

(12)

Patentschrift

(21)

Anmeldenummer:

A 50834/2017

(22)

Anmeldetag:

29.09.2017

(45)

Veröffentlicht am:

15.08.2019

(51)

Int. Cl.:

H01M 8/04291 (2016.01)

H01M 8/124 (2016.01)

H01M 8/0612 (2016.01)

(56) Entgegenhaltungen: WO 2011060918 A1 EP 0642184 A2 DE 19904711 A1	(73) Patentinhaber: AVL List GmbH 8020 Graz (AT)
	(72) Erfinder: Lawlor Vincent Dr. 8510 Stainz (AT) Reiter Bernd BSc 8010 Kainbach bei Graz (AT) Salzgeber Kurt Dr. 8301 Laßnitzhöhe (AT) Reissig Michael Dipl.Ing. (FH) 8073 Seiersberg/Pirka (AT)
	(74) Vertreter: Kopetz Heinrich Dipl.Ing. 8020 Graz (AT)

(54) **Abzweigung von Kathodenabgas in einem Brennstoffzellensystem**

(57)

Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d) für ein Kraftfahrzeug (20), aufweisend wenigstens einen Brennstoffzellenstapel (1) mit einem Anodenabschnitt (2) und einem Kathodenabschnitt (3), eine Brennstoffquelle (6) und eine Wasserquelle (7) zum Bereitstellen eines Brennstoff-Wasser-Gemisches, eine Kathodenzufürgas-Fördervorrichtung (18) zum Fördern eines Kathodenzufürgases zu wenigstens einem ersten Wärmetauscher (17; 17a, 17b) stromabwärts der Kathodenzufürgas-Fördervorrichtung (18), den wenigstens einen ersten Wärmetauscher (17; 17a, 17b) zum Aufheizen des Kathodengases zur Verwendung im Kathodenabschnitt (3), und einen Nachbrenner (14) zum Verbrennen von Systemabgas vom Brennstoffzellenstapel (1), wobei ein Fluid-Verzweigungsabschnitt (13) zum Abzweigen eines ersten Teils des Kathodenabgases zum Nachbrenner (14) und eines zweiten Teils des Kathodenabgases zu dem wenigstens einen ersten Wärmetauscher (17; 17a; 17b) angeordnet ist.

Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Rückgewinnung von Wasser aus Systemabgas in dem Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d).

Die Erfindung betrifft weiter ein Kraftfahrzeug mit dem Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d).

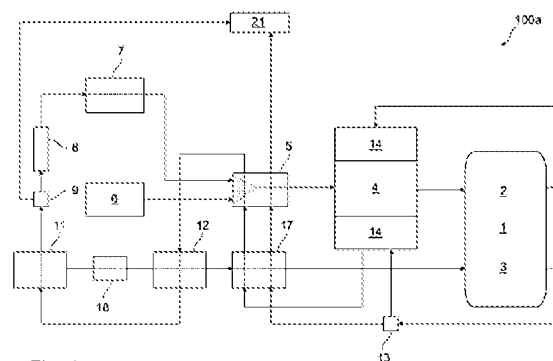


Fig. 1

Beschreibung

ABZWEIGUNG VON KATHODENABGAS IN EINEM BRENNSTOFFZELLENSYSTEM

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem für ein Kraftfahrzeug, aufweisend wenigstens einen Brennstoffzellenstapel mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt, eine Brennstoffquelle und eine Wasserquelle zum Bereitstellen eines Brennstoff-Wasser-Gemisches, eine Kathodenzuführgas-Fördervorrichtung zum Fördern eines Kathodenzuführgases zu wenigstens einem ersten Wärmetauscher stromabwärts der Kathodenzuführgas-Fördervorrichtung, den wenigstens einen ersten Wärmetauscher zum Aufheizen des Kathodengases zur Verwendung im Kathodenabschnitt, und einen Nachbrenner zum Verbrennen von Systemabgas vom Brennstoffzellenstapel.

[0002] Die Erfindung betrifft ferner ein Kraftfahrzeug mit einem Brennstoffzellensystem der eingangs erwähnten Art sowie ein Verfahren zur Rückgewinnung von Wasser aus Systemabgas in einem solchen Brennstoffzellensystem.

[0003] Im Stand der Technik sind Brennstoffzellensysteme in Form von SOFC-Systemen für Kraftfahrzeuge bekannt. In einem SOFC-System wird in der Regel ein Wasser-Brennstoff-Gemisch durch einen Verdampfer verdampft, anschließend einem Reformer zugeführt und daraufhin in einen Anodenabschnitt eines Brennstoffzellenstapels oder mehrerer Brennstoffzellenstapel geführt. Um für diesen Prozess ausreichend Wasser im SOFC-System bereitstellen zu können, werden verschiedene Ansätze verfolgt. So ist es möglich, das benötigte Wasser in einem geeigneten Wassertank mitzuführen. Abhängig von der gewünschten Reichweite und/oder Leistung des Kraftfahrzeugs muss ein solcher Wassertank relativ groß dimensioniert werden. Bei einem Kraftfahrzeug sollen der benötigte Bauraum für den Wassertank und das Gewicht jedoch stets möglichst gering gehalten werden. Deshalb wurden im Stand der Technik Brennstoffzellensysteme entwickelt, durch welche Wasser aus dem im Brennstoffzellensystem befindlichen Prozessfluid gewonnen werden kann. Genauer gesagt kann in solchen Brennstoffzellensystemen Wasser, das sich im Prozessfluid befindet, durch einen Kondensierabschnitt kondensiert und anschließend dem Wassertank zugeführt werden. Gleichwohl können hinsichtlich der Effizienz und/oder Effektivität bei den bekannten Verfahren zur Rückgewinnung von Wasser aus dem Prozessfluid noch nicht die erhofften Ergebnisse erzielt werden.

[0004] 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 zu schaffen, durch welche bzw. in welchem auf effiziente und/oder effektive Weise Wasser aus einem Prozessfluid des Brennstoffzellensystems erzeugt bzw. rückgewonnen werden kann.

[0005] Die voranstehende Aufgabe wird durch die Patentansprüche gelöst. Insbesondere wird die voranstehende Aufgabe durch das Brennstoffzellensystem gemäß Anspruch 1, das Verfahren gemäß Anspruch 9 sowie das Kraftfahrzeug gemäß Anspruch 10 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 Brennstoffzellensystem beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren, dem erfindungsgemäßen Kraftfahrzeug und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird bzw. werden kann.

[0006] Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Brennstoffzellensystem für ein Kraftfahrzeug zur Verfügung gestellt. Das Brennstoffzellensystem weist wenigstens einen Brennstoffzellenstapel mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt, eine Brennstoffquelle und eine Wasserquelle zum Bereitstellen eines Brennstoff-Wasser-Gemisches, eine Kathodenzuführgas-Fördervorrichtung zum Fördern eines Kathodenzuführgases zu wenigstens einem ersten Wärmetauscher stromabwärts der Kathodenzuführgas-Fördervorrichtung, den wenigstens einen ersten Wärmetauscher zum Aufheizen des Kathodengases zur

Verwendung im Kathodenabschnitt, und einen Nachbrenner zum Verbrennen von Systemabgas vom Brennstoffzellenstapel, auf. Stromabwärts des Kathodenabschnitts und stromaufwärts des Nachbrenners ist ein Fluid-Verzweigungsabschnitt zum Abzweigen eines ersten Teils des Kathodenabgases zum Nachbrenner und eines zweiten Teils des Kathodenabgases zu dem wenigstens einen ersten Wärmetauscher angeordnet. Der Nachbrenner steht zum Zuführen von Nachbrenner-Abgas zu dem wenigstens einen ersten Wärmetauscher mit dem wenigstens einen ersten Wärmetauscher in Fluidverbindung, wobei das Nachbrenner-Abgas und das Kathodenabgas fluidtechnisch voneinander getrennt sind. Außerdem steht der wenigstens eine erste Wärmetauscher mit einem Kondensierabschnitt, der stromabwärts des wenigstens einen ersten Wärmetauschers zum Kondensieren von Wasser im Abgasbrenner-Abgas sowie stromaufwärts der Wasserquelle zum Zuführen des kondensierten Wassers zur Wasserquelle angeordnet ist, in Fluidverbindung. Vorteilhaft ist es, wenn das abgezweigte Kathodenabgas (zweiter Teil des Kathodenabgases) nach dem Abzweigen stets fluidtechnisch getrennt vom ersten Teil des Kathodenabgases und in weiterer Folge vom Nachbrenner-Abgas ist.

[0007] Durch das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem ist es möglich, aus Systemabgas, insbesondere Nachbrenner-Abgas, zumindest 65 %, insbesondere mehr als 65 %, Wasser heraus zu kondensieren. Im Rahmen der Erfindung hat sich überraschenderweise herausgestellt, dass dies sehr stark von einer Brennstoffzellentemperatur, insbesondere einer Temperatur der unterschiedlichen Fluidleitungen und/oder Massenströme, und von einem Lambda-Wert der Verbrennung abhängig ist.

