



(10) **DE 10 2017 215 551 A1** 2019.03.07

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 215 551.5**

(22) Anmeldetag: **05.09.2017**

(43) Offenlegungstag: **07.03.2019**

(51) Int Cl.: **H01M 8/0662 (2016.01)**

**H01M 8/04089 (2016.01)**

(71) Anmelder:  
**Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Hering, Martin, 71229 Leonberg, DE; Wahl,  
Stefanie, 71691 Freiberg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

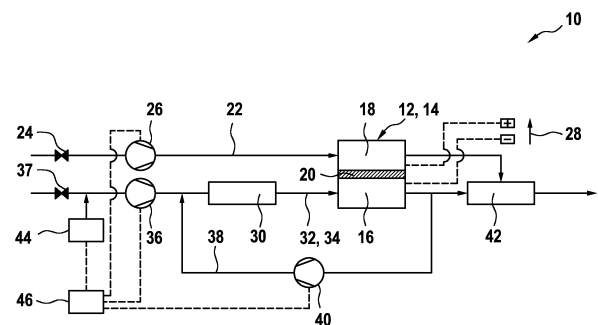
<b>DE</b>	<b>10 2013 221 618</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2014 205 499</b>	<b>A1</b>

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betreiben einer Brennstoffzellenvorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennstoffzellenvorrichtung (10), wobei die Brennstoffzellenvorrichtung (10) in Abhängigkeit einer Qualitätskenngröße eines verwendeten Brennstoffs betrieben wird. Es wird vorgeschlagen, die Qualitätskenngröße aus einer teilweisen Analyse der Bestandteile des verwendeten Brennstoffs zu bestimmen. Auch betrifft die Erfindung eine Brennstoffzellenvorrichtung (10) die mit einem solchen Verfahren betrieben wird.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennstoffzellenvorrichtung, wobei die Brennstoffzellenvorrichtung in Abhängigkeit einer Qualitätskenngröße eines verwendeten Brennstoffs betrieben wird.

### Stand der Technik

**[0002]** Die DE 10 2013 221 618 A1 offenbart ein Verfahren zum Betreiben einer Brennstoffzellenvorrichtung, mit zumindest einer Brennstoffzelleneinheit, wobei eine Reformereinheit und/oder die Brennstoffzelleneinheit in Abhängigkeit von einer erfassten Qualitätskenngröße eines verwendeten Erdgases betrieben wird.

### Offenbarung der Erfindung

**[0003]** Die Vorliegende Erfindung hat demgegenüber den Vorteil, dass die Qualitätskenngröße aus einer teilweisen Analyse der Bestandteile des verwendeten Brennstoffs bestimmt wird. Dadurch kann eine effiziente Regelung der Brennstoffzellenvorrichtung erfolgen, ohne dass eine volle Analyse des verwendeten Brennstoffs erfolgt.

**[0004]** Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Merkmale sind vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung nach dem Hauptanspruch möglich. So ist es bevorzugt, dass die Brennstoffzellenvorrichtung zumindest eine Reformereinheit und/oder zumindest eine Brennstoffzelleneinheit aufweist, wobei die zumindest eine Reformereinheit und/oder die zumindest eine Brennstoffzelleneinheit in Abhängigkeit der Qualitätskenngröße des verwendeten Brennstoffs betrieben werden, wodurch die Regelung gezielt erfolgen kann.

**[0005]** Vorzugsweise entspricht die Qualitätskenngröße einer Anzahl potentiell freisetzbaren Elektronen pro Molekül des verwendeten Brennstoffs, insbesondere einer Elektronenkonfiguration, wodurch eine aussagekräftige Qualitätskenngröße für die Regelung der Brennstoffzellenvorrichtung zur Verfügung gestellt werden kann.

**[0006]** In vorteilhafter Weise werden zur Regelung der Brennstoffzellenvorrichtung Sollwerte vorgegeben, wobei ein erster Sollwert einem Verhältnis zwischen Sauerstoff und Kohlenstoff entspricht, ein zweiter Sollwert einem Brennstoffnutzungsgrad entspricht und/oder ein dritter Sollwert einem elektrischen Stromwert entspricht, wodurch eine besonders präzise und effektive Regelung ermöglicht wird.

