnell erhitzt werden.

15 Die Soll-Temperatur ist insbesondere davon abhängig, welche Menge an flüssigem Brennstoff oder flüssigem Wasser-Brennstoff-Gemisch verdampft wird oder verdampfbar ist.

Als Brennstoff wird in dem Brennstoff-Wasser-Gemisch vorzugsweise ein kohlenstoffhaltiger Brennstoff, beispielsweise Methan, verwendet. Der Brennstoff kann auch aus einem vorgemischten Ethanol-Wasser-Gemisch gebildet sein. Alternativ können
20 auch zwei Behälter für Wasser und Ethanol vorgesehen sein, wobei die beiden Brennstoffkomponenten zu einem späteren Zeitpunkt miteinander vermischt werden. In oder an dem Reformer kann das Brennstoff-Wasser-Gemisch in diesem Fall in Methan, Wasserstoff, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid reformiert werden. Nach dem Reformationsprozess existieren besonders bevorzugt nur mehr Wasserstoff und
25 Methan. Diese Stoffe sind am oder im Anodenabschnitt in der Regel unproblematisch und können beispielsweise in einem Abgasbrenner bzw. Nachbrenner oder durch beschichtete Komponenten verbrannt werden. Insbesondere Wasserstoff und Methan können stromabwärts des Anodenabschnitts, welcher, wie vorstehend beschrieben, konfiguriert ist, temporär keinen Strom zu erzeugen, zudem zur weiteren
30 Aufheizung des Brennstoffzellensystem bzw. ausgewählter Systemkomponenten des Brennstoffzellensystems genutzt werden.

Das Verfahren ist insbesondere zum Aufheizen eines SOFC-Systems konfiguriert. Die Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle kann einen oder mehrere Brennstoff-Wasser-Gemisch-Speicher aufweisen oder als solche(r) ausgestaltet sein.

- 5 Der Verdampfer kann durch eine Heizvorrichtung erhitzt bzw. erwärmt werden. Die Heizvorrichtung kann ein elektrisches Heizmittel und/oder ein oxidatives Heizmittel aufweisen.

- 10 Es kann auch günstig sein, wenn der Reformer und/oder der Verdampfer mechanisch mit dem Brenner verbunden sind, sodass der Reformer und/oder der Verdampfer über Wärmeleitung vom Brenner erwärmt werden oder erwärmbar sind. Dadurch ist eine Effizienz des Aufheizprozesses der Komponenten des Brennstoffzellensystems weiter verbessert. Der Brenner kann also auch mit dem Reformer und/oder mit dem Verdampfer als ein (mehrstufiges) integrales Bauteil ausgebildet sein. Dabei kann auf eine katalytische Beschichtung für eine exotherme Reaktion des Reformers oder des Verdampfers verzichtet werden.

- 15 Unter dem Zuführen von Fluiden von einer Systemkomponente des Brennstoffzellensystems zu einer anderen Systemkomponente des Brennstoffzellensystems ist das Fördern des jeweiligen Fluids von der einen Systemkomponente in oder an die andere Systemkomponente zu verstehen. Wenn das Brennstoff-Wasser-Gemisch beispielsweise von der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle zu dem wenigstens einen
20 Verdampfer geführt wird, kann das Brennstoff-Wasser-Gemisch in den wenigstens einen Verdampfer oder an den wenigstens einen Verdampfer, beispielsweise thermisch wechselwirkend mit dem wenigstens einen Verdampfer um den wenigstens einen Verdampfer herum, geführt werden. Zum Führen bzw. Fördern der jeweiligen Fluide sind geeignete Fördervorrichtungen im Brennstoffzellensystem ausgestaltet.
25 Ferner stehen die einzelnen Komponenten des Brennstoffzellensystems derart miteinander in Kontakt, dass thermische Energie untereinander übertragbar ist. Insbesondere werden die Fluide dabei verdampft und es erfolgen exotherme Reaktionen, so dass die Komponenten entweder erhitzt und/oder auf einer Soll-Temperatur gehalten werden können.

- 30 Unter dem Zuführen des Brennstoff-Wasser-Gemisches von der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle zu dem wenigstens einen Verdampfer ist zu verstehen, dass das Brennstoff-Wasser-Gemisch von der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle zu dem

wenigstens einen Verdampfer zumindest teilweise zugeführt wird. Unter dem Zuführen des durch den wenigstens einen Verdampfer verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches von dem wenigstens einen Verdampfer zu dem Reformer ist zu verstehen, dass das durch den wenigstens einen Verdampfer verdampfte Brennstoff-Wasser-Gemisch zumindest teilweise von dem wenigstens einen Verdampfer zu dem Reformer geführt wird. Unter dem Reformieren des verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches ist zu verstehen, dass das verdampfte Brennstoff-Wasser-Gemisch zumindest teilweise reformiert wird.

Sobald das Brennstoffzellensystem bzw. ausgewählte Systemkomponenten des Brennstoffzellensystems eine gewünschte Betriebstemperatur erreicht haben, werden das Brennstoffzellensystem und somit auch der Anodenabschnitt in einen aktivierten Betriebszustand geschaltet, in welchem unter Verwendung von reformiertem Wasserstoff Strom erzeugt wird.

Darunter, dass ein erfindungsgemäßes Bauteil stromabwärts oder stromaufwärts eines anderen erfindungsgemäßen Bauteils angeordnet ist, ist zu verstehen, dass das eine Bauteil direkt oder indirekt, also ggf. durch weitere Funktionsbauteile voneinander getrennt, stromaufwärts oder stromabwärts des anderen Bauteils angeordnet ist. Bei einer solchen Anordnung ist außerdem vorzugsweise eine Fluidverbindung zwischen den jeweiligen Bauteilen ausgestaltet. Zusätzlich oder alternativ ist es günstig, wenn die einzelnen Bauteile mechanisch miteinander verbunden sind, um einen Wärmeübertrag zwischen denselben zu ermöglichen.

Gemäß einer Weiterbildung der vorliegenden Erfindung ist es möglich, dass bei einem Verfahren der wenigstens eine Brenner zum Verbrennen von Anodenabgas aus dem Anodenabschnitt, von Kathodenabgas aus dem Kathodenabschnitt und/oder von Brennstoff von einer Primärbrennstoffquelle, die stromaufwärts des wenigstens einen Brenners angeordnet ist, ausgestaltet ist, wobei dem wenigstens einen Brenner Brennstoff von der Primärbrennstoffquelle zugeführt wird und der Brennstoff in dem wenigstens einen Brenner verbrannt wird, und wobei der verbrannte Brennstoff von dem wenigstens einen Brenner zu dem wenigstens einen Verdampfer, zum Aufheizen des wenigstens einen Verdampfers und/oder des Fluids innerhalb des wenigstens einen Verdampfers auf die Soll-Temperatur oder darüber, zugeführt wird. Die Primärbrennstoffquelle wird für einen aktivierten bzw. Strom erzeugenden Betriebszustand des Brennstoffzellensystems benötigt und führt dem Verdampfer bzw.

dem Reformer zu reformierenden Brennstoff zu. Dadurch wird für den erfindungsgemäßen Aufheizvorgang des Brennstoffzellensystems mit der Primärbrennstoffquelle eine Systemkomponente verwendet, die grundsätzlich ohnehin im Brennstoffzellensystem benötigt wird. Auf zusätzliche Systemkomponenten kann, abgesehen von einer Fluidverbindung zwischen der Brennstoffquelle und dem Brenner zum Zuführen des Brennstoffs zum Brenner, demnach verzichtet werden. Dadurch kann das Brennstoffzellensystem besonders kompakt bereitgestellt werden. Außerdem kann dadurch eine kostengünstige Lösung zum Aufheizen des Brennstoffzellensystems geschaffen werden. Im Brenner, welcher als Abgasbrenner ausgebildet ist oder einen Abgasrenner umfasst, wird insbesondere Anodenabgas aus dem Anodenabschnitt unter Zuführung von Kathodenabgas, das ist im Wesentlichen Luft, aus dem Kathodenabschnitt verbrannt. Das Kathodenabgas umfasst insbesondere ausschließlich Luft, wohingegen das Anodenabgas nicht vollständig verbrannten Brennstoff umfasst. Der Abgasbrenner ist insbesondere ein Nachbrenner. Der Brenner kann weiter derart ausgebildet sein, dass dieser die Funktionsweise eines Startbrenners übernimmt.

In einem weiteren Schritt wird das Brennstoff-Wasser-Gemisch nach dem Beaufschlagen und/oder Aufheizen des Brennstoffzellenstapels, insbesondere des Anodenabschnittes, mit Vorteil dem Brenner zugeführt. In weiterer Folge wird dieses Brennstoff-Wasser-Gemisch im Brenner verbrannt. Dies kann sowohl in dessen Funktionsweise als Abgasbrenner als auch in dessen Funktionsweise als Startbrenner erfolgen. In weiterer Folge wird das nun zumindest teilweise verbrannte Gemisch dem zumindest einen Verdampfer oder Reformer zugeführt. Alternativ kann das Brennstoff-Wasser-Gemisch nach dem Aufheizen des Anodenabschnittes auch direkt (ohne Zwischenschritt über den Brenner) zu einem Verdampfer oder zum Reformer geleitet werden, wobei der Verdampfer und/oder der Reformer hierfür eine katalytische Beschichtung aufweisen. Dadurch erfolgt eine endotherme Reaktion und ein Aufheizen des Verdampfers und/oder Reformers wird weiter beschleunigt.

Zudem ist es möglich, dass bei einem erfindungsgemäßen Verfahren der Brennstoff mittels eines elektrisch aktivierbaren Katalysators, insbesondere mittels eines elektrisch beheizbaren Metallkatalysators, des Brenners verbrannt wird und der Katalysator deaktiviert wird, sobald die Soll-Temperatur erreicht ist oder überschritten wird. Durch Verwendung des aktivierbaren und deaktivierbaren Katalysators und der

Ausschaltautomatik kann der Brenner besonders effizient betrieben werden. Der Katalysator kann außerdem besonders platzsparend bereitgestellt werden.

Weiterhin ist es möglich, dass bei einem Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung das reformierte Brennstoff-Wasser-Gemisch von dem Anodenabschnitt zu dem
5 wenigstens einen Brenner geführt wird, in dem wenigstens einen Brenner zumindest teilweise verbrannt wird und das zumindest teilweise verbrannte Brennstoff-Wasser-Gemisch von dem wenigstens einen Brenner über den wenigstens einen Verdampfer sowie den Reformer dem Anodenabschnitt zugeführt wird. Dadurch kann das am Anodenabschnitt genutzte Spülfluid, also das verdampfte und reformierte Brennstoff-
10 Wasser-Gemisch, insbesondere die reformierten, verbrennbaren Bestandteile desselben, im Brenner genutzt werden, um den Verdampfer weiter aufzuheizen. Dadurch kann das Aufheizen des Verdampfers sowie des Reformers nicht nur sicher, sondern auch besonders effizient durchgeführt werden.

Von weiterem Vorteil kann es sein, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren
15 das Brennstoff-Wasser-Gemisch von der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle durch einen Injektor in den wenigstens einen Verdampfer eingespritzt wird. Durch den Injektor kann das Brennstoff-Wasser-Gemisch auf einfache Weise dosiert in den wenigstens einen Verdampfer eingespritzt werden. Dadurch lässt sich die Menge an Fluid, mit welcher der Anodenabschnitt während des Startens des Brennstoffzellen-
20 systems gespült werden soll, einfach einstellen. Außerdem können dadurch entsprechend spontan und einfach etwaige Temperaturanpassungen am wenigstens einen Verdampfer oder am Reformer vorgenommen werden, indem eine Einspritzmenge des reformierten Brennstoff-Wasser-Gemisches, dass durch den Brenner verbrannt wird, durch einen gewünschten Einspritzvorgang des Injektors angepasst wird.

Bei einem Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung ist es zudem möglich, dass
25 dem Reformer vor dem Reformieren oder während des Reformierens des verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches Luft oder ein anderes sauerstoffhaltiges Fluid zugeführt wird. Durch das Zuführen von Luft bzw. eines sauerstoffhaltigen Fluids kann eine exotherme Reaktion im Reformer begünstigt werden, bei welcher im Reformer
30 sowie im Anodenabschnitt noch mehr Hitze erzeugt werden kann. Dadurch kann das Brennstoffzellensystem besonders schnell erhitzt werden. Die Luft kann von einer Luftquelle, beispielsweise einem Drucklufttank, oder bevorzugt von einem Gebläse zugeführt werden. Das Gebläse ist vorzugsweise das Gebläse, das Luft zum Katho-

denabschnitt führt. In diesem Fall kann die Luft aus einer Fluidleitung, die zwischen dem Gebläse und dem Kathodenabschnitt ausgestaltet ist, in den Reformierabschnitt abgezweigt werden.

5 Darüber hinaus kann es bei einem erfindungsgemäßen Verfahren von Vorteil sein, wenn der Reformierabschnitt vor dem Zuführen des verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches zu dem Reformierabschnitt vorgeheizt wird. In einem vorgeheizten Reformierabschnitt kann die gewünschte Reformierungsreaktion besonders zuverlässig stattfinden. Unge-
wünschte Reformierungsprodukte, die bei einem nicht vorgeheizten Reformierabschnitt entstehen könnten, können verhindert werden. Dadurch kann das Verfahren besonders
10 stabil und zuverlässig betrieben werden. Beispielsweise kann der Reformierabschnitt hierfür mechanisch mit dem Brenner verbunden sein und durch Wärmeleitung vom Brenner zum Reformierabschnitt durch die Wärme des Brenners aufgeheizt werden.