[0008] Kathodenabgas umfasst im Wesentlichen, insbesondere ausschließlich, gasförmige Luft. Da der Massenstrom des Kathodenabgases durch den Fluid-Verzweigungsabschnitt bzw. vor einem Vermischen mit Anodenabgas reduziert wird, wird in weiterer Folge ein Verbrennungsverhältnis (Lambda-Wert) zwischen Luft und einem Wasser-Brennstoff-Gemisch im Nachbrenner verändert; der Lambda-Wert ist reduziert. Der erste Teil des Kathodenabgases wird hierbei in Richtung des Nachbrenners geleitet, wohingegen der zweite Teil am Nachbrenner vorbei in Richtung des ersten Wärmetauschers geleitet wird. Dieses teilweise Vorbeileiten des Kathodenabgases am Nachbrenner ist möglich, da sich im Rahmen der Erfindung überraschenderweise herausgestellt hat, dass die Menge an Kathodenabgas größer ist als eine im Nachbrenner benötigte Luftmenge. Darüber hinaus hat dies auch den Vorteil, dass durch die Abzweigung des Kathodenabgases über den Fluid-Verzweigungsabschnitt in Richtung des wenigstens einen ersten Wärmetauschers sowie in Richtung des Nachbrenners, ein Lambda-Wert im Nachbrenner verringert werden kann. In weiterer Folge ist durch die Reduzierung des Lambda-Wertes eine Temperatur im Nachbrenner erhöht. Der Nachbrenner wird üblicherweise von Brennstoffzellenstapel-Abgas gespeist, wobei aus der Anode Brennstoff und aus der Kathode Luft zugeführt wird. Die zugeführte Luftmenge ist jedoch wesentlich höher als die für die im Nachbrenner zum Verbrennen des Anodenabgases benötigte. Folglich könnte theoretisch die gesamte im System zirkulierende Luftmenge reduziert werden. Dies ist jedoch praktisch nicht umsetzbar, da der Brennstoffzellenstapel durch die viele Luft in der Kathode dauernd gekühlt werden muss. Durch die große Luftmenge ist jedoch ein kondensierbarer Wasseranteil reduziert. Durch die erfindungsgemäße Lösung, wonach die Luftmenge, welche dem Nachbrenner zugeführt wird, reduziert wird, ist ein Partialdruck des Wassers im Nachbrenner erhöht. Dadurch ist eine Menge an kondensierbarem Wasser aus dem System wesentlich erhöht.

[0009] Durch das Kathodenabgas, welches in Richtung des zumindest einen ersten Wärmetauschers geleitet wird, kann Wärme durch Abgabe an zumindest den wenigstens einen Wärmetauscher wieder ins System eingebracht werden. Ferner kann durch diesen Teil des Kathodenabgases auch der Nachbrenner gekühlt werden.

[0010] Nach dem Fluid-Verzweigungsabschnitt ist es zweckmäßig, wenn sichergestellt ist, dass sich die beiden Fluidströme, also der erste Teil des Kathodenabgases und der zweite Teil des Kathodenabgases, nicht mehr treffen. Deshalb sind das Nachbrenner-Abgas und das Kathodenabgas stromabwärts des Fluid-Verzweigungsabschnitts im erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem fluidtechnisch voneinander getrennt. Insbesondere sind das Nachbrenner-Abgas und das Kathodenabgas stromabwärts des Fluid-Verzweigungsabschnitts bis hin zu einem

jeweiligen Auslass der Fluide bzw. Gase in die Umgebung des Brennstoffzellensystems voneinander getrennt. Auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass das Nachbrenner-Abgas und das Kathodenabgas mit dem erhöhten Partialdruck für den Wasseranteil mit diesen Eigenschaften am Kondensierabschnitt ankommt. Die beiden Fluidströme weisen jeweils unterschiedliche Partialdrücke auf. Aus dem in Rede stehenden Abgasbrenner-Abgas kann nun deutlich mehr Wasser entzogen werden, als wenn das gesamte Kathodenabgas direkt zum Nachbrenner geleitet worden wäre.

[0011] Der Nachbrenner kann auch als Oxidationskatalysator ausgebildet sein. Als Systemabgas wird im Rahmen der Erfindung das gesamte Abgas im Brennstoffzellensystem bezeichnet, welches sowohl Anodenabgas als auch Kathodenabgas sowie Nachbrenner-Abgas umfasst. Das Kathodenabgas sowie das Nachbrenner-Abgas besteht hauptsächlich, insbesondere im Wesentlichen, aus Luft. Im Nachbrenner wird Anodenabgas unter Zuführung von Kathodenabgas (Luft) verbrannt.

[0012] Der Kondensierabschnitt ist hierbei nicht auf ein einziges, bestimmtes oder separates Bauteil beschränkt zu betrachten. Vielmehr kann unter einem Kondensierabschnitt ein Abschnitt oder wenigstens ein Bauteil im Brennstoffzellensystem verstanden werden, der bzw. das zum Kondensieren von Wasser aus dem Nachbrenner-Abgas geeignet ist. Das hierbei in Rede stehende Abgas ist im Wesentlichen Luft. Unter dem Kondensierabschnitt ist dabei vorzugsweise wenigstens ein weiterer Wärmetauscher zu verstehen, der stromabwärts des wenigstens einen ersten Wärmetauschers angeordnet ist.

[0013] Darunter, dass ein erfindungsgemäßes Bauteil stromabwärts oder stromaufwärts eines anderen erfindungsgemäßen Bauteils angeordnet ist, ist zu verstehen, dass das eine Bauteil direkt oder indirekt stromaufwärts oder stromabwärts des anderen Bauteils angeordnet ist. Der wenigstens eine erste Wärmetauscher, der stromabwärts des Fluid-Verzweigungsabschnitts angeordnet ist, kann demnach direkt stromabwärts des Fluid-Verzweigungsabschnitts oder getrennt von anderen Bauteilen, beispielsweise von anderen Wärmetauschern, stromabwärts des Fluid-Verzweigungsabschnitts angeordnet sein.

[0014] Weiterhin ist darunter, dass ein Bauteil zum Zuführen eines Fluids zu einem anderen Bauteil mit diesem Bauteil in Fluidverbindung steht zu verstehen, dass zwischen den beiden Bauteilen eine wie vorstehend erwähnte direkte oder indirekte Fluidverbindung besteht. D.h., das eine Bauteil muss nicht zwangsläufig direkt mit dem anderen Bauteil in Fluidverbindung stehen. So ist es beispielsweise möglich, dass von dem Fluid-Verzweigungsabschnitt eine direkte Fluidverbindung zu dem bzw. in den wenigstens einen ersten Wärmetauscher, oder eine indirekte Fluidverbindung, beispielsweise über einen Fluidleitungsabschnitt bzw. den Kathodengaszuführabschnitt, der sich stromaufwärts des wenigstens einen ersten Wärmetauschers befindet, ausgestaltet ist.

[0015] Die Bauteile des Brennstoffzellensystems, welche zwei oder mehr Kanäle oder Seiten aufweisen, wie Wärmetauscher, Verdampfer oder Überhitzer sind derart ausgebildet, dass diese über zumindest eine kalte und zumindest eine warme Seite durchströmbar sind. Im Rahmen der Erfindung werden derartige Bauteile von Nachbrenner-Abgas und/oder Kathodenabgas ausnahmslos über deren jeweilige warme Seite durchströmt. Das Brennstoffzellensystem ist vorzugsweise als SOFC-System ausgestaltet. Die Kathodenzuführgas-Fördervorrichtung weist bevorzugt ein Gebläse auf oder ist als ein Gebläse bzw. Gebläseanordnung ausgestaltet. Das Gebläse kann zum Zuführen von Kathodenzuführgas in Form von Luft, insbesondere von Umgebungsluft, zum Kathodenabschnitt relativ kostengünstig bereitgestellt sein. Unter dem Aufheizen ist ein Erwärmen im Sinne einer Temperaturerhöhung zu verstehen. Der Fluid-Verzweigungsabschnitt kann eine Schaltanordnung zum gezielten Verzweigen des Kathodenabgases aufweisen. Die Schaltanordnung kann eine Ventilanordnung aufweisen. Durch die Schaltanordnung kann das Kathodenabgas auf einfache Weise in der gewünschten Menge an bzw. in den Nachbrenner geleitet bzw. direkt in Richtung des wenigstens einen ersten Wärmetauschers abgezweigt werden.