**[0007]** In einer vorteilhaften Ausführung weist die Brennstoffzellenvorrichtung eine Abgasrückführung auf, wobei eine Abgasrückführungsrate in Abhängig-

keit der Qualitätskenngröße geregelt wird und insbesondere in Abhängigkeit des ersten, zweiten und/oder dritten Sollwerts, wodurch eine Vermischung von verwendetem Brennstoff und rückgeführtem Abgas gezielt für eine effektive Regelung eingestellt werden kann.

**[0008]** In einer weiteren vorteilhaften Ausführung weist die Brennstoffzellenvorrichtung eine Wasserzuführung auf, wobei eine Wasserzuführungsrate in Abhängigkeit der Qualitätskenngröße geregelt wird, und insbesondere in Abhängigkeit des ersten, zweiten und/oder dritten Sollwerts, wodurch eine Vermischung von verwendetem Brennstoff und zugeführtem Wasser, insbesondere Wasserdampf, gezielt für eine effektive Regelung eingestellt werden kann.

**[0009]** Die Erfindung betrifft auch eine Brennstoffzellenvorrichtung, welche mit einem Verfahren nach der vorhergehenden Beschreibung betrieben wird.

### Figurenliste

**[0010]** In den Zeichnungen sind Ausführungsbeispiele der Erfindung schematisch dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

**Fig. 1** eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Brennstoffzellenvorrichtung,

**Fig. 2** eine schematische Darstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels einer Brennstoffzellenvorrichtung.

### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

**[0011]** In **Fig. 1** ist eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Brennstoffzellenvorrichtung **10** gezeigt. Die Brennstoffzellenvorrichtung **10** weist eine Brennstoffzelleneinheit **12** auf. Die Brennstoffzelleneinheit **12** weist in dem gezeigten Ausführungsbeispiel eine Brennstoffzelle **14** zur Bereitstellung von elektrischer Energie auf. Alternativ ist es jedoch auch denkbar, dass die Brennstoffzelleneinheit **12** eine Vielzahl an Brennstoffzellen **14** aufweist, die beispielsweise einen Brennstoffzellenstack bilden. Ebenso wäre es auch denkbar, dass die Brennstoffzelleneinheit **12** eine Vielzahl von Brennstoffzellenstacks aufweist.

**[0012]** In dem gezeigten Fall handelt es sich bei der Brennstoffzelle um eine Festoxidbrennstoffzelle (engl. Solid Oxid Fuel Cell, SOFC). Alternativ wäre es aber auch denkbar eine andere Zellentechnologie, wie beispielsweise eine Polymerelektrolytbrennstoffzelle (engl. Polymer Electrolyte Fuel Cell, PEFC), eine Schmelzkarbonatbrennstoffzelle (engl. Molten Carbonate Fuel Cell, MCFC) und/oder eine Phos-

phorsäurebrennstoffzelle (engl. Phosphoric Acid Fuel Cell, PAFC), zu verwenden.

**[0013]** Die Brennstoffzelle weist eine Anode **16** und eine Kathode **18** auf. Zwischen der Anode **16** und der Kathode **18** ist ein Elektrolyt **20** angeordnet. Die Anode **16** ist von der Kathode **18** durch den Elektrolyten **20** getrennt.

**[0014]** Der Kathode **18** der Brennstoffzelleneinheit **12** ist über eine Zuleitung **22** ein Oxidationsmittel, insbesondere Luft oder Sauerstoff, zuführbar. Das Oxidationsmittel wird über ein Ventil **24** eingeleitet und mittels eines Verdichters **26** komprimiert.