Bei Versuchen im Rahmen der vorliegenden Erfindung hat sich herausgestellt, dass es von Vorteil ist, wenn die Soll-Temperatur wenigstens 250°C, insbesondere we-
15 nigstens 300°C beträgt. D.h., der wenigstens eine Verdampfer und/oder das Fluid innerhalb des wenigstens einen Verdampfers werden auf mindestens 250°C, insbesondere mindestens 300°C erhitzt, bevor das Brennstoff-Wasser-Gemisch von der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle zu dem wenigstens einen Verdampfer geführt bzw. in diesen eingespritzt wird. Dieser Temperaturbereich hat sich als ausreichend
20 hoch erwiesen, um das Brennstoff-Wasser-Gemisch wie gewünscht zu verdampfen.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltungsvariante der vorliegenden Erfindung ist es möglich, dass das durch den wenigstens einen Verdampfer verdampfte Brennstoff-Wasser-Gemisch wenigstens teilweise von dem wenigstens einen Verdampfer, der die Soll-Temperatur erreicht hat oder dessen Temperatur darüber liegt, als das
25 brennstoffhaltige Fluid zu dem wenigstens einen Brenner geführt wird. Durch die Verwendung des verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches kann Brennstoff von der Brennstoffquelle eingespart werden oder es kann, je nach Anwendungsfall, auf einfache und schnelle Weise besonders viel Brennstoff am Brenner bereitgestellt werden. Dadurch können der Brenner und somit auch der Verdampfer sowie der Re-
30 former schnell und einfach auf die gewünschte Temperatur gebracht werden. Darunter, dass das Brennstoff-Wasser-Gemisch als das brennstoffhaltige Fluid zu betrachten ist, ist insbesondere zu verstehen, dass das Brennstoff-Wasser-Gemisch zumindest als ein Teil des zum Brenner zugeführten brennstoffhaltigen Fluids genutzt wird.

Außerdem ist es möglich, dass bei einem erfindungsgemäßen Verfahren das durch den wenigstens einen Verdampfer verdampfte Brennstoff-Wasser-Gemisch zum Aufheizen des Brennstoff-Wasser-Gemisches an oder in einem Wärmetauschabschnitt des wenigstens einen Brenners zu dem wenigstens einen Brenner geführt wird. Hierbei wird das verdampfte Brennstoff-Wasser-Gemisch insbesondere in einem Fluidkanal geführt, der zumindest abschnittsweise am Brenner entlang, vorzugsweise direkt an diesem anliegend, zu einem Einlassabschnitt zum Einlassen des Brennstoff-Wasser-Gemisches in den Brenner angeordnet ist. Dadurch kann auf einfache, effektive und effiziente Weise Wärme, die im Brenner erzeugt wird, auf das Brennstoff-Wasser-Gemisch übertragen werden, wodurch dieses bereits vorgeheizt und/oder weiter verdampft in den Brenner eingeführt werden kann. Dadurch kann der Brenner noch schneller erhitzt werden, wodurch wiederum auch das Brennstoff-Wasser-Gemisch, das über den Wärmetauschabschnitt in den wenigstens einen Brenner geführt wird, noch stärker erhitzt werden kann. Durch die in Rede stehende Lehre kann mithin ein besonders effizienter sowie effektiver Heizkreislauf geschaffen werden.

Darüber hinaus ist es bei einem Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung möglich, dass stromaufwärts des wenigstens einen Verdampfers eine Brennstoffquelle zum Bereitstellen eines Brennstoffs für den wenigstens einen Verdampfer angeordnet ist, wobei durch den wenigstens einen Verdampfer verdampfter Brennstoff zum Aufheizen des Brennstoffs an oder in einem Wärmetauschabschnitt des wenigstens einen Brenners als das brennstoffhaltige Fluid zu dem wenigstens einen Brenner geführt wird. D.h., zusätzlich oder alternativ zu der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle ist eine separate Brennstoffquelle angeordnet, wobei auch in diesem Fall auf einfache, effektive und effiziente Weise Wärme, die im Brenner erzeugt wird, auf den Brennstoff übertragen werden kann. Dadurch kann der Brennstoff bereits vorgeheizt und/oder weiter verdampft in den Brenner eingeführt werden. Hierdurch kann wiederum der Brenner besonders schnell erhitzt werden, wodurch auch der Brennstoff, der über den Wärmetauschabschnitt in den wenigstens einen Brenner geführt wird, noch stärker erhitzt werden kann. Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist neben der vorstehend erwähnten Brennstoffquelle noch die Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle angeordnet, mittels welcher über einen separaten Verdampfer zum Verdampfen des Brennstoff-Wasser-Gemisches, der in Reihe zu dem Verdampfer für die Brennstoffquelle angeordnet ist, verdampftes Brennstoff-Wasser-Gemisch zu dem Reformier

zugeführt wird. Die beiden Verdampfer sind in diesem Fall jeweils als Zweiwege-Systeme ausgestaltet, welche relativ kostengünstig bereitstellbar sind.

Darüber hinaus ist es bei einem Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung möglich, dass das Brennstoff-Wasser-Gemisch und/oder der Brennstoff jeweils durch eine Zwischenheizvorrichtung, insbesondere eine elektrische Zwischenheizvorrichtung, die stromabwärts der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle bzw. der Brennstoffquelle und stromaufwärts des wenigstens einen Brenners angeordnet ist, erhitzt wird, bis das Brennstoff-Wasser-Gemisch bzw. der Brennstoff eine vordefinierte Temperatur erreicht hat oder die Temperatur darüber liegt. Unter Verwendung der Zwischenheizvorrichtung kann auf das Aufheizen bzw. Vorheizen des Brenners durch den eingangs erwähnten Brennstoff aus der Primärbrennstoffquelle verzichtet werden. Dadurch kann auch auf ein dafür nötiges Leitungssystem verzichtet werden, welches in der Regel mehr Bauraum als die Zwischenheizvorrichtung und einen höheren Komplexitätsgrad im Brennstoffzellensystem bedingen würde. Mithin kann das Brennstoffzellensystem unter Verwendung der erfindungsgemäßen Zwischenheizvorrichtung entsprechend einfach und kompakt bereitgestellt werden. Die Zwischenheizvorrichtung kann stromaufwärts des Verdampfers und/oder stromabwärts des Verdampfers angeordnet sein.

Von weiterem Vorteil kann es sein, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren die Zwischenheizvorrichtung deaktiviert wird, sobald der wenigstens eine Brenner, ein Fluid in dem wenigstens einen Brenner, der wenigstens einen Verdampfer und/oder ein Fluid in dem wenigstens einen Verdampfer eine vordefinierte Temperatur erreicht haben oder die Temperatur darüber liegt. Sobald die jeweilige vordefinierte Temperatur erreicht ist, wird die Zwischenheizvorrichtung nicht mehr benötigt. Durch die automatische Abschaltung kann das Brennstoffzellensystem energiesparend betrieben werden. Insbesondere ist es dabei günstig, wenn die vorstehend beschriebenen Komponenten derart insbesondere unmittelbar mechanisch miteinander in Verbindung stehen, dass Wärme vom Brenner zum Verdampfer geleitet und übertragen wird.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Brennstoffzellensystem für ein Kraftfahrzeug bereitgestellt. Das Brennstoffzellensystem weist einen Brennstoffzellenstapel mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt, wenigstens einen Verdampfer zum Verdampfen eines Brennstoff-Wasser-

Gemisches, einen Reformer zum Reformieren des verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches für die Verwendung im Anodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels, und wenigstens einen Brenner zum Verbrennen eines brennstoffhaltigen Fluids, auf. Der Reformer ist stromabwärts des wenigstens einen Verdampfers angeordnet und der
5 wenigstens eine Brenner ist stromaufwärts des wenigstens einen Verdampfers angeordnet. Der wenigstens eine Brenner steht mit dem wenigstens einen Verdampfer, zum Zuführen von in dem wenigstens einen Brenner verbranntem brennstoffhaltigen Fluid von dem wenigstens einen Brenner zu dem wenigstens einen Verdampfer, in Fluidverbindung. Stromaufwärts des wenigstens einen Verdampfers ist eine Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle zum Bereitstellen eines Brennstoff-Wasser-Gemisches
10 für den wenigstens einen Verdampfer angeordnet.

Damit bringt ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf das erfindungsgemäße Verfahren beschrieben worden sind. Das Brennstoffzellensystem ist vorzugsweise als SOFC-System
15 ausgestaltet. Bei einer weiteren Ausgestaltungsvariante der Erfindung weist das Brennstoffzellensystem eine Kontrolleinheit auf, die zum Ausführen eines wie vorstehend im Detail beschriebenen Verfahrens konfiguriert und ausgestaltet ist. Unter der Kontrolleinheit ist eine Steuer- und/oder Regeleinheit zum Ausführen bzw. Ansteuern der einzelnen Verfahrensschritte zu verstehen.

20 Der Brennstoff und das Wasser in der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle sind zumindest vorübergehend in flüssiger Form bereitgestellt. Bevorzugt weist die Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle einen Brennstoff-Wasser-Gemisch-Speicher auf, in welchem ein vorgemischtes Brennstoff-Wasser-Gemisch im flüssigen Aggregatzustand gespeichert ist. Das Brennstoff-Wasser-Gemisch ist dadurch auf besonders
25 einfache und kompakte Weise im Brennstoffzellensystem gespeichert.

Der wenigstens eine Verdampfer ist bei einer weiteren Ausgestaltungsvariante der vorliegenden Erfindung vorzugsweise direkt stromabwärts der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle angeordnet. Dadurch kann eine schnelle und einfache Dosierungsanpassung hinsichtlich des Brennstoff-Wasser-Gemisches für den wenigstens einen
30 Verdampfer durchgeführt werden.

Außerdem ist es bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem möglich, dass der wenigstens eine Verdampfer direkt stromabwärts des wenigstens einen

Brenners angeordnet ist. Dadurch kann ein besonders wirkungsvoller Wärmetransport von dem Brenner auf den wenigstens einen Verdampfer gewährleistet werden, wodurch der Brennstoff und/oder das Brennstoff-Wasser-Gemisch in oder an dem wenigstens einen Verdampfer entsprechend wirksam verdampft werden kann.

- 5 Besonders vorteilhaft ist es, wenn beim erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem der wenigstens eine Verdampfer und/oder der Reformer unmittelbar mit dem wenigstens einen Brenner verbunden sind. Somit sind also der Verdampfer und/oder der Reformer mechanisch mit dem Brenner verbunden, wodurch Wärme vom Brenner auf den Verdampfer oder Reformer über Wärmeleitung thermisch übertragbar ist. Bei
- 10 dieser Ausführung ist deshalb keine katalytischen Beschichtungen des Verdampfers und/oder des Reformers notwendig. Es kann auf exotherme Reaktionen zur Wärmebereitstellung verzichtet werden. Beispielsweise kann der Verdampfer unmittelbar an den Brenner anschließend angeordnet sein oder diesen umschließend. Günstig ist es stets, wenn die Bauteile derart zueinander angeordnet sind, dass soviel Wärme
- 15 wie möglich vom Brenner auf den Reformer und/oder Verdampfer thermisch geleitet werden. Darunter, dass der wenigstens eine Verdampfer und/oder der Reformer unmittelbar mit dem wenigstens einen Brenner verbunden sind, ist im Rahmen der Erfindung zu verstehen, dass diese Bauteile direkt aneinander anschließen und nicht voneinander beabstandet angeordnet sind; sie sind physisch miteinander verbunden.
- 20 Der wenigstens eine Brenner weist vorliegend insbesondere einen Abgasbrenner und/oder einen Startbrenner auf. Der Startbrenner ist insbesondere stromaufwärts des Abgasbrenners, bevorzugt direkt stromaufwärts des Abgasbrenners, und besonders bevorzugt integral mit dem Abgasbrenner verbunden, ausgestaltet. Zumindest der Abgasbrenner, in der Regel aber auch der Startbrenner, werden in einem erfindungsgemäßen SOFC-System ohnehin benötigt, weshalb für den Brenner keine
- 25 neue bzw. separate Funktionseinheit erforderlich ist. Das Brennstoffzellensystem kann demnach entsprechen kompakt und einfach gebaut zur Verfügung gestellt werden.

- Bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem kann eine Luftzuführvorrichtung, insbesondere ein Gebläse, zum Zuführen von Luft zu dem Reformer vor dem Reformieren oder während des Reformierens des verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches angeordnet sein. Die Luftzuführvorrichtung wird vorzugsweise bereits
- 30 zum Zuführen von Luft bzw. eines sauerstoffhaltigen Fluids zum Kathodenabschnitt

benötigt. D.h., es kann ein Funktionsbauteil des Brennstoffzellensystems verwendet werden, das ohnehin im Brennstoffzellensystem benötigt wird. Dadurch kann das Brennstoffzellensystem kompakt und kostengünstig zur Verfügung gestellt werden.

Alternativ oder zusätzlich ist es vorteilhaft, wenn eine weitere Luftzuführvorrichtung vorgesehen ist, welche Luft stromabwärts des Reformers zuführt. Dadurch wird eine endotherme, partielle Oxidationsreaktion in der Anode ausgelöst, wobei auch ein Aufheizprozess beschleunigt wird. Eine Anodentemperatur für die Oxidationsreaktion sollte höher als 250 °C, insbesondere höher als 300 °C, sein. Wichtig ist hierbei stets, dass der gesamte Sauerstoff in der Anode verbrannt wird, um eine Reoxidation an der Anode zu vermeiden. Dies wird erreicht, wenn eine sogenannte fette Verbrennung stattfindet, also wenn der Lambda-Wert kleiner 1 ist (mehr Brennstoff als Luft; Luftmangel).