[0016] Unter einer Anordnung eines Bauteils stromabwärts oder stromaufwärts eines anderen

Bauteils ist eine Anordnung zu verstehen, bei welcher das eine Bauteil in einer direkten oder indirekten Fluidverbindung stromabwärts oder stromaufwärts des anderen Bauteils angeordnet ist. Die Fluidverbindung kann hierbei durch die jeweiligen Bauteile hindurch oder an den jeweiligen Bauteilen entlang geführt sein.

[0017] Gemäß einer Weiterbildung der vorliegenden Erfindung ist es möglich, dass das Brennstoffzellensystem ferner wenigstens einen Verdampfer zum Verdampfen eines Brennstoff-Wasser-Gemisches von der Brennstoffquelle und der Wasserquelle, und einen Reformer zum Reformieren des verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches zur Verwendung im Anodenabschnitt und insbesondere einen Überhitzer aufweist, wobei der wenigstens eine erste Wärmetauscher zum Zuführen des Kathodenabgases sowie des Nachbrenner-Abgases zu dem wenigstens einen Verdampfer und/oder insbesondere zu dem Überhitzer mit dem wenigstens einen Verdampfer in Fluidverbindung steht. Dadurch kann das Kathodenabgas nicht nur zum Aufheizen des Kathodenzuführgases, sondern auch zum Aufheizen des Anodenzuführgases bzw. des Brennstoff-Wasser-Gemisches im Verdampfer genutzt werden. Die jeweiligen Fluidverbindungen verlaufen verzugsweise parallel zueinander oder zumindest nebeneinander. Insbesondere werden das Wasser und der Brennstoff oder das Wasser-Brennstoff-Gemisch zuerst durch den Verdampfer und dann durch den Überhitzer geleitet, wobei der Überhitzer stromabwärts des Verdampfers angeordnet ist.

[0018] Ferner ist es möglich, dass bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem der wenigstens eine Verdampfer mit wenigstens einem zweiten Wärmetauscher, der stromabwärts des wenigstens einen Verdampfers sowie stromaufwärts des wenigstens einen ersten Wärmetauschers angeordnet ist, zum Zuführen des Nachbrenner-Abgases von dem wenigstens einen Verdampfer zu dem wenigstens einen zweiten Wärmetauscher, in Fluidverbindung steht. Der wenigstens eine zweite Wärmetauscher ist zum Kondensieren von Wasser aus dem Nachbrenner-Abgas ausgestaltet. Durch die erfindungsgemäße Anordnung des wenigstens einen zweiten Wärmetauschers kann zudem Kathodenzuführgas erhitzt werden. Der wenigstens eine zweite Wärmetauscher kann stromaufwärts, insbesondere direkt stromaufwärts, der Kathodenzuführgas-Fördervorrichtung oder stromabwärts, insbesondere direkt stromabwärts, der Kathodenzuführgas-Fördervorrichtung angeordnet sein.

[0019] Bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem kann es von weiterem Vorteil sein, wenn der wenigstens eine Verdampfer mit wenigstens einem zweiten Wärmetauscher, der stromabwärts des wenigstens einen Verdampfers, stromabwärts der Kathodenzuführgas-Fördervorrichtung sowie stromaufwärts des wenigstens einen ersten Wärmetauschers angeordnet ist, zum Zuführen des Nachbrenner-Abgases von dem wenigstens einen Verdampfer zu dem wenigstens einen zweiten Wärmetauscher, in Fluidverbindung steht, und der wenigstens eine zweite Wärmetauscher mit wenigstens einem dritten Wärmetauscher, der stromaufwärts der Kathodenzuführgas-Fördervorrichtung sowie stromabwärts des wenigstens einen zweiten Wärmetauschers angeordnet ist, zum Zuführen des Nachbrenner-Abgases von dem wenigstens einen zweiten Wärmetauscher zu dem wenigstens einen dritten Wärmetauscher, in Fluidverbindung steht. Der wenigstens eine zweite Wärmetauscher ist vorzugsweise direkt stromabwärts des wenigstens einen Verdampfers, direkt stromabwärts der Kathodenzuführgas-Fördervorrichtung sowie direkt stromaufwärts des wenigstens einen ersten Wärmetauschers angeordnet. Der wenigstens eine dritte Wärmetauscher ist bevorzugt direkt stromaufwärts der Kathodenzuführgas-Fördervorrichtung sowie direkt stromabwärts des wenigstens einen zweiten Wärmetauschers angeordnet. Demnach kann sowohl stromabwärts der Kathodenzuführgas-Fördervorrichtung als auch stromaufwärts derselben Wasser aus dem Nachbrenner-Abgas kondensiert werden. Dadurch kann eine entsprechend effektive Wasserrückgewinnung realisiert werden. Das Nachbrennerabgas kann in einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem stromabwärts des Nachbrenners zunächst durch den wenigstens einen ersten Wärmetauscher, anschließend durch den Verdampfer, dann durch den wenigstens einen zweiten Wärmetauscher und danach durch den wenigstens einen dritten Wärmetauscher zur Wasserquelle geleitet werden. Der wenigstens eine zweite Wärmetauscher sowie der wenigstens eine dritte Wärmetauscher können jeweils als Kondensierabschnitt betrachtet werden. Luft wird über den dritten Wärmetau-

scher und die voran stehend beschriebenen Elemente über deren kalte Seiten der Kathode zugeführt, wobei die Luft durch das durch die entsprechend warmen Seiten der Wärmetauscher geleitete Nachbrenner-Abgas und/oder Kathodenabgas erwärmt wird.

[0020] Darüber hinaus ist es bei einem Brennstoffzellensystem gemäß der vorliegenden Erfindung möglich, dass stromabwärts des wenigstens einen ersten Wärmetauschers, stromabwärts des wenigstens einen zweiten Wärmetauschers und/oder stromabwärts des wenigstens einen dritten Wärmetauschers sowie stromaufwärts des Kondensierabschnitts ein zweiter Fluid-Verzweigungsabschnitt, zum Abzweigen eines ersten Teils des Nachbrenner-Abgases in die Umgebung des Brennstoffzellensystems und eines zweiten Teils des Nachbrenner-Abgases zur Wasserquelle, angeordnet ist. Durch den zweiten Fluid-Verzweigungsabschnitt kann Wasser oder wasserhaltiges Fluid in die Umgebung des Brennstoffzellensystems geleitet werden, sobald die Wasserquelle, beispielsweise in Form eines Wassertanks, voll ist bzw. Wasser im Wassertank über einem vordefinierten Schwellenwert liegt. Dadurch kann eine sichere Betriebsweise der Wasserrückgewinnung im Brennstoffzellensystem gewährleistet werden.

[0021] Ferner ist es möglich, dass bei einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem der wenigstens eine erste Wärmetauscher als Dreiwege-Wärmetauscher ausgestaltet ist. D.h., der wenigstens eine erste Wärmetauscher weist einen ersten Fluid-Durchgangskanal für das Kathodenabgas, einen zweiten Fluid-Durchgangskanal für das Nachbrenner-Abgas und einen dritten Fluid-Durchgangskanal für das Kathodenzuführgas auf, wobei der erste Fluid-Durchgangskanal, der zweite Fluid-Durchgangskanal und der dritte Fluid-Durchgangskanal jeweils fluidtechnisch getrennt voneinander ausgestaltet sind. Ein solcher Dreiwege-Wärmetauscher kann besonders platzsparend im Brennstoffzellensystem bereitgestellt werden. Dadurch kann das Brennstoffzellensystem entsprechend kompakt ausgestaltet sein bzw. werden. Durch die Verwendung des erfindungsgemäßen Dreiwege-Wärmetauschers können die jeweiligen Fluidströme mit besonders geringem Abstand zueinander geführt werden, wodurch ein besonders effektiver Wärmetransport zwischen den jeweiligen Fluidkanälen realisiert werden kann.

[0022] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist es zudem möglich, dass der wenigstens eine Verdampfer als Dreiwege-Verdampfer ausgestaltet ist. D.h., der Verdampfer weist einen ersten Fluid-Durchgangskanal für das Kathodenabgas (erste warme Seite), einen zweiten Fluid-Durchgangskanal für das Nachbrenner-Abgas (zweite warme Seite) und einen dritten Fluid-Durchgangskanal für das Anodenzuführgas bzw. das Brennstoff-Wasser-Gemisch (kalte Seite) auf, wobei der erste Fluid-Durchgangskanal, der zweite Fluid-Durchgangskanal und der dritte Fluid-Durchgangskanal jeweils fluidtechnisch getrennt voneinander ausgestaltet sind. Der dritte Fluid-Durchgangskanal kann als Fluid-Durchgangsabschnitt verstanden werden, in welchem das zugeführte Wasser aus der Wasserquelle und der zugeführte Brennstoff aus der Brennstoffquelle in einem Eingangsabschnitt des Verdampfers vermengt und in einem Ausgangsabschnitt des Verdampfers aus diesem herausgeleitet werden. Ein solcher Dreiwege-Verdampfer kann besonders platzsparend im Brennstoffzellensystem bereitgestellt werden. Dadurch kann das Brennstoffzellensystem entsprechend kompakt ausgestaltet sein bzw. werden. Durch die Verwendung des erfindungsgemäßen Dreiwege-Verdampfers können die jeweiligen Fluidströme mit besonders geringem Abstand zueinander geführt werden, wodurch ein besonders effektiver Wärmetransport zwischen den jeweiligen Fluidkanälen realisiert werden kann.