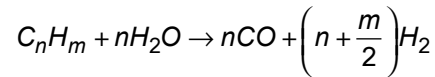
**[0015]** Zur Bereitstellung von elektrischer Energie bzw. Erzeugung einer elektrischen Spannung **28** ist es ferner notwendig, der Brennstoffzelleneinheit **12** an der Anode **16** ein brennstoffhaltiges Synthesegas, im gezeigten Fall ein wasserstoffhaltiges Synthesegas zuzuführen. Zur Erzeugung eines brennstoffhaltigen Synthesegases ist der Brennstoffzelleneinheit **12** eine Reformereinheit **30** vorgeschaltet. Die Reformereinheit **30** ist über eine Fluidverbindung **32** mit der Brennstoffzelleneinheit **12**, bzw. mit der Anode **16** der Brennstoffzelle **14**, verbunden. Die Fluidverbindung **32** umfasst dazu eine Rohrleitung **34**.

**[0016]** Zur Erzeugung des brenngashaltigen Synthesegases wird der Reformereinheit **30** ein Gemisch aus Erdgas und einem weiteren Reaktanten, insbesondere Sauerstoff und/oder Wasserdampf zugeführt, welches durch eine Reformierung, hier durch eine Dampfreformierung, in das brenngashaltige Synthesegas überführt wird. Das Erdgas wird durch einen Verdichter **36** komprimiert und über das Ventil **37** der Brennstoffzellenvorrichtung **10** zugeführt. Stromabwärts des Verdichters **36** wird dem Erdgas als weiterer Reaktant Wasser, insbesondere in Form von Wasserdampf, beigemischt.

**[0017]** In dem in **Fig. 1** gezeigten Ausführungsbeispiel, weist die Brennstoffzellenvorrichtung eine Abgasrückführung **38** auf durch die dem Erdgas als weiterer Reaktant Wasser beigemischt wird. So ist die Abgasrückführung **38** dazu vorgesehen, Abgas, im gezeigten Fall Anodenabgas, zumindest teilweise zur Vermischung mit dem Erdgas und dem weiteren Reaktanten, im gezeigten Fall Wasser, bzw. Wasserdampf, zurückzuführen. So handelt es sich bei der Abgasrückführung **38** um eine Anodenabgasrückführung. Dazu weist die Abgasrückführung **38** einen Verdichter **40** auf, der zur Rückführung von Abgas zur Reformereinheit **30** vorgesehen ist. Dadurch kann Wasserdampf aus einem Reaktionsvorgang in der Brennstoffzelleneinheit **12** zur Reformierung von Erdgas verwendet werden. Während der Reformierung werden langkettige Alkane komplett reformiert. Methan wird hingegen zu einem Teil in der Reformereinheit **30** und zu einem Teil in der Brennstoffzellen-

einheit **12** reformiert. Ferner kann ungenutztes Synthesegas in die Brennstoffzelle zurückgeführt werden, was einen Brennstoffnutzungsgrad der Brennstoffzellenvorrichtung **10** erhöht.

**[0018]** Die verschiedenen Alkane des Erdgases werden zusammen mit dem Wasserdampf in die Reformereinheit **30** geleitet und dort reformiert. Eine allgemeine Reaktionsgleichung für die Reformierung lautet:



**[0019]** Der Formel ist zu entnehmen, dass das Gemisch aus Alkanen und Wasserdampf in ein kohlenstoffmonoxid- und wasserstoffhaltiges Synthesegas umgesetzt wird. Weitere mögliche Bestandteile des Erdgases, wie insbesondere Stickstoff, Sauerstoff und/oder Kohlenstoffdioxid können die Reformereinheit **30** ohne Reaktion passieren.

**[0020]** Des Weiteren weist die Brennstoffzellenvorrichtung einen Nachbrenner **42** auf, welcher Abgase der Brennstoffzelleneinheit **12** zusätzlich verbrennt. Dabei reagiert aus dem Anodenabgas der Brennstoffzelleneinheit **12** verbliebener Brennstoff, in der Regel Wasserstoff und Kohlenstoffmonoxid und ggf. verbleibende Alkane, mit Sauerstoff, welches sich im Kathodenabgas befindet. Aus dem Brenner **42** tritt ein heißes Verbrennungsabgas aus, welches beispielsweise zur Erwärmung von Brauchwasser und/oder Heizwasser in einem Gebäude verwendet werden kann.