Darüber hinaus ist es bei einem Brennstoffzellensystem gemäß der vorliegenden Erfindung möglich, dass der wenigstens eine Brenner zum Verbrennen von Anodenabgas aus dem Anodenabschnitt, von Kathodenabgas aus dem Kathodenabschnitt und/oder von Brennstoff von einer Brennstoffquelle, die stromaufwärts des wenigstens einen Brenners angeordnet ist, ausgestaltet ist, wobei die Brennstoffquelle zum Zuführen des Brennstoffs zu dem wenigstens einen Brenner ausgestaltet ist, und der wenigstens eine Brenner zum Zuführen des verbrannten Brennstoffs von dem wenigstens einen Brenner zu dem wenigstens einen Verdampfer, zum Aufheizen des wenigstens einen Verdampfers und/oder des Fluids innerhalb des wenigstens einen Verdampfers auf die Soll-Temperatur oder darüber, ausgestaltet ist.

Ferner kann der wenigstens eine Brenner einen elektrisch aktivierbaren Katalysator, insbesondere einen elektrisch beheizbaren Metallkatalysator, zum Verbrennen des Brennstoffs aufweisen, wobei der Katalysator konfiguriert ist, deaktiviert zu werden, sobald die Soll-Temperatur erreicht oder überschritten ist. Stromabwärts der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle und stromaufwärts des wenigstens einen Verdampfers kann wenigstens ein Injektor zum Einspritzen des Brennstoff-Wasser-Gemisches von der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle in den wenigstens einen Verdampfer angeordnet sein. An einem Außenwandabschnitt des wenigstens einen Brenners kann ein Wärmetauschabschnitt ausgestaltet sein, an oder in welchem das durch den wenigstens einen Verdampfer verdampfte Brennstoff-Wasser-Gemisch zu dem wenigstens einen Brenner zuführbar ist. Stromaufwärts des wenigstens einen Verdampfers kann

eine Brennstoffquelle zum Bereitstellen eines Brennstoffs für den wenigstens einen Verdampfer angeordnet sein, wobei durch den wenigstens einen Verdampfer verdampfter Brennstoff zum Aufheizen des Brennstoffs an oder in einem Wärmetauschabschnitt des wenigstens einen Brenners als das brennstoffhaltige Fluid zu dem wenigstens einen Brenner führbar ist. Stromabwärts der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle und/oder der Brennstoffquelle und stromaufwärts des wenigstens einen Brenners kann eine Zwischenheizvorrichtung, insbesondere eine elektrische Zwischenheizvorrichtung, zum Aufheizen des Brennstoff-Wasser-Gemisches bzw. des Brennstoffs angeordnet sein, wobei die Zwischenheizvorrichtung konfiguriert ist, das Brennstoff-Wasser-Gemisch bzw. den Brennstoff aufzuheizen, bis das Brennstoff-Wasser-Gemisch bzw. der Brennstoff eine vordefinierte Temperatur erreicht hat oder die Temperatur darüber liegt. Die Zwischenheizvorrichtung kann konfiguriert sein deaktiviert zu werden, sobald der wenigstens eine Brenner, ein Fluid in dem wenigstens einen Brenner, der wenigstens einen Verdampfer und/oder ein Fluid in dem wenigstens einen Verdampfer eine vordefinierte Temperatur erreicht haben oder die Temperatur darüber liegt. Damit bringt das Brennstoffzellensystem die gleichen Vorteile mit sich, wie sie vorstehend ausführlich mit Bezug auf das zugehörige erfindungsgemäße Verfahren beschrieben worden sind.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Kraftfahrzeug mit einem wie vorstehend beschriebenen Brennstoffzellensystem zur Verfügung gestellt. Damit bringt auch ein erfindungsgemäßes Kraftfahrzeug die vorstehend beschriebenen Vorteile mit sich. Das Kraftfahrzeug ist vorzugsweise ein PKW oder ein LWK.

Weitere, die Erfindung verbessernde Maßnahmen ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung zu verschiedenen Ausführungsbeispielen der Erfindung, welche in den Figuren schematisch dargestellt sind. Sämtliche aus den Ansprüchen, der Beschreibung oder der Zeichnung hervorgehende Merkmale und/oder Vorteile, einschließlich konstruktiver Einzelheiten und räumlicher Anordnungen können sowohl für sich als auch in den verschiedenen Kombinationen erfindungswesentlich sein.

Es zeigen jeweils schematisch:

Figur 1 ein Blockdiagramm zum Darstellen eines Brennstoffzellensystems gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

- Figur 2 eine teilweise geschnittene Seitenansicht eines Abschnitts des in Fig. 1 dargestellten Brennstoffzellensystems,
- Figur 3 ein Blockdiagramm zum Darstellen eines Brennstoffzellensystems gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,
- 5 Figur 4 ein Blockdiagramm zum Darstellen eines Brennstoffzellensystems gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,
- Figur 5 ein Blockdiagramm zum Darstellen eines Brennstoffzellensystems gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,
- Figur 6 ein Blockdiagramm zum Darstellen eines Brennstoffzellensystems gemäß einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,
- 10 Figur 7 ein Blockdiagramm zum Darstellen eines Brennstoffzellensystems gemäß einer sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,
- Figur 8 ein Blockdiagramm zum Darstellen eines Brennstoffzellensystems gemäß einer siebten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,
- 15 Figur 9 ein Blockdiagramm zum Darstellen eines Brennstoffzellensystems gemäß einer achten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,
- Figur 10 ein Blockdiagramm zum Darstellen eines Brennstoffzellensystems gemäß einer neunten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,
- Figur 11 ein Kraftfahrzeug mit einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem,
- 20 Figur 12 ein Ablaufdiagramm zum Erläutern eines Verfahrens gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, und
- Figur 13 ein Ablaufdiagramm zum Erläutern eines Verfahrens gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

25 Elemente mit gleicher Funktion und Wirkungsweise sind in den Figuren 1 bis 13 jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

In Fig. 1 ist schematisch ein Brennstoffzellensystem 100a für ein Kraftfahrzeug 1000 in Form eines SOFC-Systems gemäß einer ersten Ausführungsform dargestellt. Das

Brennstoffzellensystem 100a zeigt einen Anodenabschnitt 2, einen Verdampfer 4 zum Verdampfen eines Brennstoff-Wasser-Gemisches, einen Reformer 5 zum Reformieren des verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches für die Verwendung im Anodenabschnitt 2 und einen Brenner 6 zum Verbrennen eines von einer Primärbrennstoffquelle 14 auf. Die Primärbrennstoffquelle 14 ist ein optionales Vorheiz-
5 element wie beispielsweise ein Startbrenner.

Der Reformer 5 ist stromabwärts des Verdampfers 4 angeordnet und der Brenner 6 ist stromaufwärts des Verdampfers 4 angeordnet. Der Brenner 6 steht mit dem Verdampfer 4, zum Zuführen von in dem Brenner 6 verbranntem Brennstoff von dem Brenner 6 zu dem Verdampfer 4, in Fluidverbindung oder ist mechanisch mit diesem
10 verbunden. Direkt stromaufwärts des Verdampfers 4 ist eine Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle 7 in Form eines Brennstoff-Wasser-Gemisch-Speichers zum Bereitstellen eines fertig gemischten Brennstoff-Wasser-Gemisches für den Verdampfer 4 angeordnet.

15 Der Brennstoff und das Wasser sind in der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle 7 in flüssiger Form bereitgestellt. Der Verdampfer 4 ist direkt stromabwärts der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle 7 angeordnet. Der Verdampfer 4 ist ferner direkt stromabwärts des Brenners 6 angeordnet.

Stromabwärts der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle 7 und somit stromaufwärts
20 des Verdampfers 4 ist ein Injektor 12 zum Einspritzen des Brennstoff-Wasser-Gemisches von der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle 7 in den Verdampfer 4 angeordnet.

Direkt stromabwärts des Reformers 4 ist ferner ein Wärmetauscher 8 angeordnet, über welchen verbranntes Abgas aus dem Brenner 6 in die Umgebung 9 des Brennstoffzellensystems ausgelassen werden kann.
25

Der Brenner 6 ist zum Zuführen des verbrannten Brennstoffs von dem Brenner 6 zu dem Verdampfer 4, zum Aufheizen des Verdampfers 4 und des Fluids innerhalb des Verdampfers 4 auf eine Soll-Temperatur oder darüber, ausgestaltet. Dabei ist mit Vorteil vorgesehen, dass der Brenner 6 mit dem Verdampfer 4 auch physisch verbunden ist, beispielsweise kann der Verdampfer 4 unmittelbar stromabwärts des Brenners 6 oder um den Brenner 6 herum diesen umschließend angeordnet sein.
30

Mit Bezug auf Fig. 2 wird anschließend ein Abschnitt des Brennstoffzellensystems 100a gemäß der ersten Ausführungsform im Detail erläutert. Der in Fig. 2 dargestellte Brenner 6 weist einen elektrisch beheizbaren Metallkatalysator zum Verbrennen des Brennstoffs auf, wobei der Katalysator konfiguriert ist, deaktiviert zu werden, sobald die Soll-Temperatur erreicht oder überschritten ist. Wie in Fig. 2 dargestellt, kann das Brennstoff-Wasser-Gemisch über den Verdampfer 4 zum Reformier 5 geleitet und von dort weiter zum Anodenabschnitt 2 geführt werden. Der Reformier 5 ist dabei ringförmig um den Brenner 6 in Form eines Abgasbrenners herum angeordnet. Stromaufwärts des Brenners 6 ist direkt am Brenner 6 eine Vorheizvorrichtung 10 in Form einer elektrischen Heizvorrichtung zum Vorheizen von in dem Brenner 6 zu verbrennendem Brennstoff angeordnet.

Mit Bezug auf die Figuren 1 bis 10 werden anschließend weitere Ausführungsformen des Brennstoffzellensystems beschrieben, wobei jeweils nur die jeweiligen Unterscheidungsmerkmale zwischen den Ausführungsformen erläutert werden. Dadurch soll eine redundante Beschreibung möglichst vermieden werden.

In Fig. 3 ist ein Brennstoffzellensystem 100b gemäß einer zweiten Ausführungsform dargestellt. Bei dem dargestellten Brennstoffzellensystem 100b ist an einem Außenwandabschnitt des Brenners 6 ein Wärmetauschabschnitt 18 ausgestaltet, an welchem das durch den Verdampfer 4 verdampfte Brennstoff-Wasser-Gemisch zu dem Brenner 6 zuführbar ist. Außerdem wird in Fig. 3 das Brennstoff-Wasser-Gemisch von der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle 7 sowohl zum Brenner 6 als auch zum Reformier 5 geleitet.

In Fig. 4 ist ein Brennstoffzellensystem 100c gemäß einer dritten Ausführungsform dargestellt. Bei dem dargestellten Brennstoffzellensystem 100c ist stromaufwärts eines ersten Verdampfers 4a eine Brennstoffquelle 7a zum Bereitstellen eines Brennstoffs für den ersten Verdampfer 4a angeordnet, wobei durch den ersten Verdampfer 4a verdampfter Brennstoff zum Aufheizen des Brennstoffs an oder in dem Wärmetauschabschnitt 18 des Brenners 6 als das brennstoffhaltige Fluid zu dem Brenner 6 führbar ist. Außerdem ist stromaufwärts eines zweiten Verdampfers 4b eine Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle 7b zum Bereitstellen eines Brennstoff-Wasser-Gemisches für den zweiten Verdampfer 4b angeordnet, wobei durch den zweiten Verdampfer 4b verdampft Brennstoff-Wasser-Gemisch zu dem Reformier 5 leitbar ist. Der zweite Verdampfer 4b ist entsprechend stromaufwärts des Reformiers 5 an-

geordnet. Der erste Verdampfer 4a und der zweite Verdampfer 4b sind in Reihe zueinander und stromaufwärts zu dem Wärmetauscher 8 angeordnet.

In Fig. 5 ist ein Brennstoffzellensystem 100d gemäß einer vierten Ausführungsform dargestellt, welches ähnlich dem Brennstoffzellensystem 100c gemäß der dritten Ausführungsform ist. Bei dem Brennstoffzellensystem 100d gemäß der vierten Ausführungsform sind der erste Verdampfer 4a und der zweite Verdampfer 4b parallel zueinander angeordnet. Dies kann für eine besonders kompakte Bauweise des Brennstoffzellensystems 100d umgesetzt werden.

In Fig. 6 ist ein Brennstoffzellensystem 100e gemäß einer fünften Ausführungsform dargestellt. Bei dem dargestellten Brennstoffzellensystem 100e ist stromabwärts der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle 7, genauer gesagt direkt stromabwärts des Verdampfers 4, eine elektrische Zwischenheizvorrichtung 11 zum Aufheizen des Brennstoff-Wasser-Gemisches bzw. des Brennstoffs angeordnet, wobei die Zwischenheizvorrichtung 11 konfiguriert ist, das Brennstoff-Wasser-Gemisch aufzuheizen, bis das Brennstoff-Wasser-Gemisch eine vordefinierte Temperatur erreicht hat oder die Temperatur darüber liegt. Die Zwischenheizvorrichtung 11 ist konfiguriert deaktiviert zu werden, sobald der Brenner 6 und/oder ein Fluid in dem Brenner eine vordefinierte Temperatur erreicht haben oder die Temperatur darüber liegt. Die vordefinierte Temperatur kann beispielsweise ca. 650°C sein. Stromabwärts des Verdampfers 4 und stromaufwärts des Reformers 5 ist ein Ventil 20 angeordnet. Das Ventil 20 verhindert in einer geschlossenen Stellung, dass Brennstoff oder das Wasser-Brennstoff-Gemisch in den Reformer 5 strömen kann, ohne dass dieses verdampft ist oder verdampft werden kann. Somit ist eine mögliche Kondensierung vom Wasser-Brennstoff-Gemisch im Reformer 5 und eine Flutung des Reformers 5 durch flüssigen Brennstoff vermieden. Das Ventil 20 kann auch bei allen anderen Ausführungsformen der Erfindung vorgesehen sein.