[0023] Gemäß einer weiteren Ausgestaltungsvariante der vorliegenden Erfindung ist es möglich, dass wenigstens ein Verdampfer und ein Überhitzer sowie wenigstens zwei erste Wärmetauscher jeweils in Reihe angeordnet sind, wobei ein erster Wärmetauscher mit einem Verdampfer zum Zuführen des Nachbrenner-Abgases von dem einen ersten Wärmetauscher zu dem einen Verdampfer in Fluidverbindung steht und ein anderer erster Wärmetauscher mit dem Überhitzer zum Zuführen des Kathodenabgases von dem anderen ersten Wärmetauscher zu dem Überhitzer in Fluidverbindung steht. Bei dieser Bauweise kann auf den vorstehend beschriebenen Dreiwege-Wärmetauscher und den vorstehend beschriebenen Dreiwege-Verdampfer verzichtet werden. Die verwendeten Wärmetauscher und/oder Verdampfer und/oder Überhitzer können als relativ einfache Bauteile, ggf. Standardbauteile, ausgeführt

sein. Dadurch kann das Brennstoffzellensystem relativ kostengünstig zur Verfügung gestellt werden. Darüber hinaus ist ein Wärmetauscher und/oder Verdampfer und/oder Überhitzer bei einer solchen Ausführungsvariante entsprechend einfach nachrüstbar. Insgesamt betrachtet kann die Wasserrückgewinnung dadurch besonders einfach und kostengünstig realisiert werden.

[0024] Außerdem ist es bei einem Brennstoffzellensystem der vorliegenden Erfindung möglich, dass der Fluid-Verzweigungsabschnitt, zum Abzweigen des zweiten Teils des Kathodenabgases in eine Kathodengaszuführleitung stromaufwärts des wenigstens einen ersten Wärmetauschers, angeordnet und ausgestaltet ist. Der zweite Teil des Kathodenabgases wird in einem solchen System demnach nicht oder nicht ausschließlich in die Umgebung des Brennstoffzellensystems ausgelassen, sondern zumindest teilweise, bevorzugt vollständig in die Kathodengaszuführleitung eingeschleust. Dadurch kann der zweite Teil des Kathodenabgases zum direkten Heizen des Kathodenzuführungsgases und mithin auch zum Erhitzen des wenigstens einen ersten Wärmetauschers genutzt werden. Dies hat wiederum eine kondensationsfördernde Wirkung auf das Wasser im Nachbrenner-Abgas, welches durch den wenigstens einen ersten Wärmetauscher gefördert wird. Bei einer wie vorstehend erläuterten Ausführungsvariante, bei welcher wenigstens zwei erste Wärmetauscher in Reihe geschaltet sind, kann der Fluid-Verzweigungsabschnitt, zum Abzweigen des zweiten Teils des Kathodenabgases stromaufwärts aller ersten Wärmetauscher oder stromaufwärts nur eines der wenigstens zwei ersten Wärmetauscher, also fluidtechnisch zwischen den wenigstens zwei ersten Wärmetauschern, ausgestaltet und angeordnet sein.

[0025] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Rückgewinnung von Wasser aus Systemabgas in einem wie vorstehend im Detail beschriebenen Brennstoffzellensystem zur Verfügung gestellt. Das Verfahren weist die folgenden Schritte auf:

- [0026]** - Abzweigen von Kathodenabgas durch den Fluid-Verzweigungsabschnitt zu dem Nachbrenner sowie zu dem wenigstens einen ersten Wärmetauscher,
- Zuführen des abgezweigten Kathodenabgases, getrennt von dem abgezweigten Kathodenabgas im Nachbrenner, von dem wenigstens einen ersten Wärmetauscher zu wenigstens einem Kondensierabschnitt zum Kondensieren von Wasser im Nachbrenner-Abgas, und
 - Zuführen des kondensierten Wassers zur Wasserquelle.

[0027] Damit bringt ein erfindungsgemäßes Verfahren die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf die erfindungsgemäße Vorrichtung beschrieben worden sind. Unter dem wenigstens einen Kondensierabschnitt kann jedes Funktionsbauteil oder jeder Funktionsabschnitt im Brennstoffzellensystem verstanden werden, der zum Kondensieren von Wasser im Nachbrenner-Abgas genutzt werden kann bzw. entsprechend angeordnet und ausgestaltet ist. So kann unter dem Kondensierabschnitt der wenigstens eine erste Wärmetauscher, der wenigstens eine zweite Wärmetauscher der wenigstens eine dritte Wärmetauscher und/oder der wenigstens eine Verdampfer verstanden werden. Außerdem kann unter dem Kondensierabschnitt ein separater Kondensierabschnitt in Form eines Kondensors verstanden werden, welcher ausschließlich zum Kondensieren von Wasser aus dem Nachbrenner-Abgas im Brennstoffzellensystem bereitgestellt ist. Zum Durchführen der einzelnen Schritte kann das Brennstoffzellensystem ein Steuergerät aufweisen oder mit einem Steuergerät verbunden sein.

[0028] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Kraftfahrzeug mit einem wie vorstehend beschriebenen Brennstoffzellensystem zur Bereitstellung elektrischer Energie und wenigstens einem Elektromotor zum Antreiben des Kraftfahrzeugs unter zumindest teilweiser Verwendung der elektrischen Energie, die durch das Brennstoffzellensystem bereitgestellt wird, zur Verfügung gestellt. Damit bringt auch ein erfindungsgemäßes Kraftfahrzeug die vorstehend beschriebenen Vorteile mit sich.

[0029] Weitere, die Erfindung verbessernde Maßnahmen ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung zu verschiedenen Ausführungsbeispielen der Erfindung, welche in den Figuren schematisch dargestellt sind. Es zeigen jeweils schematisch:

- [0030]** Figur 1 ein Blockdiagramm zum Darstellen eines Brennstoffzellensystems gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,
- [0031]** Figur 2 ein Blockdiagramm zum Darstellen eines Brennstoffzellensystems gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,
- [0032]** Figur 3 ein Blockdiagramm zum Darstellen eines Brennstoffzellensystems gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,
- [0033]** Figur 4 ein Blockdiagramm zum Darstellen eines Brennstoffzellensystems gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, und
- [0034]** Figur 5 ein Kraftfahrzeug mit einem Brennstoffzellensystem gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0035] Elemente mit gleicher Funktion und Wirkungsweise sind in den Figuren 1 bis 5 jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0036] In Fig. 1 ist ein Blockschaltbild zum Darstellen eines Brennstoffzellensystems 100a für ein Kraftfahrzeug 20 gezeigt. Das Brennstoffzellensystem 100a weist einen Brennstoffzellenstapel 1 mit einem Anodenabschnitt 2 und einem Kathodenabschnitt 3 auf. Das Brennstoffzellensystem 100a weist ferner eine Brennstoffquelle 6 und eine Wasserquelle 7 zum Bereitstellen eines Brennstoff-Wasser-Gemisches auf. Die Wasserquelle 7 ist in Form eines Wassertanks ausgestaltet. Die Brennstoffquelle 6 ist als Brennstofftank ausgestaltet. Außerdem weist das Brennstoffzellensystem 100a eine Kathodenzufühhrgas-Fördervorrichtung 18 zum Fördern eines Kathodenzufühhrgases zu einem ersten Wärmetauscher 17 stromabwärts der Kathodenzufühhrgas-Fördervorrichtung 18 sowie den ersten Wärmetauscher 17 zum Aufheizen des Kathodengases zur Verwendung im Kathodenabschnitt 3 auf. Wie in Fig. 1 dargestellt, ist im Brennstoffzellensystem 100a ferner ein Nachbrenner 14 zum Verbrennen von Anodenabgas vom Anodenabschnitt 2 ausgestaltet.