**[0021]** Je nach Zusammensetzung des Erdgases wird für eine optimierte Reformierung eine unterschiedliche Wasserdampfmenge benötigt. Ebenso sind die Konzentrationen im Synthesegas abhängig von der Zusammensetzung des verwendeten Erdgases. So ist es von Vorteil die Qualität des verwendeten Brennstoffs, bzw. des verwendeten Erdgases, zu erfassen, wodurch eine effektive Regelung der Brennstoffzellenvorrichtung ermöglicht wird.

**[0022]** Entsprechend weist die Brennstoffzellenvorrichtung **10** eine Analyseeinheit **44** auf, welche dazu vorgesehen ist, in einem Betriebszustand eine Qualitätskenngröße des Erdgases zu erfassen. Wie im aufgeführten Stand der Technik erläutert, kann diese Qualitätskenngröße über eine Brennwertbestimmung oder eine aufwendigen Analyse aller Bestandteile des verwendeten Brennstoffs erfolgen, um eine möglichst genaue Regelung der Brennstoffzellenvorrichtung **10** zu ermöglichen.

**[0023]** Das vorliegende Verfahren zum Betreiben der Brennstoffzellenvorrichtung **10** hat demgegenüber nun den Vorteil, dass die Qualitätskenngröße le-

diglich aus einer teilweisen Analyse der Bestandteile des verwendeten Brennstoffs bestimmt wird, wodurch eine volle Analyse aller Bestandteile des verwendeten Brennstoffs, bzw. des verwendeten Erdgases, nicht mehr notwendig ist.

**[0024]** So werden die Reformereinheit **30** und die Brennstoffzelleneinheit **12** in Abhängigkeit der Qualitätskenngröße des verwendeten Brennstoffs, bzw. des verwendeten Erdgases, betrieben.

**[0025]** Die Qualitätskenngröße entspricht dabei einer Anzahl potentiell freisetzbare Elektronen pro Molekül des verwendeten Brennstoffs, welche im Weiteren als Elektronenkonfiguration  $K_{e^-}$  bezeichnet wird.

**[0026]** Dabei wird angenommen, dass das Erdgas aus 4 elektrochemisch aktiven Hauptspezies besteht, hier aus den Alkanen Methan ( $CH_4$ ), Ethan ( $C_2H_6$ ), Propan ( $C_3H_8$ ), Butan ( $C_4H_{10}$ ). Alternativ wäre es aber auch möglich eine andere Anzahl an Hauptspezies anzunehmen.

**[0027]** Beim Betrieb der vorliegenden Brennstoffzellenvorrichtung **10** werden zur Bestimmung der Elektronenkonfiguration lediglich die elektrochemisch aktiven Stoffe im Brennstoff herangezogen. Die Elektronenkonfiguration  $K_{e^-}$  kann dann im Rahmen der vorliegenden Erfindung, im Falle der Verwendung von Erdgas als Brennstoff, wie folgt beschrieben werden:

$$K_{e^-} = 8x_{CH_4} + 14x_{C_2H_6} + 20x_{C_3H_8} + 26x_{C_4H_{10}},$$

wobei  $x_{C_nH_{2n+2}}$  (mit  $n = 1, 2, 3, 4, \dots$ ) die Stoffmenge der elektrochemisch aktiven Alkane meint.

**[0028]** So wird erfindungsgemäß zur Bestimmung der Elektronenkonfiguration als Qualitätskenngröße, lediglich eine teilweise Analyse des Brennstoffes, bzw. des Erdgases durchgeführt, indem durch die Analyseeinheit **44** lediglich eine Analyse einer bestimmten Anzahl an Stoffmengen elektrochemisch aktiver Stoffe, die nicht der Gesamtanzahl der im Brennstoff befindlichen Stoffe entsprechen, durchgeführt wird. Entsprechend werden zur Bestimmung der Elektronenkonfiguration  $K_{e^-}$  nicht alle Bestandteile des verwendeten Brennstoffs erfasst, wodurch ein vereinfachter Betrieb der Brennstoffzellenvorrichtung **10** ermöglicht wird.