In Fig. 7 ist ein Brennstoffzellensystem 100f gemäß einer sechsten Ausführungsform dargestellt. Bei dem dargestellten Brennstoffzellensystem 100f ist die Zwischenheizvorrichtung 11 stromabwärts der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle und stromaufwärts des Verdampfers 4 angeordnet.

Wie in den Figuren 3 bis 7 dargestellt, ist der Injektor 12 jeweils relativ weit vom Brenner 6 entfernt angeordnet und dadurch gut gegen die Hitze des Brenners ge-

schützt. Als Injektor 12 kann unter anderem auch deshalb ein Standardinjektor verwendet werden, d.h., ein Injektor, der weder in seiner Form, noch bezüglich der Temperaturbeständigkeit besondere Ansprüche erfüllen muss.

5 In Fig. 8 ist ein Brennstoffzellensystem 100g gemäß einer siebten Ausführungsform dargestellt. Bei dem dargestellten Brennstoffzellensystem 100g ist ein Brennstoffzellenstapel mit dem Anodenabschnitt 2 und einem Kathodenabschnitt 3 gezeigt. Ferner sind neben der Primärbrennstoffquelle 14 noch eine Wasserquelle 15 sowie eine Luftzuführvorrichtung 16 in Form eines Gebläses dargestellt. Das Gebläse ist zum Zuführen von Luft zu dem Reformer 5 vor dem Reformieren oder während des Re-

10 formierens des verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches konfiguriert.

In Fig. 9 ist ein Brennstoffzellensystem 100h gemäß einer achten Ausführungsform dargestellt. Bei dem dargestellten Brennstoffzellensystem 100h weist der Brenner einen Abgasbrenner 6 und einen Startbrenner 17 auf, wobei der Startbrenner 17 stromaufwärts des Abgasbrenners 6 direkt an demselben angeordnet ist.

15

In Fig. 10 ist ein Brennstoffzellensystem 100i gemäß einer neunten Ausführungsform dargestellt. Bei dem dargestellten Brennstoffzellensystem 100i wurde auf eine Fluidleitung zum Zuführen von Brennstoff von der Primärbrennstoffquelle 14 zum Brenner 6 verzichtet, da stromaufwärts des Verdampfers 4 die Zwischenheizvorrichtung 11

20 angeordnet ist.

In allen Ausführungsbeispielen gemäß den Fig. 8 bis 10 kann anstatt der Primärbrennstoffquelle 14 und der Wasserquelle 15 auch ein nur ein einziger Brennstoff-Wasser-Gemisch-Tank mit bereits vorgemischten Brennstoff-Wasser-Gemisch vorgesehen sein. Dieser Brennstoff-Wasser-Gemisch-Tank kann grundsätzlich wie

25 die Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle 7 ausgebildet und ist stromaufwärts des Verdampfer 4 angeordnet.

In Fig. 11 ist ein Kraftfahrzeug 1000 mit einem Brennstoffzellensystem 100a gemäß der ersten Ausführungsform dargestellt. Das Kraftfahrzeug 1000 weist ferner einen Elektromotor 200 auf, welcher durch elektrische Energie von dem Brennstoffzellensystem 100a angetrieben werden kann. Das in Fig. 11 dargestellte Kraftfahrzeug

30 1000 bzw. das Brennstoffzellensystem 100a weist eine Kontrolleinheit 19 auf, die

zum Ausführen eines wie nachfolgend im Detail beschriebenen Verfahrens konfiguriert und ausgestaltet ist.

Mit Bezug auf Fig. 12 sowie Fig. 1 wird anschließend ein Verfahren gemäß einer ersten Ausführungsform erläutert. Bei einem ersten Schritt S1 wird der Verdampfer 4 durch den Brenner 6 auf eine Soll-Temperatur von ca. 300°C erhitzt. Brennstoff im Brenner 6 wird dabei durch einen elektrisch beheizbaren Metallkatalysator verbrannt, wobei der Katalysator deaktiviert wird, sobald die Soll-Temperatur erreicht ist oder überschritten wird bzw. wurde.

Sobald der Verdampfer 4 die Soll-Temperatur erreicht hat oder die Temperatur darüber liegt, wird bei einem anschließenden zweiten Schritt S2 ein Brennstoff-Wasser-Gemisch durch den Injektor 12 von der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle 7 in den Verdampfer 4 eingespritzt.

Danach wird dem Reformer 5 in einem dritten Schritt S3 ein durch den Verdampfer 4 verdampftes Brennstoff-Wasser-Gemisch von dem Verdampfer 4, der die Soll-Temperatur erreicht hat oder dessen Temperatur darüber liegt, zugeführt, sodass der Reformer das verdampfte Brennstoff-Wasser-Gemisch reformieren kann. Vor dem Reformieren oder während des Reformierens des verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches wird dem Reformer 5 Luft zugeführt. Außerdem wird der Reformer 5 vor dem Zuführen des verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches zu dem Reformer 5 vorgeheizt.

Nun wird dem Anodenabschnitt 2, der sich in einem deaktivierten Betriebszustand befindet, in welchem durch den Brennstoffzellenstapel kein Strom erzeugt wird, in einem vierten Schritt S4 das reformierte Brennstoff-Wasser-Gemisch zugeführt, wodurch der Anodenabschnitt während des Startens und Aufheizens des Brennstoffzellensystems gespült und entsprechend geschützt wird.

Anschließend kann das reformierte Brennstoff-Wasser-Gemisch von dem Anodenabschnitt 2 zu dem Brenner 6 geführt bzw. rezirkuliert, in dem Brenner 6 zumindest teilweise verbrannt und das zumindest teilweise verbrannte Brennstoff-Wasser-Gemisch von dem Brenner 6 über den Verdampfer 4 sowie den Reformer 5 wieder dem Anodenabschnitt 2 zugeführt werden. Der entsprechende Heizkreislauf kann nun so lange laufen, bis das Brennstoffzellensystem auf die gewünschte Temperatur aufgeheizt ist.

Mit Bezug auf Fig. 13 sowie Fig. 6 wird anschließend ein Verfahren gemäß einer zweiten Ausführungsform erläutert. Bei einem ersten Schritt S1 wird der Brenner 6 mittels des elektrisch beheizbaren Metallkatalysators auf eine Soll-Temperatur von ca. 300°C erhitzt. Sobald die Soll-Temperatur erreicht wurde, wird der Metallkatalysator abgeschaltet.

In einem zweiten Schritt S2 wird dem Brenner 6 durch den Injektor 12 über den Verdampfer 4 ein Brennstoff-Wasser-Gemisch zugeführt, wobei die elektrische Zwischenheizvorrichtung 11 aktiviert ist und das Brennstoff-Wasser-Gemisch am Brenner 6 entlang geführt wird.

- 10 Sobald der Verdampfer 4 eine vordefinierte Temperatur erreicht hat, bei welcher das Brennstoff-Wasser-Gemisch durch die im Brenner 6 erzeugte Hitze auf die gewünschte Weise verdampft werden kann, wird in einem dritten Schritt S3 die Zwischenheizvorrichtung 11 deaktiviert. In dem nun vorliegenden Heizkreislauf kann sowohl auf die Bestromung des Metallkatalysators als auch auf die Bestromung der
- 15 Zwischenheizvorrichtung verzichtet werden.

Die Erfindung lässt neben den dargestellten Ausführungsformen weitere Gestaltungsgrundsätze zu.

- So ist es, wie in Fig. 4 und Fig. 5 dargestellt, möglich, dass stromaufwärts des ersten Verdampfers 4a eine Brennstoffquelle 7a zum Bereitstellen eines Brennstoffs für den
- 20 ersten Verdampfer 4a angeordnet ist, wobei durch den ersten Verdampfer 4a verdampfter Brennstoff zum Aufheizen des Brennstoffs an dem Wärmetauschabschnitt 18 des Brenners 6 als das brennstoffhaltige Fluid zu dem Brenner 6 geführt wird. D.h., an Stelle des Brennstoff-Wasser-Gemisches kann dem Brenner 6 bei einem Verfahren gemäß Fig. 13 auch ein anderes Brennstoffgemisch bzw. ein anderer
- 25 Brennstoff zugeführt werden.

- Außerdem ist es, wie in Fig. 3, Fig. 6 und Fig. 7 dargestellt, möglich, dass das durch den Verdampfer 4 verdampfte Brennstoff-Wasser-Gemisch wenigstens teilweise von dem Verdampfer 4, der die Soll-Temperatur erreicht hat oder dessen Temperatur darüber liegt, als das brennstoffhaltige Fluid zu dem Brenner 6 geführt wird. D.h., das
- 30 Brennstoff-Wasser-Gemisch wird von dem Verdampfer 4 teilweise zum Brenner 6 und teilweise zum Reformier 5 geführt.

Bezugszeichenliste

1	Brennstoffzellenstapel
2	Anodenabschnitt
3	Kathodenabschnitt
4	Verdampfer
4a	Verdampfer
4b	Verdampfer
5	Reformer
6	Abgasbrenner (Brenner)
7	Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle
7a	Brennstoffquelle
7b	Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle
8	Wärmetauscher
9	Umgebung
10	Vorheizvorrichtung
11	Zwischenheizvorrichtung
12	Injektor
14	Brennstoffquelle
15	Wasserquelle
16	Gebälse
17	Startbrenner (Brenner)
18	Wärmetauschabschnitt
19	Kontrolleinheit
20	Ventil
100a-100i	Brennstoffzellensystem
200	Elektromotor
1000	Kraftfahrzeug

Patentansprüche

1. Verfahren zum Aufheizen eines Brennstoffzellensystems (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) aufweisend einen Brennstoffzellenstapel (1) mit einem Anodenabschnitt (2) und einem Kathodenabschnitt (3), wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b) zum Verdampfen eines Brennstoff-Wasser-Gemisches, einen Reformer (5) zum Reformieren des verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches für die Verwendung im Anodenabschnitt (2) des Brennstoffzellenstapels (1), und wenigstens einen Brenner (6, 17) zum Verbrennen eines brennstoffhaltigen Fluids, wobei der Reformer (5) bevorzugt stromabwärts des wenigstens einen Verdampfers (4; 4a, 4b) und der wenigstens eine Brenner (6, 17) bevorzugt stromaufwärts des wenigstens einen Verdampfers (4; 4a, 4b) angeordnet sind und der wenigstens eine Brenner (6, 17) mit dem wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b), zum Zuführen von in dem wenigstens einen Brenner (6, 17) verbranntem brennstoffhaltigen Fluid von dem wenigstens einen Brenner (6, 17) zu dem wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b), in Fluidverbindung steht und stromaufwärts des wenigstens einen Verdampfers (4; 4a, 4b) eine Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle (7; 7a, 7b) zum Bereitstellen eines Brennstoff-Wasser-Gemisches für den wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b), angeordnet ist, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:
 - Aufheizen des wenigstens einen Verdampfers (4; 4a, 4b) und/oder eines Fluids innerhalb des wenigstens einen Verdampfers (4; 4a, 4b) auf eine Soll-Temperatur oder darüber,
 - Zuführen des Brennstoff-Wasser-Gemisches von der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle (7; 7a, 7b) zu dem wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b), sobald der wenigstens eine Verdampfer (4; 4a, 4b) die Soll-Temperatur erreicht hat oder die Temperatur darüber liegt,
 - Zuführen eines durch den wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b) verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches von dem wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b), der die Soll-Temperatur erreicht hat oder dessen Temperatur darüber liegt, zu dem Reformer (5) zum Reformieren des verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches, und
 - Zuführen des reformierten Brennstoff-Wasser-Gemisches zum Anodenabschnitt (2), der sich in einem deaktivierten Betriebszustand befindet, in welchem durch den Brennstoffzellenstapel kein Strom erzeugt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
der wenigstens eine Brenner (6, 17) zum Verbrennen von Anodenabgas aus dem Anodenabschnitt (2), von Kathodenabgas aus dem Kathodenabschnitt (3) und/oder von Brennstoff von einer Brennstoffquelle (14), die stromaufwärts des wenigstens einen Brenners (6, 17) angeordnet ist, ausgestaltet ist, wobei dem wenigstens einen Brenner (6, 17) Brennstoff von der Brennstoffquelle (14) zugeführt wird und der Brennstoff in dem wenigstens einen Brenner (6, 17) verbrannt wird, und wobei der verbrannte Brennstoff von dem wenigstens einen Brenner (6, 17) zu dem wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b), zum Aufheizen des wenigstens einen Verdampfers (4; 4a, 4b) und/oder des Fluids innerhalb des wenigstens einen Verdampfers (4; 4a, 4b) auf die Soll-Temperatur oder darüber, zugeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Brennstoff mittels eines elektrisch aktivierbaren Katalysators, insbesondere mittels eines elektrisch beheizbaren Metallkatalysators, verbrannt wird und der Katalysator deaktiviert wird, sobald die Soll-Temperatur erreicht ist oder überschritten wird.
4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das reformierte Brennstoff-Wasser-Gemisch von dem Anodenabschnitt (2) zu dem wenigstens einen Brenner (6, 17) geführt wird, in dem wenigstens einen Brenner (6, 17) zumindest teilweise verbrannt wird und das zumindest teilweise verbrannte Brennstoff-Wasser-Gemisch von dem wenigstens einen Brenner (6, 17) über den wenigstens einen Verdampfer (4) sowie den Reformier (5) dem Anodenabschnitt (2) zugeführt wird.
5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Brennstoff-Wasser-Gemisch von der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle (7; 7a, 7b) durch einen Injektor (12) in den wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b) eingespritzt wird.