[0037] Stromabwärts des Kathodenabschnitts 3 und stromaufwärts des Nachbrenners 14 ist ein Fluid-Verzweigungsabschnitt 13 zum Abzweigen eines ersten Teils des Kathodenabgases zum Nachbrenner 14 und eines zweiten Teils des Kathodenabgases zu dem ersten Wärmetauscher 17 angeordnet. Der Fluid-Verzweigungsabschnitt 13 kann in Form einer geeigneten Ventilschaltung ausgestaltet sein. Der Nachbrenner 14 steht zum Zuführen von Nachbrenner-Abgas zu dem ersten Wärmetauscher 17 mit dem ersten Wärmetauscher 17 derart in Fluidverbindung, dass das Nachbrenner-Abgas und das Kathodenabgas in einem Betriebszustand des Brennstoffzellensystems fluidtechnisch voneinander getrennt sind. Darüber hinaus steht der erste Wärmetauscher 17 mit einem separaten Kondensierabschnitt 8, der stromabwärts des ersten Wärmetauschers 17 zum Kondensieren von Wasser im Nachbrenner-Abgas sowie stromaufwärts der Wasserquelle 7 zum Zuführen des kondensierten Wassers zur Wasserquelle 7 angeordnet, in Fluidverbindung.

[0038] Das in Fig. 1 dargestellte Brennstoffzellensystem 100a weist ferner einen Verdampfer 5 zum Verdampfen des Brennstoff-Wasser-Gemisches von der Brennstoffquelle 6 und der Wasserquelle 7, sowie einen Reformer 4 zum Reformieren des verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches zur Verwendung im Anodenabschnitt 2, auf. Der erste Wärmetauscher 17 steht zum Zuführen des Kathodenabgases sowie des Nachbrenner-Abgases zu dem Verdampfer 5 mit dem Verdampfer 5 in Fluidverbindung.

[0039] Zudem steht der Verdampfer 5 mit einem zweiten Wärmetauscher 12, der stromabwärts des Verdampfers 5, stromabwärts der Kathodenzufühhrgas-Fördervorrichtung 18 sowie stromaufwärts des ersten Wärmetauschers 17 angeordnet ist, zum Zuführen des Nachbrenner-Abgases von dem Verdampfer 5 zu dem zweiten Wärmetauscher 12, in Fluidverbindung. Weiterhin steht der zweite Wärmetauscher 12 mit einem dritten Wärmetauscher 11, der stromaufwärts der Kathodenzufühhrgas-Fördervorrichtung 18 sowie stromabwärts des zweiten Wärmetauschers 12 angeordnet ist, zum Zuführen des Nachbrenner-Abgases von dem zweiten Wärmetauscher 12 zu dem dritten Wärmetauscher 11, in Fluidverbindung.

[0040] Wie ferner in Fig. 1 zu erkennen, ist stromabwärts des dritten Wärmetauschers 11 ein separater Kondensierabschnitt 8 angeordnet. Stromabwärts des dritten Wärmetauschers 11 und stromaufwärts des Kondensierabschnitts 8 ist ein zweiter Fluid-Verzweigungsabschnitt 9, zum Abzweigen eines ersten Teils des Nachbrenner-Abgases in die Umgebung 21 des Brennstoffzellensystems 100a und eines zweiten Teils des Nachbrenner-Abgases zur Wasserquelle 7, angeordnet.

[0041] Dem dritten Wärmetauscher 11 wird dessen kalte Seite stromaufwärts der Kathodenzuführgas-Fördervorrichtung 18 Luft, insbesondere Umgebungsluft, zugeführt. Diese zugeführte Luft weist beispielsweise etwa Umgebungstemperatur auf, bevorzugt eine Temperatur von etwa 30 °C. Stromabwärts des dritten Wärmetauschers 11 und stromaufwärts der Kathodenzuführgas-Fördervorrichtung 18 ist die Luft beispielsweise auf eine Temperatur von etwa 40 °C erwärmt. Stromabwärts der Kathodenzuführgas-Fördervorrichtung 18 und stromaufwärts des zweiten Wärmetauschers 12 oder, falls kein zweiter Wärmetauscher 12 vorgesehen ist, des ersten Wärmetauschers 17 beträgt die Temperatur der Luft beispielsweise etwa 60 °C. Grundsätzlich gilt, dass eine Temperatur durch die Wärmetauscher 11, 12, 17 stufenweise erhöht wird, wobei beim ersten Wärmetauscher 17 der größte Temperatursprung erfolgt. Die jeweiligen warmen Seiten der Wärmetauscher 11, 12, 17 werden vom Nachbrenner-Abgas durchströmt, welches Wärme an die Luft abgibt. Die durch die jeweiligen kalten Seiten der Wärmetauscher 11, 12, 17 strömende Luft wird der Kathode zugeführt.

[0042] Der in Fig. 1 dargestellte erste Wärmetauscher 17 ist als Dreiwege-Wärmetauscher ausgestaltet und der Verdampfer 5 ist als Dreiwege-Verdampfer ausgestaltet.

[0043] In Fig. 2 ist ein Brennstoffzellensystem 100b gemäß einer zweiten Ausführungsform dargestellt. Das in Fig. 2 dargestellte Brennstoffzellensystem 100b entspricht im Wesentlichen dem in Fig. 1 dargestellten Brennstoffzellensystem 100a, weshalb anschließend lediglich die Unterscheidungsmerkmale erläutert werden.

[0044] Wie in Fig. 2 dargestellt, wird bei dem Brennstoffzellensystem 100b gemäß der zweiten Ausführungsform auf den zweiten Wärmetauscher 12 verzichtet. Demnach könnte der dritte Wärmetauscher 11 in dieser Ausführungsform auch als zweiter Wärmetauscher verstanden werden.

[0045] In Fig. 3 ist ein Brennstoffzellensystem 100c gemäß einer dritten Ausführungsform dargestellt. Das in Fig. 3 dargestellte Brennstoffzellensystem 100c entspricht im Wesentlichen dem in Fig. 1 dargestellten Brennstoffzellensystem 100a, weshalb anschließend lediglich die Unterscheidungsmerkmale erläutert werden.

[0046] Das in Fig. 3 dargestellte Brennstoffzellensystem 100c weist einen Verdampfer 5a und einen Überhitzer 5b sowie zwei erste Wärmetauscher 17a, 17b auf, die jeweils in Reihe angeordnet sind, wobei ein erster Wärmetauscher 17a mit einem Verdampfer 5a zum Zuführen des Nachbrenner-Abgases von dem einen ersten Wärmetauscher 17a zu dem einen Verdampfer 5a in Fluidverbindung steht und ein anderer erster Wärmetauscher 17b mit dem Überhitzer 5b zum Zuführen des Kathodenabgases von dem anderen ersten Wärmetauscher 17b zu dem anderen Verdampfer 5b in Fluidverbindung steht. Die Verdampfer 5a und der Überhitzer 5b sowie der Wärmetauscher 17a, 17b sind in dieser Ausführungsform jeweils als Zweiwege-System oder im Wesentlichen als Zweiwege-System ausgestaltet.

[0047] In Fig. 4 ist ein Brennstoffzellensystem 100d gemäß einer vierten Ausführungsform dargestellt. Das in Fig. 4 dargestellte Brennstoffzellensystem 100d entspricht im Wesentlichen dem in Fig. 1 dargestellten Brennstoffzellensystem 100a, weshalb anschließend lediglich die Unterscheidungsmerkmale erläutert werden.

[0048] Bei dem Brennstoffzellensystem 100d gemäß der vierten Ausführungsform ist ein dritter Fluid-Verzweigungsabschnitt 10, zum Abzweigen des zweiten Teils des Kathodenabgases in eine Kathodengaszuführleitung stromaufwärts des ersten Wärmetauschers 17, angeordnet und ausgestaltet. Der Verdampfer 5 und der erste Wärmetauscher 17 sind hierbei jeweils als Zweiwege-System ausgestaltet. Der dritte Fluid-Verzweigungsabschnitt 10 kann alternativ auch als

Gebläse ausgebildet sein.

[0049] In Fig. 5 ist ein Kraftfahrzeug 20 mit einem Brennstoffzellensystem 100a zur Bereitstellung elektrischer Energie und einem Elektromotor 19 zum Antreiben des Kraftfahrzeugs 20 unter zumindest teilweiser Verwendung der elektrischen Energie, die durch das Brennstoffzellensystem 100a bereitgestellt wird, dargestellt. Das Brennstoffzellensystem 100a ist gemäß der ersten Ausführungsform ausgestaltet.

[0050] Mit Rückbezug auf Fig. 1 wird anschließend ein Verfahren zur Rückgewinnung von Wasser aus Systemabgas in einem Brennstoffzellensystem 100a gemäß der ersten Ausführungsform erläutert. Bei dem Verfahren wird in einem ersten Schritt S1 zunächst Kathodenabgas durch den Fluid-Verzweigungsabschnitt 13 zu dem Nachbrenner 14 sowie zu dem ersten Wärmetauscher 17 abgezweigt bzw. zwischen dem Nachbrenner 14 und dem Wärmetauscher 17 aufgeteilt. In einem zweiten Schritt S2 wird das abgezweigte Kathodenabgas, getrennt von dem abgezweigten Kathodenabgas im Nachbrenner 14, von dem ersten Wärmetauscher 17 zu einem Kondensierabschnitt, welcher gemäß Fig. 1 den Verdampfer 5, den zweiten Wärmetauscher 12, den dritten Wärmetauscher 11 sowie den separaten Kondensierabschnitt 8 aufweist, zugeführt. In einem anschließenden dritten Schritt S3 wird das kondensierte Wasser zur Wasserquelle 7 zugeführt.