**[0029]** In den gezeigten Ausführungsbeispielen wird zur Erfassung der genannten Stoffmengen des Brennstoffs ein Gaschromatograph verwendet, der dazu vorgesehen ist den Brennstoff, bzw. das Erdgas, im Hinblick auf die genannten Stoffe zu analysieren. Die erfassten Werte, werden dann an eine Regeleinheit **46** weitergegeben, mittels welcher dann die Elektronenkonfiguration  $K_{e^-}$  als Qualitätskenngröße bestimmt wird. Alternativ wäre es aber auch möglich,

dass die Elektronenkonfiguration  $K_{e^-}$  mittels der Analyseeinheit **44** bestimmt wird, woraufhin die Elektronenkonfiguration  $K_{e^-}$  als Wert an die Regeleinheit **46** weitergegeben wird.

**[0030]** Zur Regelung der Brennstoffzellenvorrichtung **10** werden der Regeleinheit **46** Sollwerte vorgegeben, wobei ein erster Sollwert einem Verhältnis  $\Phi$  zwischen Sauerstoff und Kohlenstoff entspricht, ein zweiter Sollwert einem Brennstoffnutzungsgrad  $U_{f,S}$  entspricht und ein dritter Sollwert einem elektrischen Stromwert  $I$  entspricht. Der Stromwert  $I$  entspricht dabei dem Strom, der durch die Brennstoffzelleneinheit **12** erzeugt wird und kann daher auch als Stromwert  $I$  der Brennstoffzelleneinheit **12** verstanden werden. Durch die Vorgabe der genannten Sollwerte  $\Phi$ ,  $U_{f,S}$  und  $I$ , kann eine gezielte und damit auch effektive Regelung der Brennstoffzellenvorrichtung **10** stattfinden, wobei die Werte nicht messtechnisch erfasst werden müssen.

**[0031]** Auf Grundlage der bestimmten Elektronenkonfiguration  $K_{e^-}$  und der vorgegebenen Sollwerte  $\Phi$ ,  $U_{f,S}$  und  $I$  werden mittels der Regeleinheit **46** schließlich die Volumenströme innerhalb der Brennstoffzellenvorrichtung geregelt.

**[0032]** In dem in **Fig. 1** gezeigten Ausführungsbeispiel wird die Abgasrückführungsrate  $r_A$  in Abhängigkeit der Qualitätskenngröße, bzw. der Elektronenkonfiguration  $K_{e^-}$ , und des ersten, zweiten und dritten Sollwerts. Dabei entspricht die Abgasrückführungsrate  $r_A$  dem prozentualen Anteil des Anodenabgases, welches mittels der Abgasrückführung **38** rückgeführt wird.

**[0033]** Zur Regelung des Durchflusses in der Abgasrückführung **38** wird die Abgasrückführungsrate  $r_A$  in der Regeleinheit **46** durch folgende Formel bestimmt:

$$r_A = \left( U_{f,S} \left( \frac{K_{e^-}}{2f(K_{e^-}, \Phi)} - 1 \right) + 1 \right)^{-1},$$

wobei  $f(K_{e^-}, \Phi)$  als Erdgaskoeffizient verstanden werden kann und eine Funktion darstellt, welche aus einer Regression aus empirisch gemessenen Erdgasdaten im Vorfeld bestimmt wurde und ausschließlich von der Elektronenkonfiguration  $K_{e^-}$  und dem Sauerstoff-zu-Kohlenstoff-Verhältnis  $\Phi$  abhängt. So kann die Abgasrückführungsrate  $r_A$  ausschließlich in Abhängigkeit der bestimmten Elektronenkonfiguration  $K_{e^-}$  und der vorgegebenen Sollwerte  $\Phi$ ,  $U_{f,S}$  und  $I$  bestimmt werden, wodurch eine vereinfachte Regelung der Brennstoffzellenvorrichtung **10** ermöglicht wird.