6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
dem Reformer (5) vor dem Reformieren oder während des Reformierens des verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches Luft zugeführt wird.
7. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Reformer (5) vor dem Zuführen des verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches zu dem Reformer (5) vorgeheizt wird.
8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Soll-Temperatur wenigstens 250°C, insbesondere wenigstens 300°C beträgt.
9. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das durch den wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b) verdampfte Brennstoff-Wasser-Gemisch wenigstens teilweise von dem wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b), der die Soll-Temperatur erreicht hat oder dessen Temperatur darüber liegt, als das brennstoffhaltige Fluid zu dem wenigstens einen Brenner (6, 17) geführt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
das durch den wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b) verdampfte Brennstoff-Wasser-Gemisch zum Aufheizen des Brennstoff-Wasser-Gemisches an oder in einem Wärmetauschabschnitt (18) des wenigstens einen Brenners (6, 17) zu dem wenigstens einen Brenner (6, 17) geführt wird.
11. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
stromaufwärts des wenigstens einen Verdampfers (4a) eine Brennstoffquelle (7a) zum Bereitstellen eines Brennstoffs für den wenigstens einen Verdampfer (4a) angeordnet ist, wobei durch den wenigstens einen Verdampfer (4a) verdampfter Brennstoff zum Aufheizen des Brennstoffs an oder in einem Wärme-

tauschabschnitt (18) des wenigstens einen Brenners (6, 17) als das brennstoffhaltige Fluid zu dem wenigstens einen Brenner (6, 17) geführt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Brennstoff-Wasser-Gemisch und/oder der Brennstoff jeweils durch eine Zwischenheizvorrichtung (11), insbesondere eine elektrische Zwischenheizvorrichtung (11), die stromabwärts der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle (7; 7a, 7b) bzw. der Brennstoffquelle (7a) und stromaufwärts des wenigstens einen Brenners (6, 17) angeordnet ist, erhitzt wird, bis das Brennstoff-Wasser-Gemisch bzw. der Brennstoff eine vordefinierte Temperatur erreicht hat oder die Temperatur darüber liegt.
13. Verfahren nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Zwischenheizvorrichtung (11) deaktiviert wird, sobald der wenigstens eine Brenner (6, 17), ein Fluid in dem wenigstens einen Brenner, der wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b) und/oder ein Fluid in dem wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b) eine vordefinierte Temperatur erreicht haben oder die Temperatur darüber liegt.
14. Brennstoffzellensystems (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) für ein Kraftfahrzeug (1000), aufweisend einen Brennstoffzellenstapel (1) mit einem Anodenabschnitt (2) und einem Kathodenabschnitt (3), wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b) zum Verdampfen eines Brennstoff-Wasser-Gemisches, einen Reformier (5) zum Reformieren des verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches für die Verwendung im Anodenabschnitt (2) des Brennstoffzellenstapels (1), und wenigstens einen Brenner (6, 17) zum Verbrennen eines brennstoffhaltigen Fluids,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Reformier (5) insbesondere stromabwärts des wenigstens einen Verdampfers (4; 4a, 4b) und der wenigstens eine Brenner (6, 17) insbesondere stromaufwärts des wenigstens einen Verdampfers (4; 4a, 4b) angeordnet sind und der wenigstens eine Brenner (6, 17) mit dem wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b), zum Zuführen von in dem wenigstens einen Brenner (6, 17) verbranntem brennstoffhaltigen Fluid von dem wenigstens einen Brenner (6, 17) zu dem

wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b), in Fluidverbindung steht und stromaufwärts des wenigstens einen Verdampfers (4; 4a, 4b) eine Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle (7; 7a, 7b) zum Bereitstellen eines Brennstoff-Wasser-Gemisches für den wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b), angeordnet ist.

15. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) nach Anspruch 14,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine Kontrolleinheit (19) bereitgestellt ist, die zum Ausführen eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 13 konfiguriert und ausgestaltet ist.
16. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) nach einem der Ansprüche 14 bis 15,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Brennstoff und das Wasser in der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle (7; 7a; 7b) zumindest vorübergehend in flüssiger Form bereitgestellt sind.
17. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) nach einem der Ansprüche 14 bis 16,
dadurch gekennzeichnet, dass
der wenigstens eine Verdampfer (4; 4a, 4b) direkt stromabwärts der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle (7; 7a; 7b) angeordnet ist.
18. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) nach einem der Ansprüche 14 bis 17,
dadurch gekennzeichnet, dass
der wenigstens eine Verdampfer (4; 4a, 4b) direkt stromabwärts des wenigstens einen Brenners (6, 17) angeordnet ist.
19. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) nach einem der Ansprüche 14 bis 18,
dadurch gekennzeichnet, dass
der wenigstens eine Verdampfer (4; 4a, 4b) und/oder der Reformier (5) unmittelbar mit dem wenigstens einen Brenner (6, 17) verbunden sind.
20. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) nach einem der Ansprüche 14 bis 19,

dadurch gekennzeichnet, dass

der wenigstens einen Brenner einen Abgasbrenner (6) und/oder einen Startbrenner (17) aufweist.

21. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) nach einem der Ansprüche 14 bis 20,

dadurch gekennzeichnet, dass

eine Luftzuführvorrichtung (16), insbesondere ein Gebläse, zum Zuführen von Luft zu dem Reformer (5) vor dem Reformieren oder während des Reformierens des verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches angeordnet ist.

22. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) nach einem der Ansprüche 14 bis 21,

dadurch gekennzeichnet, dass

der wenigstens einen Brenner (6, 17) zum Verbrennen von Anodenabgas aus dem Anodenabschnitt (2), von Kathodenabgas aus dem Kathodenabschnitt (3) und/oder von Brennstoff von einer Brennstoffquelle (14), die stromaufwärts des wenigstens einen Brenners (6, 17) angeordnet ist, ausgestaltet ist, wobei die Brennstoffquelle (14) zum Zuführen des Brennstoffs zu dem wenigstens einen Brenner (6, 17) ausgestaltet ist, und der wenigstens einen Brenner (6, 17) zum Zuführen des verbrannten Brennstoffs von dem wenigstens einen Brenner (6, 17) zu dem wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b), zum Aufheizen des wenigstens einen Verdampfers (4; 4a, 4b) und/oder des Fluids innerhalb des wenigstens einen Verdampfers (4; 4a, 4b) auf die Soll-Temperatur oder darüber, ausgestaltet ist.

23. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) nach einem der Ansprüche 14 bis 22,

dadurch gekennzeichnet, dass

der wenigstens einen Brenner (6, 17) einen elektrisch aktivierbaren Katalysator, insbesondere einen elektrisch beheizbaren Metallkatalysator zum Verbrennen des Brennstoffs aufweist, wobei der Katalysator konfiguriert ist, deaktiviert zu werden, sobald die Soll-Temperatur erreicht oder überschritten ist.

24. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) nach einem der Ansprüche 14 bis 23,

dadurch gekennzeichnet, dass

stromabwärts der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle (7; 7a, 7b) und stromaufwärts des wenigstens einen Verdampfers (4; 4a, 4b) wenigstens ein Injektor (12) zum Einspritzen des Brennstoff-Wasser-Gemisches von der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle (7; 7a, 7b) in den wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b) angeordnet ist.

25. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) nach einem der Ansprüche 14 bis 24,

dadurch gekennzeichnet, dass

an einem Außenwandabschnitt des wenigstens einen Brenners (6, 17) ein Wärmetauschabschnitt (18) ausgestaltet ist, an oder in welchem das durch den wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b) verdampfte Brennstoff-Wasser-Gemisch zu dem wenigstens einen Brenner (6, 17) zuführbar ist.

26. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) nach einem der Ansprüche 14 bis 25,

dadurch gekennzeichnet, dass

stromaufwärts des wenigstens einen Verdampfers (4a) eine Brennstoffquelle (7a) zum Bereitstellen eines Brennstoffs für den wenigstens einen Verdampfer (4a) angeordnet ist, wobei durch den wenigstens einen Verdampfer (4a) verdampfter Brennstoff zum Aufheizen des Brennstoffs an oder in einem Wärmetauschabschnitt (18) des wenigstens einen Brenners (6, 17) als das brennstoffhaltige Fluid zu dem wenigstens einen Brenner (6, 17) führbar ist.

27. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) nach einem der Ansprüche 14 bis 26,

dadurch gekennzeichnet, dass

stromabwärts der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle (7; 7a, 7b) und/oder der Brennstoffquelle (7a) und stromaufwärts des wenigstens einen Brenners (6, 17) eine Zwischenheizvorrichtung (11), insbesondere eine elektrische Zwischenheizvorrichtung (11), zum Aufheizen des Brennstoff-Wasser-Gemisches bzw. des Brennstoffs angeordnet ist, wobei die Zwischenheizvorrichtung (11) konfiguriert ist, das Brennstoff-Wasser-Gemisch bzw. den Brennstoff aufzuheizen, bis das Brennstoff-Wasser-Gemisch bzw. der Brennstoff eine vordefinierte Temperatur erreicht hat oder die Temperatur darüber liegt.

28. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) nach Anspruch 27,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Zwischenheizvorrichtung (11) konfiguriert ist deaktiviert zu werden, sobald der wenigstens eine Brenner (6, 17), ein Fluid in dem wenigstens einen Brenner, der wenigstens eine Verdampfer (4; 4a, 4b) und/oder ein Fluid in dem wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b) eine vordefinierte Temperatur erreicht haben oder die Temperatur darüber liegt.

29. Kraftfahrzeug (1000) mit einem Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) nach einem der Ansprüche 14 bis 28.