[0051] Die Erfindung lässt neben den dargestellten Ausführungsformen weitere Gestaltungsgrundsätze zu. Insbesondere ist die Erfindung nicht auf die dargestellte Ausführungsform beschränkt zu betrachten.

BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Brennstoffzellenstapel
- 2 Anodenabschnitt
- 3 Kathodenabschnitt
- 4 Reformer
- 5 Verdampfer
- 5a Verdampfer
- 5b Überhitzer
- 6 Brennstoffquelle
- 7 Wasserquelle
- 8 Kondensierabschnitt
- 9 Fluid-Verzweigungsabschnitt
- 10 Fluid-Verzweigungsabschnitt
- 11 Wärmetauscher
- 12 Wärmetauscher
- 13 Fluid-Verzweigungsabschnitt
- 14 Nachbrenner
- 17 Wärmetauscher
- 17a Wärmetauscher
- 17b Wärmetauscher
- 18 Kathodenzuführgas-Fördervorrichtung
- 19 Elektromotor
- 20 Kraftfahrzeug
- 21 Umgebung

Patentansprüche

1. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d) für ein Kraftfahrzeug (20), aufweisend wenigstens einen Brennstoffzellenstapel (1) mit einem Anodenabschnitt (2) und einem Kathodenabschnitt (3), eine Brennstoffquelle (6) und eine Wasserquelle (7) zum Bereitstellen eines Brennstoff-Wasser-Gemisches, eine Kathodenzuführgas-Fördervorrichtung (18) zum Fördern eines Kathodenzuführgases zu wenigstens einem ersten Wärmetauscher (17; 17a, 17b) stromabwärts der Kathodenzuführgas-Fördervorrichtung (18), den wenigstens einen ersten Wärmetauscher (17; 17a, 17b) zum Aufheizen des Kathodengases zur Verwendung im Kathodenabschnitt (3), und einen Nachbrenner (14) zum Verbrennen von Systemabgas vom Brennstoffzellenstapel (1),
dadurch gekennzeichnet, dass
stromabwärts des Kathodenabschnitts (3) und stromaufwärts des Nachbrenners (14) ein Fluid-Verzweigungsabschnitt (13) zum Abzweigen eines ersten Teils des Kathodenabgases zum Nachbrenner (14) und eines zweiten Teils des Kathodenabgases zu dem wenigstens einen ersten Wärmetauscher (17; 17b) angeordnet ist, und der Nachbrenner (14) zum Zuführen von Nachbrenner-Abgas zu dem wenigstens einen ersten Wärmetauscher (17; 17a) mit dem wenigstens einen ersten Wärmetauscher (17; 17a) in Fluidverbindung steht, wobei das Nachbrenner-Abgas und das Kathodenabgas fluidtechnisch voneinander getrennt sind, und der wenigstens eine erste Wärmetauscher (17; 17a) mit einem Kondensierabschnitt (8), der stromabwärts des wenigstens einen ersten Wärmetauschers (17; 17a) zum Kondensieren von Wasser im Nachbrenner-Abgas sowie stromaufwärts der Wasserquelle (7) zum Zuführen des kondensierten Wassers zur Wasserquelle (7) angeordnet ist, in Fluidverbindung steht.
2. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
wenigstens ein Verdampfer (5; 5a) zum Verdampfen eines Brennstoff-Wasser-Gemisches von der Brennstoffquelle (6) und der Wasserquelle (7), und ein Reformer (4) zum Reformieren des verdampften Brennstoff-Wasser-Gemisches zur Verwendung im Anodenabschnitt (2), und ein Überhitzer (5b) vorgesehen sind, wobei der wenigstens eine erste Wärmetauscher (17; 17a, 17b) zum Zuführen des Kathodenabgases sowie des Nachbrenner-Abgases zu dem wenigstens einen Verdampfer (5; 5a) und/oder zu dem Überhitzer (5b) mit dem wenigstens einen Verdampfer (5; 5a, 5b) in Fluidverbindung steht.
3. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d) nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der wenigstens eine Verdampfer (5; 5a) mit wenigstens einem zweiten Wärmetauscher (12), der stromabwärts des wenigstens einen Verdampfers (5; 5a) sowie stromaufwärts des wenigstens einen ersten Wärmetauschers (17; 17a) angeordnet ist, zum Zuführen des Nachbrenner-Abgases von dem wenigstens einen Verdampfer (5; 5a) zu dem wenigstens einen zweiten Wärmetauscher (12), in Fluidverbindung steht.
4. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d) nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der wenigstens eine Verdampfer (5; 5a) mit wenigstens einem zweiten Wärmetauscher (12), der stromabwärts des wenigstens einen Verdampfers (5; 5a), stromabwärts der Kathodenzuführgas-Fördervorrichtung (18) sowie stromaufwärts des wenigstens einen ersten Wärmetauschers (17; 17a) angeordnet ist, zum Zuführen des Nachbrenner-Abgases von dem wenigstens einen Verdampfer (5; 5a) zu dem wenigstens einen zweiten Wärmetauscher (12), in Fluidverbindung steht, und der wenigstens eine zweite Wärmetauscher (12) mit wenigstens einem dritten Wärmetauscher (11), der stromaufwärts der Kathodenzuführgas-Fördervorrichtung (18) sowie stromabwärts des wenigstens einen zweiten Wärmetauschers (12) angeordnet ist, zum Zuführen des Nachbrenner-Abgases von dem wenigstens einen zweiten Wärmetauscher (12) zu dem wenigstens einen dritten Wärmetauscher (11),

in Fluidverbindung steht.

5. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass stromabwärts des wenigstens einen ersten Wärmetauschers (17; 17a), stromabwärts des wenigstens einen zweiten Wärmetauschers (12) und/oder stromabwärts des wenigstens einen dritten Wärmetauschers (11) sowie stromaufwärts des Kondensierabschnitts (8) ein zweiter Fluid-Verzweigungsabschnitt (9), zum Abzweigen eines ersten Teils des Nachbrenner-Abgases in die Umgebung (21) des Brennstoffzellensystems (100a) und eines zweiten Teils des Nachbrenner-Abgases zur Wasserquelle (7), angeordnet ist.
6. Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100d) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der wenigstens eine erste Wärmetauscher (17) als Dreiwege-Wärmetauscher und/oder der wenigstens eine Verdampfer (5) als Dreiwege-Verdampfer ausgestaltet ist.
7. Brennstoffzellensystem (100c) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens ein Verdampfer (5a) und ein Überhitzer (5b) sowie wenigstens zwei erste Wärmetauscher (17a, 17b) jeweils in Reihe angeordnet sind, wobei ein erster Wärmetauscher (17a) mit einem Verdampfer (5a) zum Zuführen des Nachbrenner-Abgases von dem einen ersten Wärmetauscher (17a) zu dem einen Verdampfer (5a) in Fluidverbindung steht und ein anderer erster Wärmetauscher (17b) mit dem Überhitzer (5b) zum Zuführen des Kathodenabgases von dem anderen ersten Wärmetauscher (17b) zu dem Überhitzer (5b) in Fluidverbindung steht.
8. Brennstoffzellensystem (100d) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein dritter Fluid-Verzweigungsabschnitt (10), zum Abzweigen des zweiten Teils des Kathodenabgases in eine Kathodengaszuführleitung stromaufwärts des wenigstens einen ersten Wärmetauschers (17), angeordnet und ausgestaltet ist.
9. Verfahren zur Rückgewinnung von Wasser aus Systemabgas in einem Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d) nach einem der voranstehenden Ansprüche, aufweisend die Schritte:
 - Abzweigen von Kathodenabgas durch den Fluid-Verzweigungsabschnitt (13) zu dem Nachbrenner (14) sowie zu dem wenigstens einen ersten Wärmetauscher (17; 17a),
 - Zuführen des abgezweigten Kathodenabgases, getrennt von dem abgezweigten Kathodenabgas im Nachbrenner (14), von dem wenigstens einen ersten Wärmetauscher (17; 17a) zu wenigstens einem Kondensierabschnitt (5, 8, 11, 12) zum Kondensieren von Wasser im Nachbrenner-Abgas, und
 - Zuführen des kondensierten Wassers zur Wasserquelle (7).
10. Kraftfahrzeug (20) mit einem Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 zur Bereitstellung elektrischer Energie und wenigstens einem Elektromotor (19) zum Antreiben des Kraftfahrzeugs (20) unter zumindest teilweiser Verwendung der elektrischen Energie, die durch das Brennstoffzellensystem (100a; 100b; 100c; 100d) bereitgestellt wird.