**[0034]** Entsprechend wird der Verdichter **40** der Abgasrückführung **38** über seine Drehzahl so geregelt, dass sich die Abgasrückführungsrate  $r_A$  einstellt. So

kann darunter auch Verstanden werden, dass der Volumenstrom  $V_r$  in der Abgasrückführung **38** ausschließlich in Abhängigkeit der bestimmten Elektronenkonfiguration  $K_{e^-}$  und der vorgegebenen Sollwerte  $\Phi$ ,  $U_{f,S}$  und  $I$  bestimmt und entsprechend eingestellt wird. Der funktionelle Zusammenhang des Volumenstroms  $V_r$  zu den genannten Größen  $K_{e^-}$ ,  $\Phi$ ,  $U_{f,S}$  und  $I$  lässt sich dabei wie folgt beschreiben:

$$\dot{V}_r = f(U_{f,S}, \Phi, I, K_{e^-})$$

Alternativ können auch Volumenströme an anderen Stellen der Brennstoffzellenvorrichtung **10**, vor allem an Stellen der anodenseitigen Strömungsführung der Brennstoffzellenvorrichtung **10**, ausschließlich in Abhängigkeit der bestimmten Elektronenkonfiguration  $K_{e^-}$  und der vorgegebenen Sollwerte  $\Phi$ ,  $U_{f,S}$  und  $I$  bestimmt und entsprechend eingestellt werden. Dabei liegt derselbe funktionelle Zusammenhang vor, wie für den Volumenstrom  $V_r$  in der Abgasrückführung **38**.

**[0035]** Mögliche Stellen der Brennstoffzellenvorrichtung **10** an denen eine solche Regelung stattfinden kann wären beispielsweise folgende: stromaufwärts der Einmündung der Abgasrückführung **38**; stromabwärts der Einmündung der Abgasrückführung **38** und stromaufwärts der Reformereinheit **30**; stromabwärts der Reformereinheit **30** und stromaufwärts der Brennstoffzelleneinheit **12**; stromabwärts der Brennstoffzelleneinheit **12** und stromaufwärts der Abzweigung der Abgasrückführung **38**; stromabwärts der Abzweigung der Abgasrückführung **38** und stromaufwärts des Nachbrenners **42**. Auch wäre es denkbar den Volumenstrom an mehreren dieser Stellen der Brennstoffzellenvorrichtung **10** gleichzeitig zu regeln.

**[0036]** In dem gezeigten Ausführungsbeispiel wird zusätzlich zur Regelung der Brennstoffzellenvorrichtung **10** neben dem Volumenstrom  $V_r$  auch der Erdgasvolumenstrom mit demselben funktionellen Zusammenhang geregelt.

**[0037]** Bei zusätzlicher Bestimmung der Dichte oder der molaren Masse  $M_{NG}$  des verwendeten Brennstoffs, bzw. des Erdgases, lassen sich analog zu den Volumenströmen auch die Massenströme bestimmen und entsprechend einstellen. Dabei kann der Funktionale Zusammenhang beispielsweise zwischen einem Massendurchfluss  $\dot{m}_r$  in der Abgasrückführung **38** und den genannten Größen  $K_{e^-}$ ,  $\Phi$ ,  $U_{f,S}$ ,  $I$  und  $M_{NG}$  wie folgt beschrieben werden:

$$\dot{m}_r = f(U_{f,S}, \Phi, I, K_{e^-}, M_{NG})$$

Analog zu den Volumenströmen können entsprechend auch die Massenströme an anderen Stellen der Brennstoffzellenvorrichtung **10**, vor allem an Stellen

der anodenseitigen Strömungsführung der Brennstoffzellenvorrichtung **10**, ausschließlich in Abhängigkeit der bestimmten Elektronenkonfiguration  $K_{e^-}$ , der bestimmten molaren Masse  $M_{NG}$  und der vorgegebenen Sollwerte  $\Phi$ ,  $U_{f,S}$  und  $I$  bestimmt und entsprechend eingestellt werden. Dabei liegt in analoger Weise derselbe funktionelle Zusammenhang vor, wie für den Massendurchfluss  $\dot{m}_r$  in der Abgasrückführung **38**.