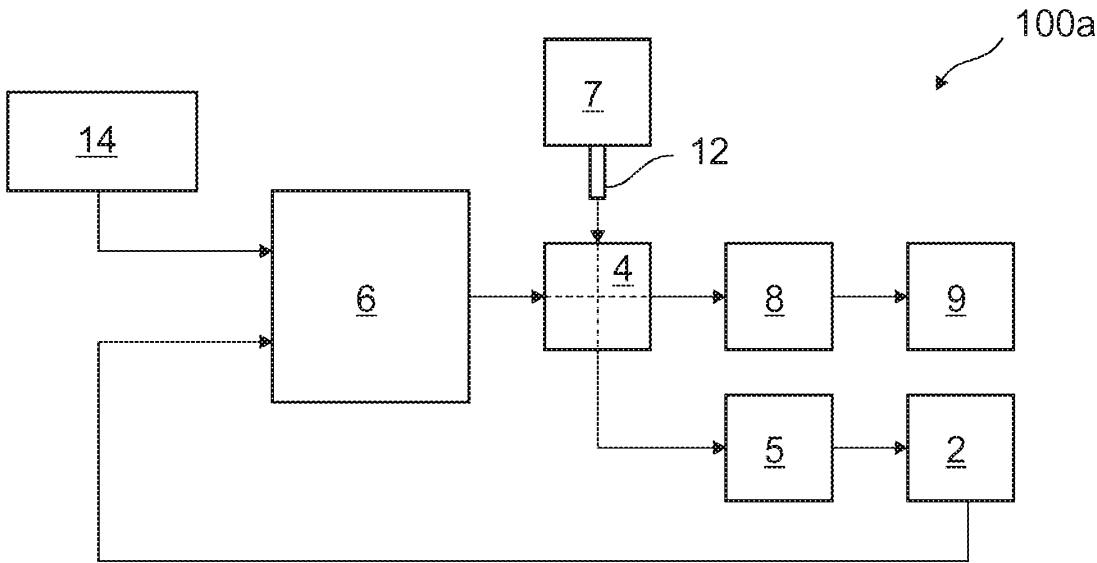


Fig. 1

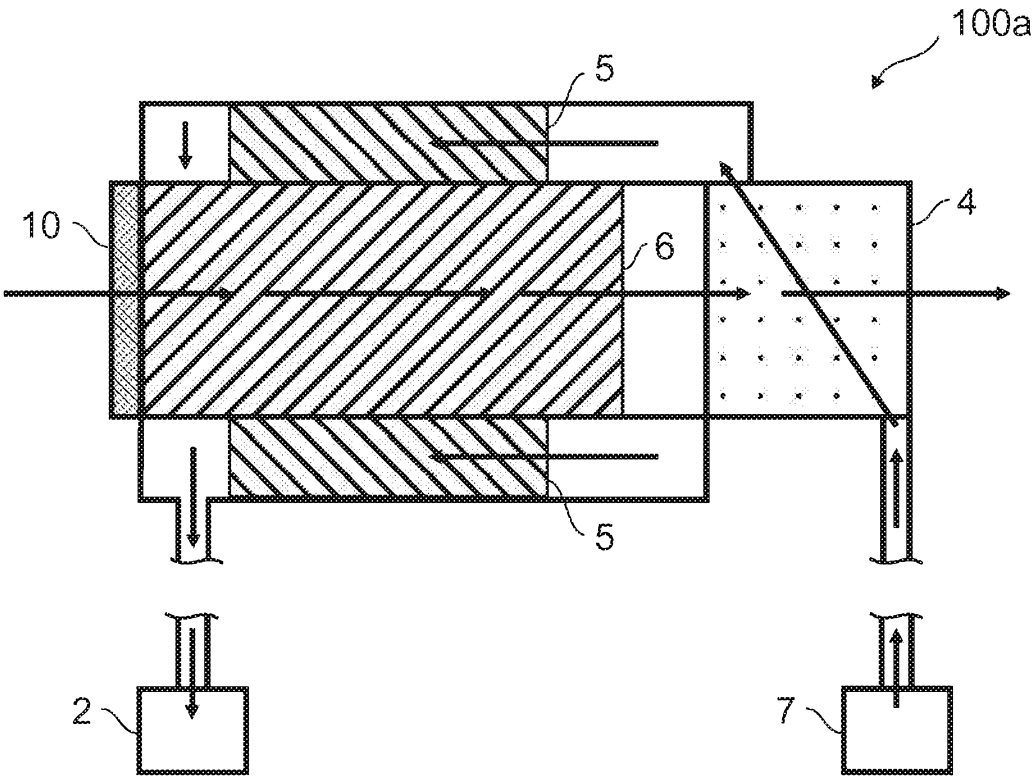


Fig. 2

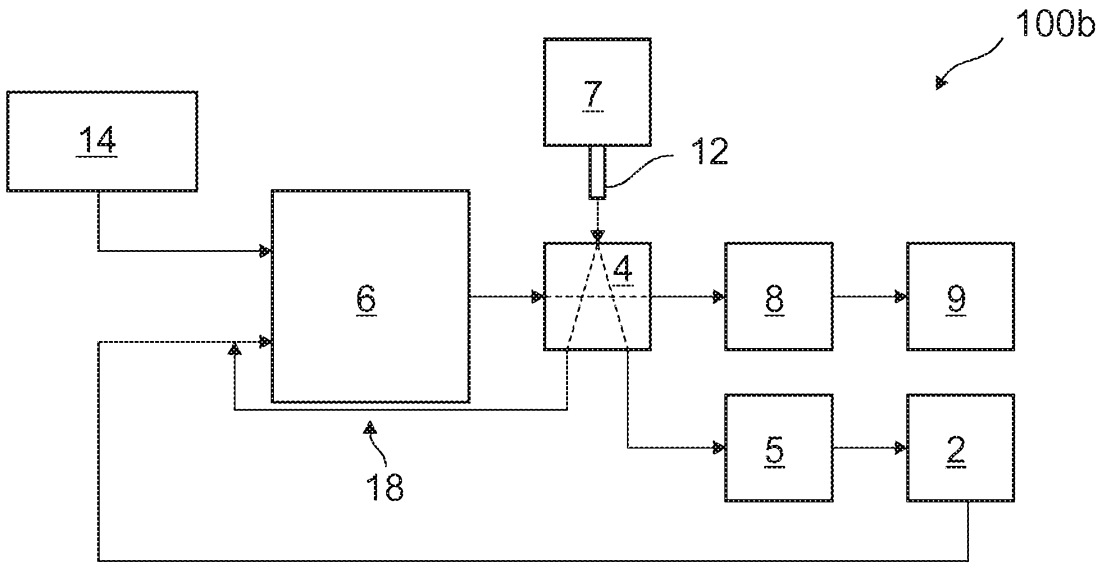


Fig. 3

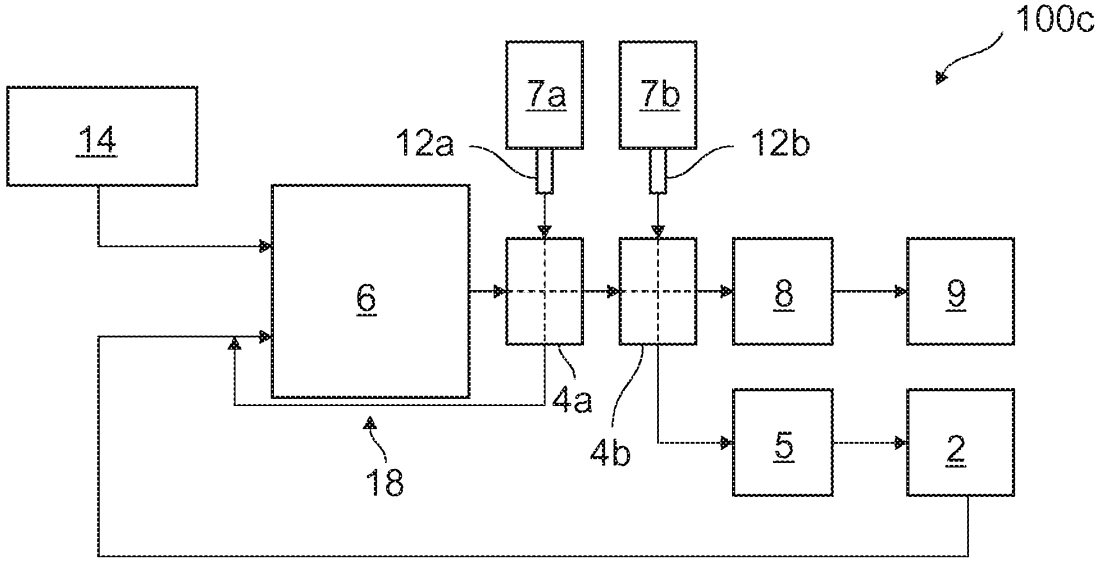


Fig. 4

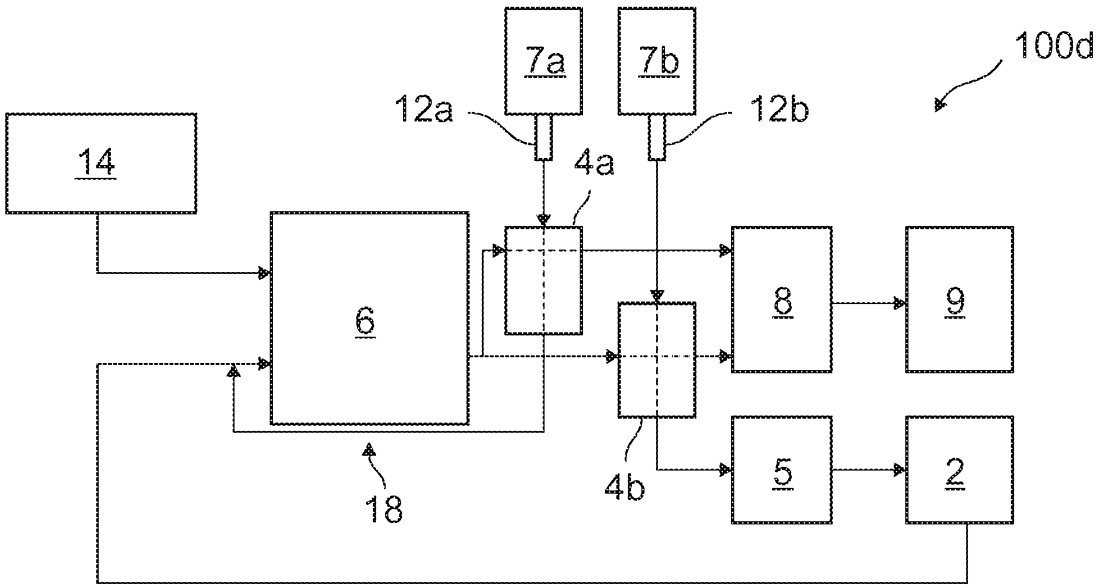


Fig. 5

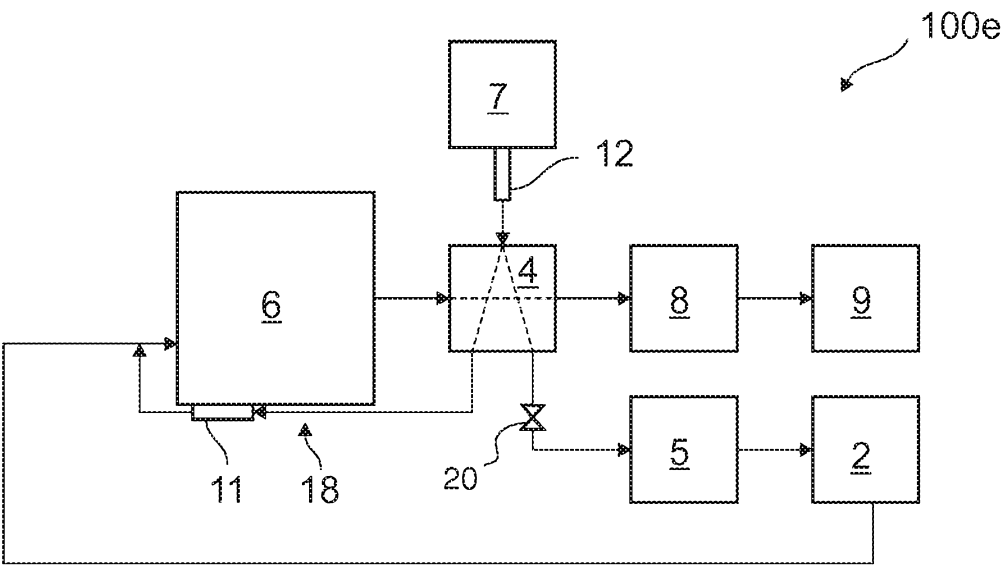


Fig. 6

4/7

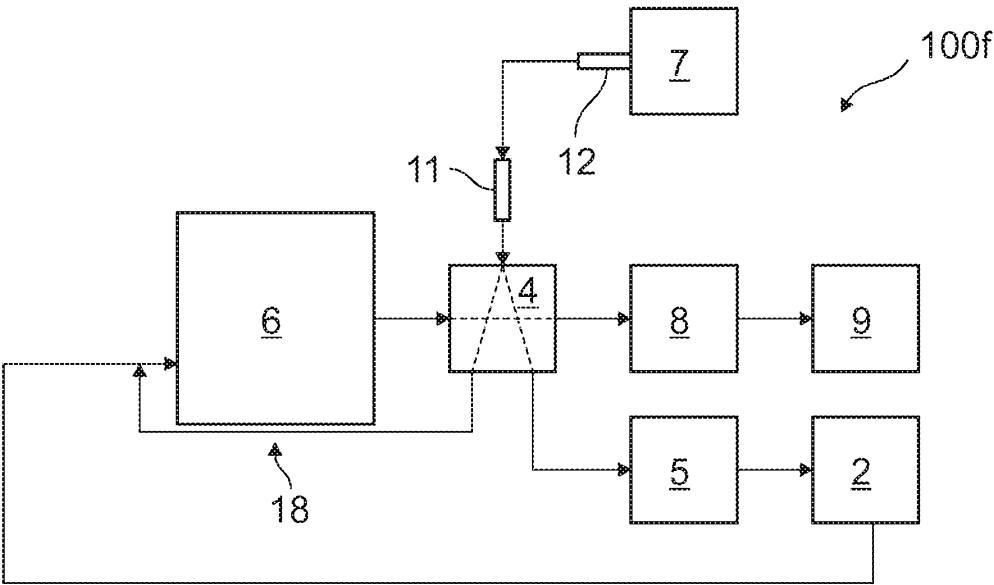


Fig. 7

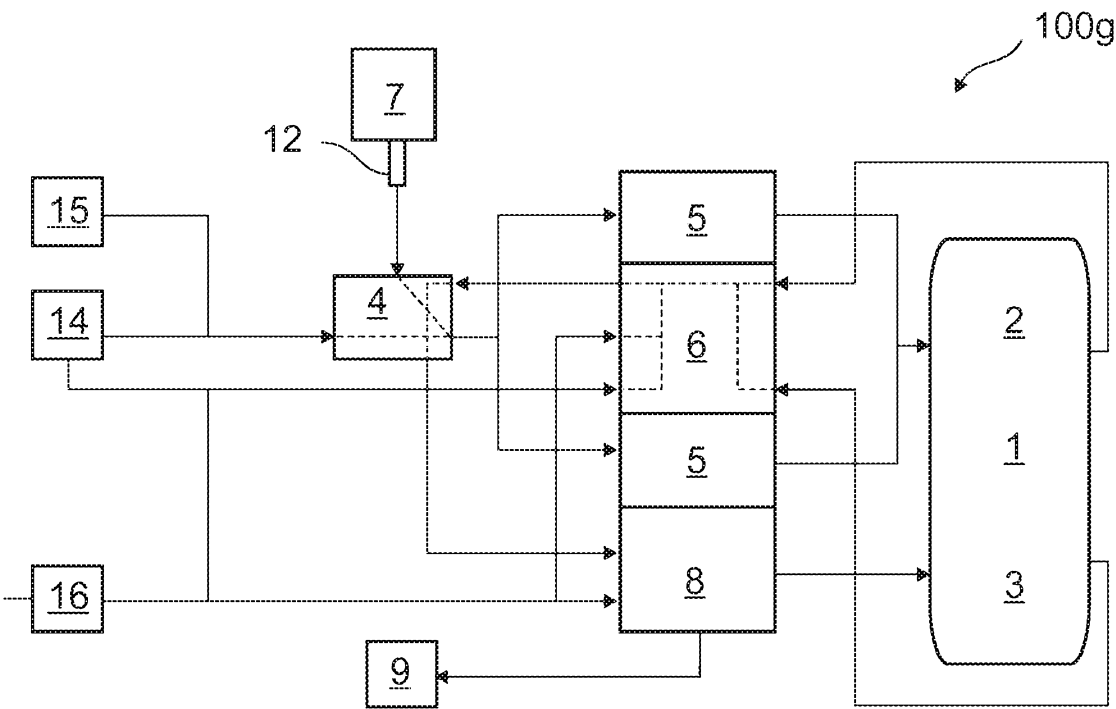


Fig. 8

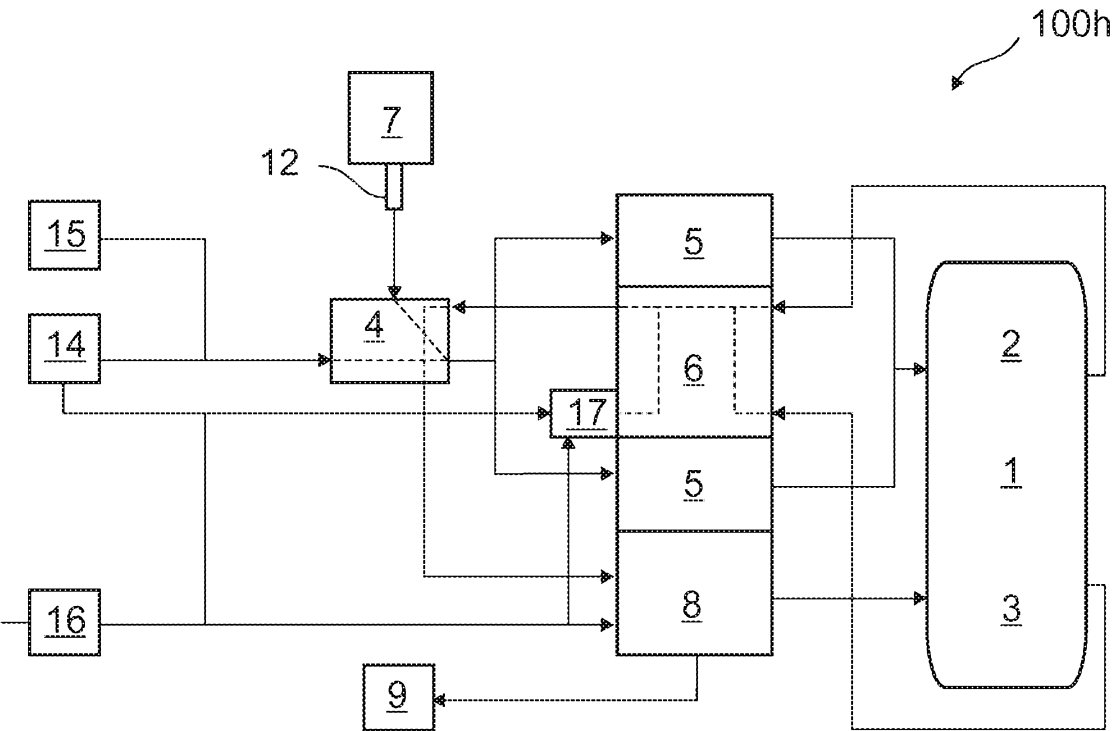


Fig. 9

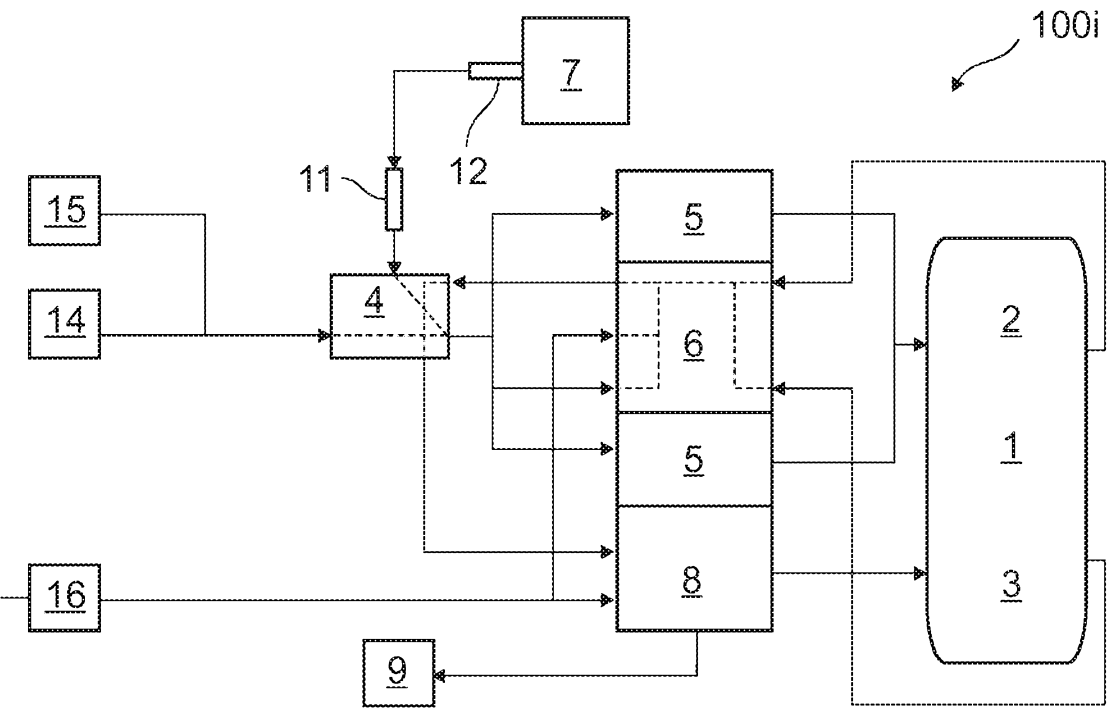


Fig. 10

6/7

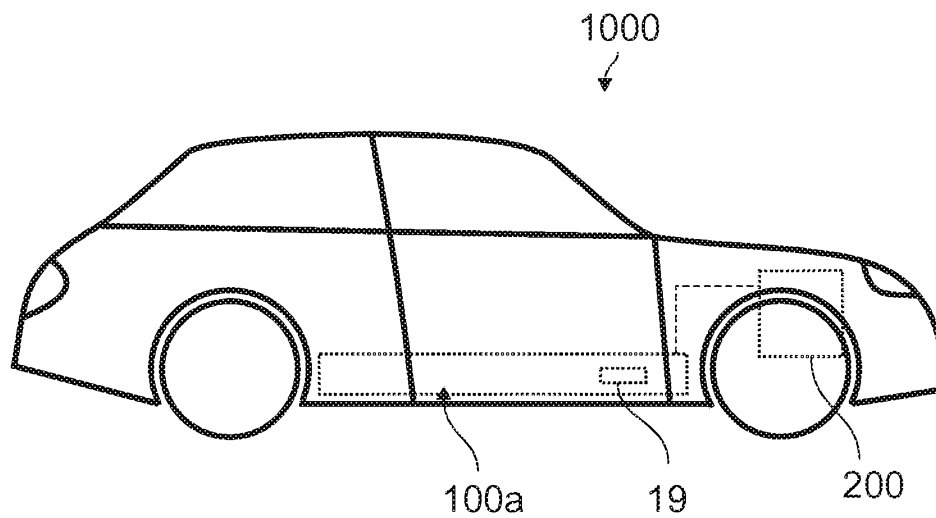


Fig. 11

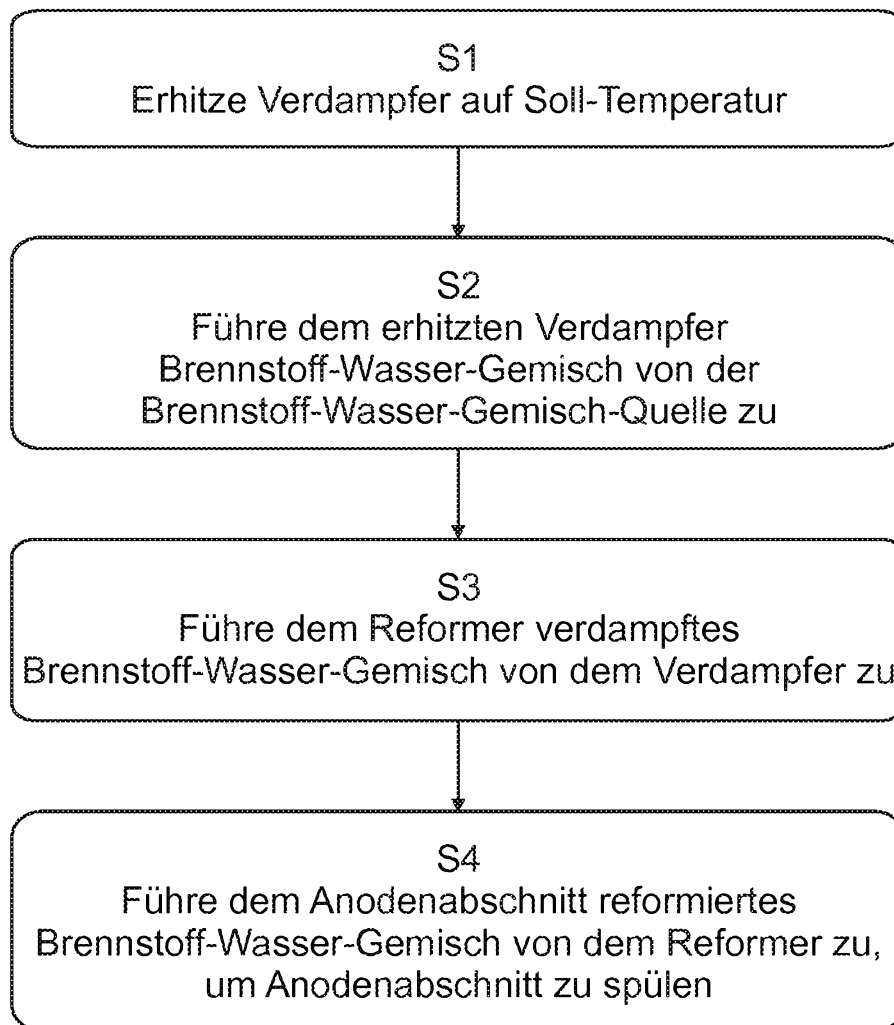


Fig. 12

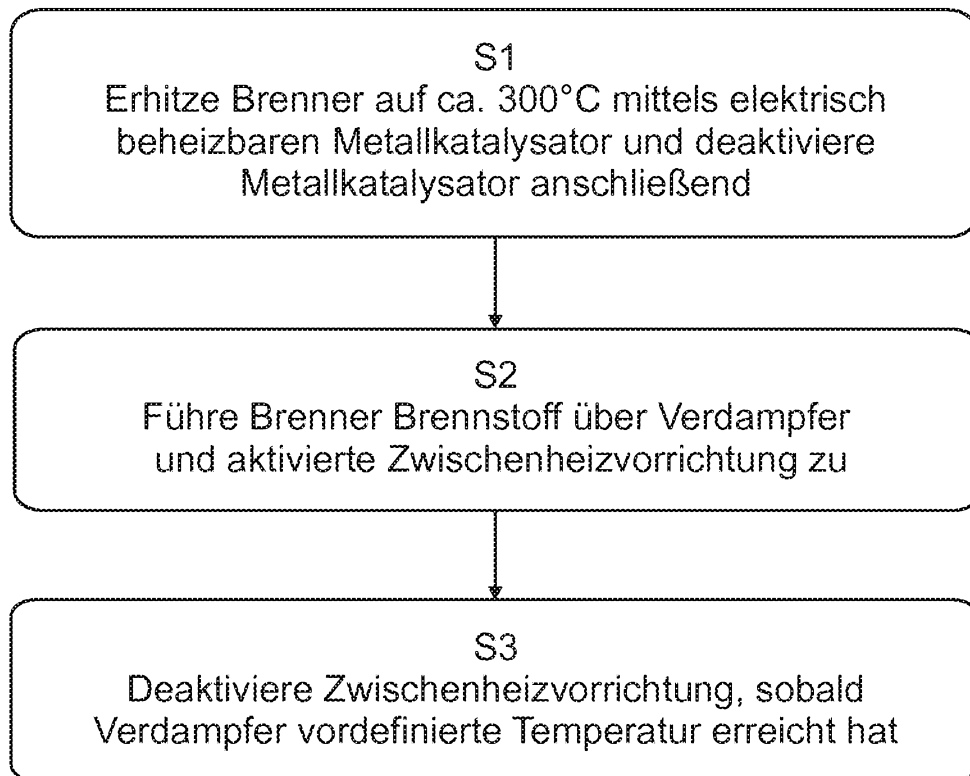


Fig. 13

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

H01M 8/04223 (2016.01); **H01M 8/0612** (2016.01); **H01M 8/124** (2016.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

H01M 8/04268 (2016.02); **H01M 8/0618** (2016.02); **H01M 2008/1293** (2016.02); **H01M 2250/20** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

H01M

Konsultierte Online-Datenbank:

EPODOC, WPIAP, Volltext-Patentdatenbanken EN und DE

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **03.10.2017** eingereichten Ansprüchen **1-29** erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	US 2016268615 A1 (YAMADA TAKAYUKI [JP]) 15. September 2016 (15.09.2016) Das ganze Dokument	14-24, 29
X	US 6472092 B1 (MATSUDA KAZUHITO [JP] et al.) 29. Oktober 2002 (29.10.2002) Beschreibung Spalte 6; Figur 1	14-22, 24, 29
A	EP 3145013 A1 (AISIN SEIKI [JP]) 22. März 2017 (22.03.2017) Das ganze Dokument	1-29
A	EP 2863464 A1 (NISSAN MOTOR CO., LTD. [JP]) 22. April 2015 (22.04.2015) Das ganze Dokument	1-29

Datum der Beendigung der Recherche:

06.09.2018

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. Verfahren zum Aufheizen eines Brennstoffzellensystems (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) aufweisend einen Brennstoffzellenstapel (1) mit einem Anodenabschnitt (2) und einem Kathodenabschnitt (3), wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b) zum Verdampfen eines Brennstoff-Wasser-Gemisches, einen Reformer (5) zum Reformieren des verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches für die Verwendung im Anodenabschnitt (2) des Brennstoffzellenstapels (1), und wenigstens einen Brenner (6, 17) zum Verbrennen eines brennstoffhaltigen Fluids, wobei der Reformer (5) bevorzugt stromabwärts des wenigstens einen Verdampfers (4; 4a, 4b) und der wenigstens eine Brenner (6, 17) bevorzugt stromaufwärts des wenigstens einen Verdampfers (4; 4a, 4b) angeordnet sind und der wenigstens eine Brenner (6, 17) mit dem wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b), zum Zuführen von in dem wenigstens einen Brenner (6, 17) verbranntem brennstoffhaltigen Fluid von dem wenigstens einen Brenner (6, 17) zu dem wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b), in Fluidverbindung steht und stromaufwärts des wenigstens einen Verdampfers (4; 4a, 4b) eine Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle (7; 7a, 7b) zum Bereitstellen eines Brennstoff-Wasser-Gemisches für den wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b), angeordnet ist, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:
 - Aufheizen des wenigstens einen Verdampfers (4; 4a, 4b) und/oder eines Fluids innerhalb des wenigstens einen Verdampfers (4; 4a, 4b) auf eine Soll-Temperatur oder darüber,
 - Zuführen des Brennstoff-Wasser-Gemisches von der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle (7; 7a, 7b) zu dem wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b), sobald der wenigstens eine Verdampfer (4; 4a, 4b) die Soll-Temperatur erreicht hat oder die Temperatur darüber liegt,
 - Zuführen eines durch den wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b) verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches von dem wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b), der die Soll-Temperatur erreicht hat oder dessen Temperatur darüber liegt, zu dem Reformer (5) zum Reformieren des verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches, und
 - Zuführen des reformierten Brennstoff-Wasser-Gemisches zum Anodenabschnitt (2), der sich in einem deaktivierten Betriebszustand befindet, in welchem durch den Brennstoffzellenstapel kein Strom erzeugt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
der wenigstens eine Brenner (6, 17) zum Verbrennen von Anodenabgas aus dem Anodenabschnitt (2), von Kathodenabgas aus dem Kathodenabschnitt (3) und/oder von Brennstoff von einer Brennstoffquelle (14), die stromaufwärts des wenigstens einen Brenners (6, 17) angeordnet ist, ausgestaltet ist, wobei dem wenigstens einen Brenner (6, 17) Brennstoff von der Brennstoffquelle (14) zugeführt wird und der Brennstoff in dem wenigstens einen Brenner (6, 17) verbrannt wird, und wobei der verbrannte Brennstoff von dem wenigstens einen Brenner (6, 17) zu dem wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b), zum Aufheizen des wenigstens einen Verdampfers (4; 4a, 4b) und/oder des Fluids innerhalb des wenigstens einen Verdampfers (4; 4a, 4b) auf die Soll-Temperatur oder darüber, zugeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Brennstoff mittels eines elektrisch aktivierbaren Katalysators, insbesondere mittels eines elektrisch beheizbaren Metallkatalysators, verbrannt wird und der Katalysator deaktiviert wird, sobald die Soll-Temperatur erreicht ist oder überschritten wird.
4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das reformierte Brennstoff-Wasser-Gemisch von dem Anodenabschnitt (2) zu dem wenigstens einen Brenner (6, 17) geführt wird, in dem wenigstens einen Brenner (6, 17) zumindest teilweise verbrannt wird und das zumindest teilweise verbrannte Brennstoff-Wasser-Gemisch von dem wenigstens einen Brenner (6, 17) über den wenigstens einen Verdampfer (4) sowie den Reformier (5) dem Anodenabschnitt (2) zugeführt wird.
5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Brennstoff-Wasser-Gemisch von der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle (7; 7a, 7b) durch einen Injektor (12) in den wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b) eingespritzt wird.

6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
dem Reformer (5) vor dem Reformieren oder während des Reformierens des verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches Luft zugeführt wird.
7. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Reformer (5) vor dem Zuführen des verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches zu dem Reformer (5) vorgeheizt wird.
8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Soll-Temperatur wenigstens 250°C, insbesondere wenigstens 300°C beträgt.
9. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das durch den wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b) verdampfte Brennstoff-Wasser-Gemisch wenigstens teilweise von dem wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b), der die Soll-Temperatur erreicht hat oder dessen Temperatur darüber liegt, als das brennstoffhaltige Fluid zu dem wenigstens einen Brenner (6, 17) geführt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
das durch den wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b) verdampfte Brennstoff-Wasser-Gemisch zum Aufheizen des Brennstoff-Wasser-Gemisches an oder in einem Wärmetauschabschnitt (18) des wenigstens einen Brenners (6, 17) zu dem wenigstens einen Brenner (6, 17) geführt wird.
11. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
stromaufwärts des wenigstens einen Verdampfers (4a) eine Brennstoffquelle (7a) zum Bereitstellen eines Brennstoffs für den wenigstens einen Verdampfer (4a) angeordnet ist, wobei durch den wenigstens einen Verdampfer (4a) verdampfter Brennstoff zum Aufheizen des Brennstoffs an oder in einem Wärme-

tauschabschnitt (18) des wenigstens einen Brenners (6, 17) als das brennstoffhaltige Fluid zu dem wenigstens einen Brenner (6, 17) geführt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11,

dadurch gekennzeichnet, dass

das Brennstoff-Wasser-Gemisch und/oder der Brennstoff jeweils durch eine Zwischenheizvorrichtung (11), insbesondere eine elektrische Zwischenheizvorrichtung (11), die stromabwärts der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle (7; 7a, 7b) bzw. der Brennstoffquelle (7a) und stromaufwärts des wenigstens einen Brenners (6, 17) angeordnet ist, erhitzt wird, bis das Brennstoff-Wasser-Gemisch bzw. der Brennstoff eine vordefinierte Temperatur erreicht hat oder die Temperatur darüber liegt.

13. Verfahren nach Anspruch 12,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Zwischenheizvorrichtung (11) deaktiviert wird, sobald der wenigstens eine Brenner (6, 17), ein Fluid in dem wenigstens einen Brenner, der wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b) und/oder ein Fluid in dem wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b) eine vordefinierte Temperatur erreicht haben oder die Temperatur darüber liegt.

14. Brennstoffzellensystems (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) für ein Kraftfahrzeug (1000), aufweisend einen Brennstoffzellenstapel (1) mit einem Anodenabschnitt (2) und einem Kathodenabschnitt (3), wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b) zum Verdampfen eines Brennstoff-Wasser-Gemisches, einen Reformier (5) zum Reformieren des verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches für die Verwendung im Anodenabschnitt (2) des Brennstoffzellenstapels (1), und wenigstens einen Brenner (6, 17) aufweisend zumindest einen Abgasbrenner (6) zum Verbrennen eines brennstoffhaltigen Fluids,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Reformier (5) stromabwärts des wenigstens einen Verdampfers (4; 4a, 4b) und der wenigstens eine Brenner (6, 17) stromaufwärts des wenigstens einen Verdampfers (4; 4a, 4b) angeordnet sind und der wenigstens eine Brenner (6, 17) mit dem wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b), zum Zuführen von in dem wenigstens einen Brenner (6, 17) verbranntem brennstoffhaltigen Fluid von dem wenigstens einen Brenner (6, 17) zu dem wenigstens einen Verdampfer

(4; 4a, 4b), in Fluidverbindung steht und stromaufwärts des wenigstens einen Verdampfers (4; 4a, 4b) eine Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle (7; 7a, 7b) zum Bereitstellen eines Brennstoff-Wasser-Gemisches für den wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b), angeordnet ist, wobei an einem Außenwandabschnitt des wenigstens einen Brenners (6, 17) ein Wärmetauschabschnitt (18) ausgestaltet ist, an oder in welchem das durch den wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b) verdampfte Brennstoff-Wasser-Gemisch zu dem wenigstens einen Brenner (6, 17) zuführbar ist.

15. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) nach Anspruch 14,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine Kontrolleinheit (19) bereitgestellt ist, die zum Ausführen eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 13 konfiguriert und ausgestaltet ist.
16. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) nach einem der Ansprüche 14 bis 15,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Brennstoff und das Wasser in der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle (7; 7a; 7b) zumindest vorübergehend in flüssiger Form bereitgestellt sind.
17. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) nach einem der Ansprüche 14 bis 16,
dadurch gekennzeichnet, dass
der wenigstens eine Verdampfer (4; 4a, 4b) direkt stromabwärts der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle (7; 7a; 7b) angeordnet ist.
18. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) nach einem der Ansprüche 14 bis 17,
dadurch gekennzeichnet, dass
der wenigstens eine Verdampfer (4; 4a, 4b) direkt stromabwärts des wenigstens einen Brenners (6, 17) angeordnet ist.
19. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) nach einem der Ansprüche 14 bis 18,
dadurch gekennzeichnet, dass

- der wenigstens eine Verdampfer (4; 4a, 4b) und/oder der Reformer (5) unmittelbar mit dem wenigstens einen Brenner (6, 17) verbunden sind.
20. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) nach einem der Ansprüche 14 bis 19,
dadurch gekennzeichnet, dass
einen Startbrenner (17) aufweist.
21. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) nach einem der Ansprüche 14 bis 20,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine Luftzuführvorrichtung (16), insbesondere ein Gebläse, zum Zuführen von Luft zu dem Reformer (5) vor dem Reformieren oder während des Reformierens des verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches angeordnet ist.
22. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) nach einem der Ansprüche 14 bis 21,
dadurch gekennzeichnet, dass
der wenigstens eine Brenner (6, 17) zum Verbrennen von Anodenabgas aus dem Anodenabschnitt (2), von Kathodenabgas aus dem Kathodenabschnitt (3) und/oder von Brennstoff von einer Brennstoffquelle (14), die stromaufwärts des wenigstens einen Brenners (6, 17) angeordnet ist, ausgestaltet ist, wobei die Brennstoffquelle (14) zum Zuführen des Brennstoffs zu dem wenigstens einen Brenner (6, 17) ausgestaltet ist, und der wenigstens eine Brenner (6, 17) zum Zuführen des verbrannten Brennstoffs von dem wenigstens einen Brenner (6, 17) zu dem wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b), zum Aufheizen des wenigstens einen Verdampfers (4; 4a, 4b) und/oder des Fluids innerhalb des wenigstens einen Verdampfers (4; 4a, 4b) auf die Soll-Temperatur oder darüber, ausgestaltet ist.
23. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) nach einem der Ansprüche 14 bis 22,
dadurch gekennzeichnet, dass
der wenigstens eine Brenner (6, 17) einen elektrisch aktivierbaren Katalysator, insbesondere einen elektrisch beheizbaren Metallkatalysator zum Verbrennen

des Brennstoffs aufweist, wobei der Katalysator konfiguriert ist, deaktiviert zu werden, sobald die Soll-Temperatur erreicht oder überschritten ist.

24. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) nach einem der Ansprüche 14 bis 23,
dadurch gekennzeichnet, dass
stromabwärts der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle (7; 7a, 7b) und stromaufwärts des wenigstens einen Verdampfers (4; 4a, 4b) wenigstens ein Injektor (12) zum Einspritzen des Brennstoff-Wasser-Gemisches von der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle (7; 7a, 7b) in den wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b) angeordnet ist.
25. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) nach einem der Ansprüche 14 bis 24,
dadurch gekennzeichnet, dass
stromaufwärts des wenigstens einen Verdampfers (4a) eine Brennstoffquelle (7a) zum Bereitstellen eines Brennstoffs für den wenigstens einen Verdampfer (4a) angeordnet ist, wobei durch den wenigstens einen Verdampfer (4a) verdampfter Brennstoff zum Aufheizen des Brennstoffs an oder in einem Wärme-tauschabschnitt (18) des wenigstens einen Brenners (6, 17) als das brennstoffhaltige Fluid zu dem wenigstens einen Brenner (6, 17) führbar ist.
26. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) nach einem der Ansprüche 14 bis 25,
dadurch gekennzeichnet, dass
stromabwärts der Brennstoff-Wasser-Gemisch-Quelle (7; 7a, 7b) und/oder der Brennstoffquelle (7a) und stromaufwärts des wenigstens einen Brenners (6, 17) eine Zwischenheizvorrichtung (11), insbesondere eine elektrische Zwischenheizvorrichtung (11), zum Aufheizen des Brennstoff-Wasser-Gemisches bzw. des Brennstoffs angeordnet ist, wobei die Zwischenheizvorrichtung (11) konfiguriert ist, das Brennstoff-Wasser-Gemisch bzw. den Brennstoff aufzuheizen, bis das Brennstoff-Wasser-Gemisch bzw. der Brennstoff eine vordefinierte Temperatur erreicht hat oder die Temperatur darüber liegt.
27. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) nach Anspruch 26,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Zwischenheizvorrichtung (11) konfiguriert ist deaktiviert zu werden, sobald der wenigstens eine Brenner (6, 17), ein Fluid in dem wenigstens einen Brenner, der wenigstens eine Verdampfer (4; 4a, 4b) und/oder ein Fluid in dem wenigstens einen Verdampfer (4; 4a, 4b) eine vordefinierte Temperatur erreicht haben oder die Temperatur darüber liegt.

28. Kraftfahrzeug (1000) mit einem Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d; 100e; 100f; 100g; 100h; 100i) nach einem der Ansprüche 14 bis 27.