Hierzu 5 Blatt Zeichnungen

1/5

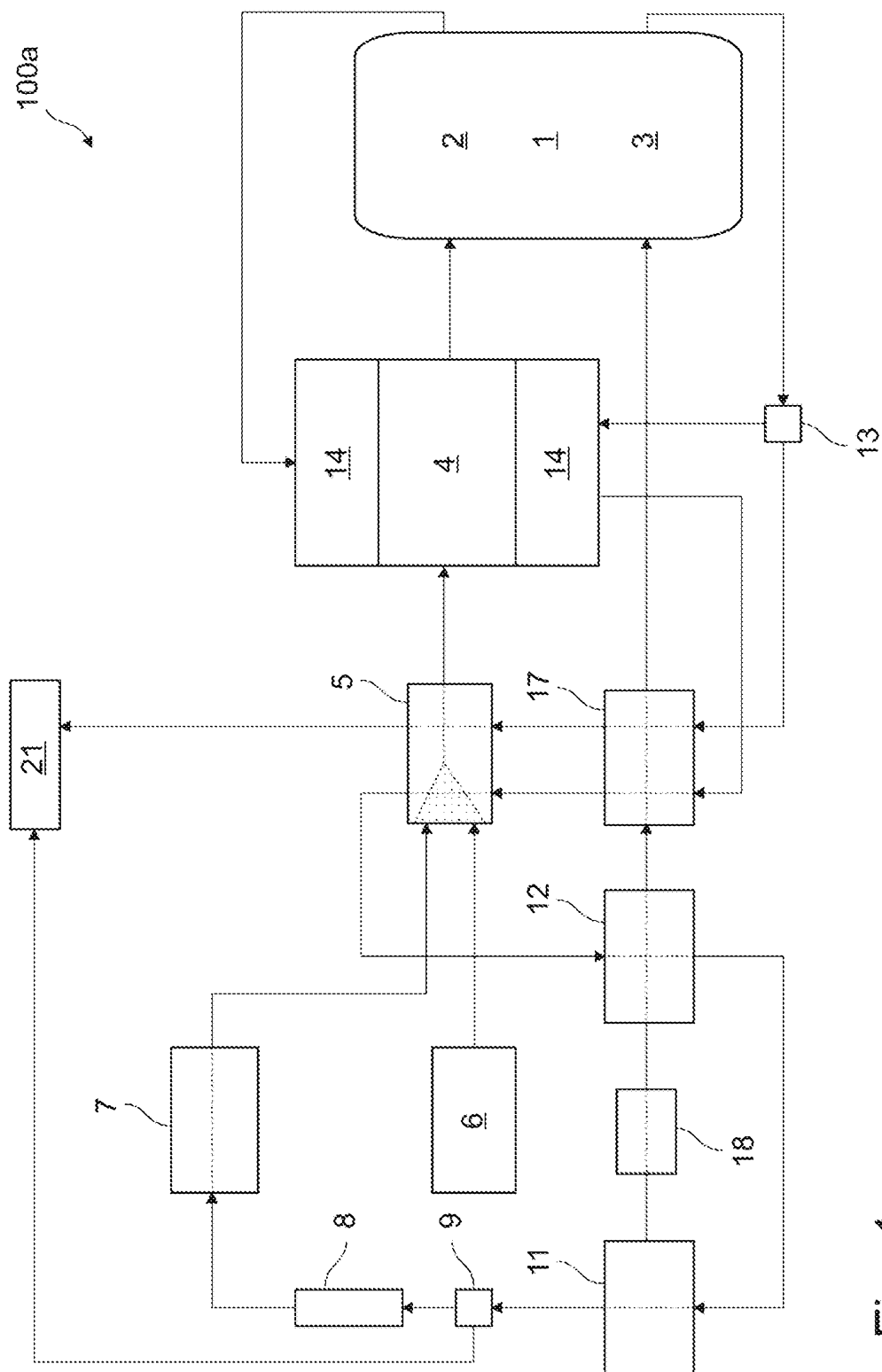


Fig. 1

2/5

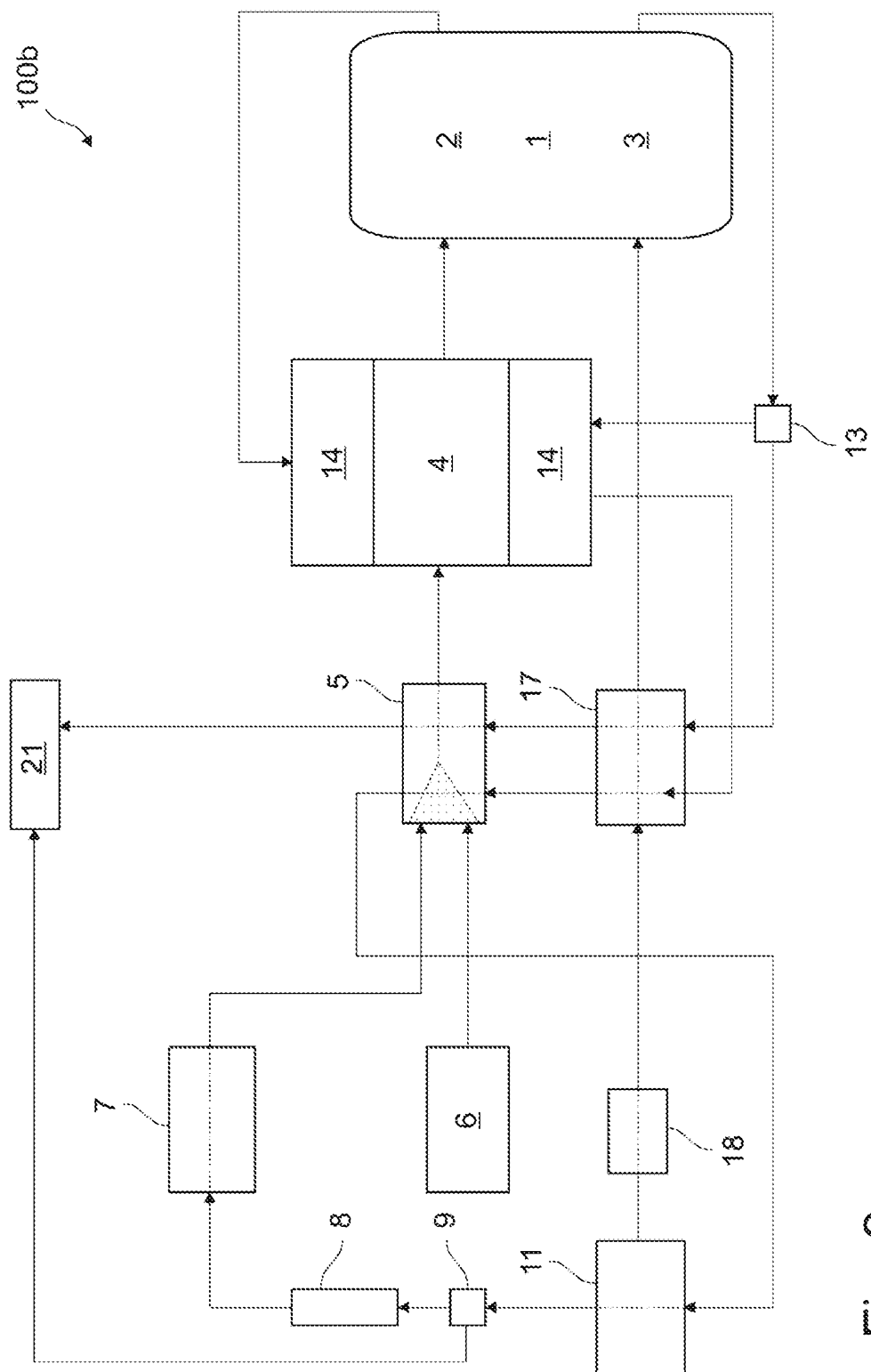


Fig. 2

3/5