**[0038]** In **Fig. 2** ist eine schematische Darstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels einer Brennstoffzellenvorrichtung **10** gezeigt. Im Unterschied zu dem in **Fig. 1** gezeigten Ausführungsbeispiel weist die Brennstoffzellenvorrichtung **10** in **Fig. 2** anstelle einer Abgasrückführung **38** eine Wasserzuführung **48**, bzw. eine Wasserzuführleitung **49**, auf, wobei eine Wasserzuführungsrate  $r_w$  in Abhängigkeit der Qualitätskenngröße  $K_{e^-}$ , bzw. der Elektronenkonfiguration  $K_{e^-}$ , und des ersten, zweiten und dritten Sollwerts  $\Phi$ ,  $U_{f,S}$  und  $I$  geregelt wird. Auch hier findet eine Regelung ausschließlich in Abhängigkeit der genannten Größen statt, wodurch die Regelung der Brennstoffzellenvorrichtung **10** vereinfacht wird.

**[0039]** Entsprechend wird ein Verdichter **50**, bzw. Pumpe, der Wasserzuführung **48** über seine Drehzahl so geregelt, dass sich die Wasserzuführungsrate  $r_w$  einstellt. Entsprechend kann darunter auch Verstanden werden, dass der Volumenstrom  $V_w$  in der Wasserzuführung **48** ausschließlich in Abhängigkeit der bestimmten Elektronenkonfiguration  $K_{e^-}$  und der vorgegebenen Sollwerte  $\Phi$ ,  $U_{f,S}$  und  $I$  bestimmt und entsprechend eingestellt wird. Die funktionellen Zusammenhänge der Volumenströme und Massenströme zu den genannten Größen  $K_{e^-}$ ,  $\Phi$ ,  $U_{f,S}$  und  $I$  können in analoger Weise für das Ausführungsbeispiel aus **Fig. 2** beschrieben werden, wie sie bereits für das Ausführungsbeispiel aus **Fig. 1** beschrieben wurden.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 102013221618 A1 [0002]

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennstoffzellenvorrichtung (10), wobei die Brennstoffzellenvorrichtung (10) in Abhängigkeit einer Qualitätskenngröße eines verwendeten Brennstoffs betrieben wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Qualitätskenngröße aus einer teilweisen Analyse der Bestandteile des verwendeten Brennstoffs bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Brennstoffzellenvorrichtung (10) zumindest eine Reformereinheit (30) und/oder zumindest eine Brennstoffzelleneinheit (12) aufweist, wobei die zumindest eine Reformereinheit (30) und/oder die zumindest eine Brennstoffzelleneinheit (12) in Abhängigkeit der Qualitätskenngröße des verwendeten Brennstoffs betrieben werden.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Qualitätskenngröße einer Anzahl potentiell freisetzbarer Elektronen pro Molekül des verwendeten Brennstoffs, insbesondere einer Elektronenkonfiguration ( $K_{e-}$ ), entspricht.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Regelung der Brennstoffzellenvorrichtung (10) Sollwerte vorgegeben werden, wobei ein erster Sollwert einem Verhältnis ( $\Phi$ ) zwischen Sauerstoff und Kohlenstoff entspricht, ein zweiter Sollwert einem Brennstoffnutzungsgrad ( $U_{f,S}$ ) entspricht und/oder ein dritter Sollwert einem elektrischen Stromwert ( $I$ ) entspricht.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Brennstoffzellenvorrichtung (10) eine Abgasrückführung (38) aufweist, wobei eine Abgasrückführungsrate ( $r_A$ ) in Abhängigkeit der Qualitätskenngröße ( $K_{e-}$ ) geregelt wird und insbesondere in Abhängigkeit des ersten, zweiten und/oder dritten Sollwerts ( $\Phi$ ,  $U_{f,S}$ ,  $I$ ).

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Brennstoffzellenvorrichtung (10) eine Wasserzuführung (48) aufweist, wobei eine Wasserzuführungsrate ( $r_W$ ) in Abhängigkeit der Qualitätskenngröße ( $K_{e-}$ ) geregelt wird, und insbesondere in Abhängigkeit des ersten, zweiten und/oder dritten Sollwerts ( $\Phi$ ,  $U_{f,S}$ ,  $I$ ).

7. Brennstoffzellenvorrichtung (10), welche mit einem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche betrieben wird.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

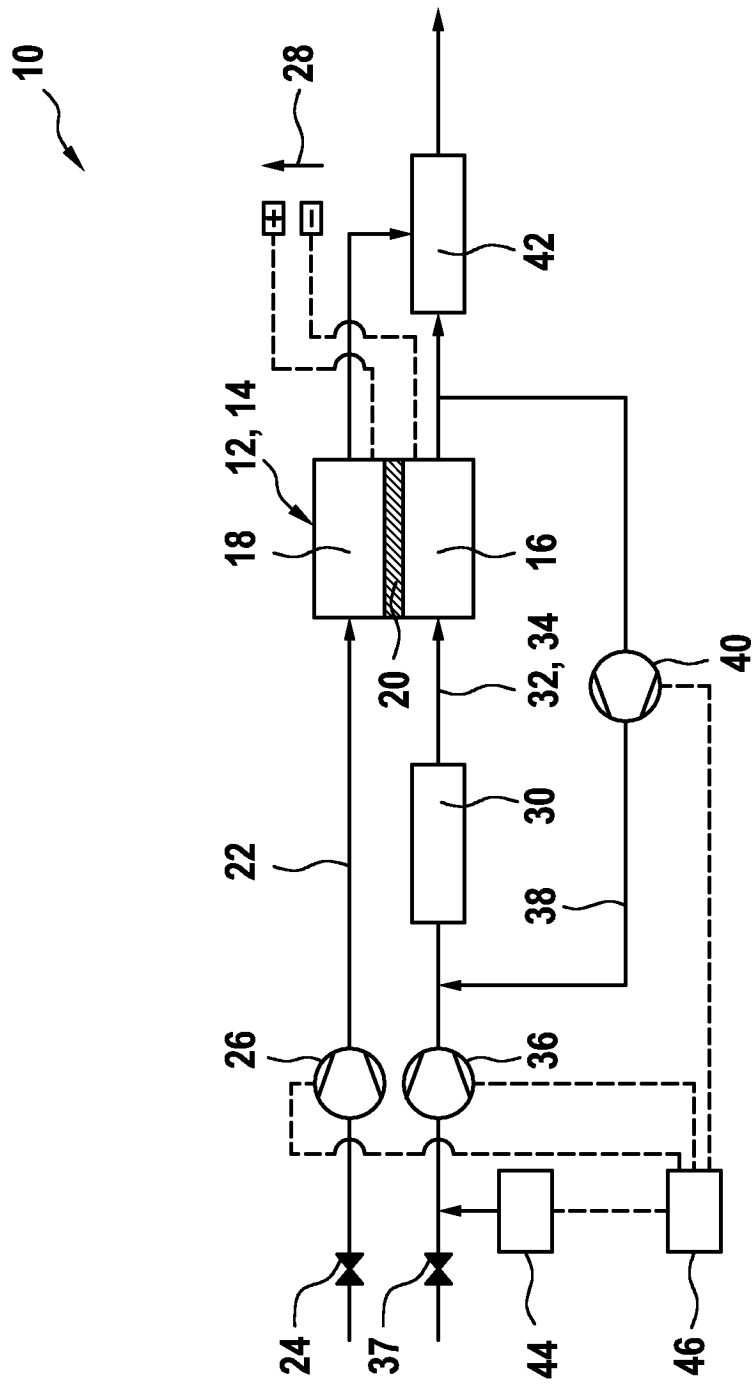




Fig. 2