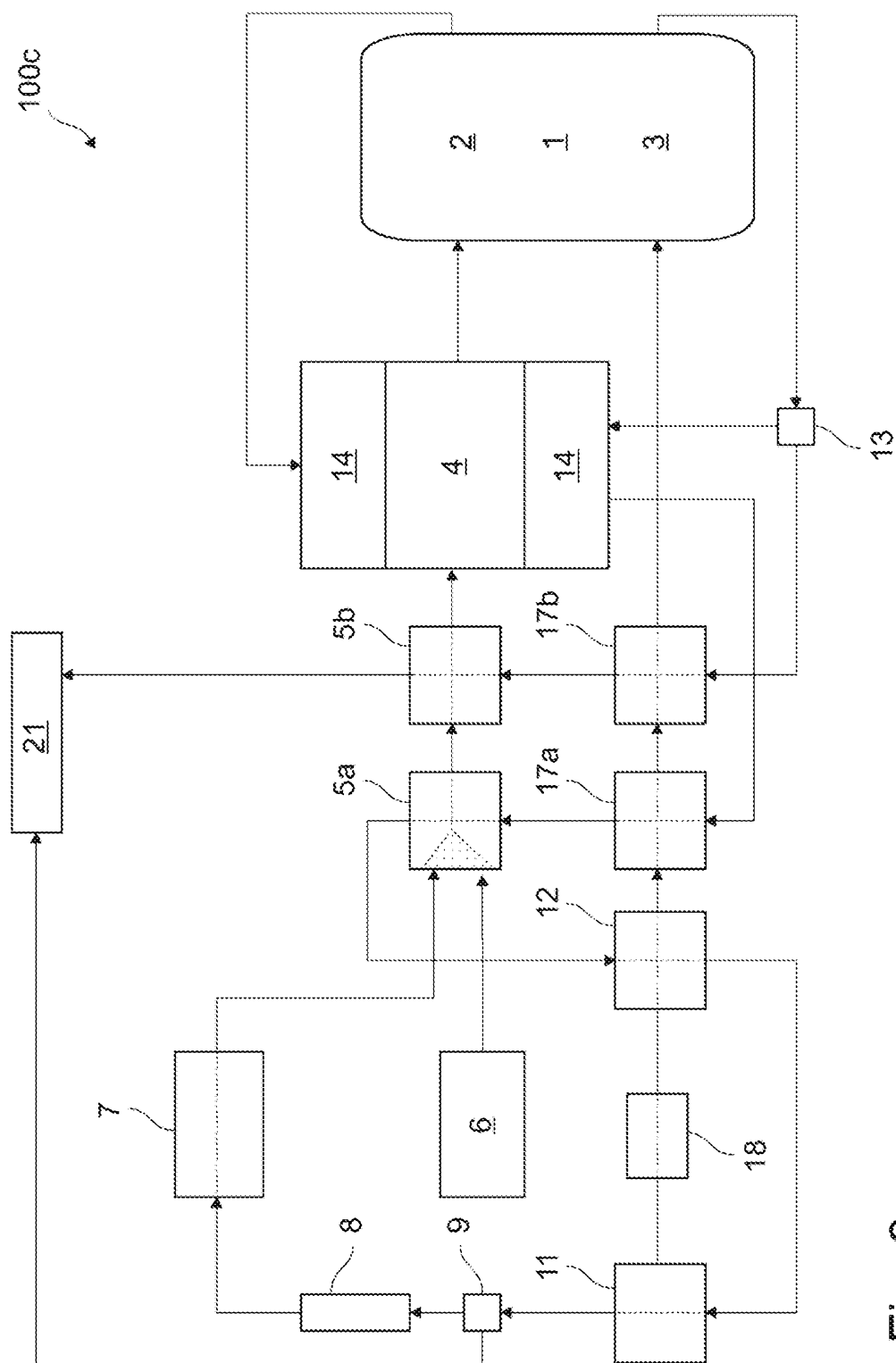


Fig. 3

4/5

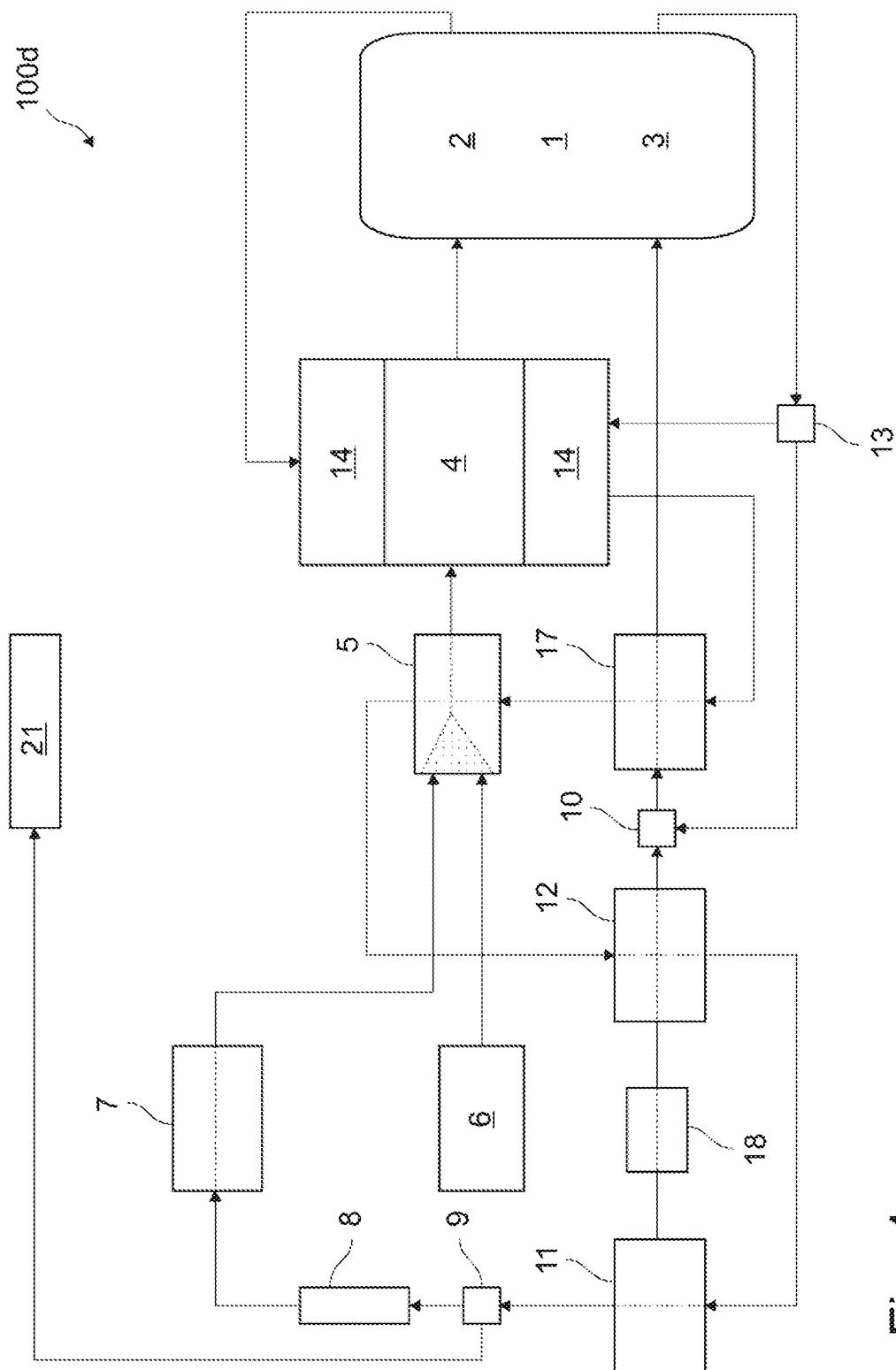


Fig. 4

5/5

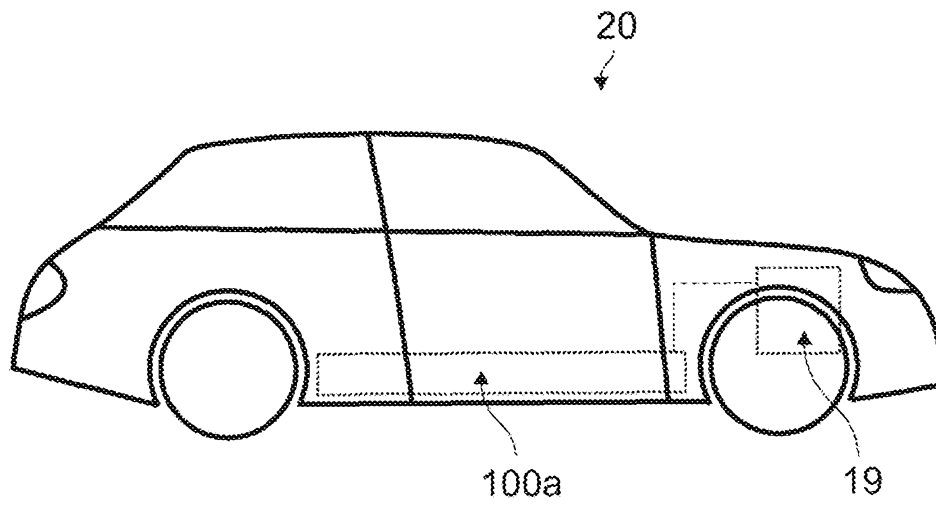


Fig. 5