



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2007 001 375 A1 2008.07.10

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2007 001 375.4

(22) Anmeldetag: 09.01.2007

(43) Offenlegungstag: 10.07.2008

(51) Int Cl.⁸: **H01M 8/06** (2006.01)
C01B 3/32 (2006.01)

(71) Anmelder:

Webasto AG, 82131 Gauting, DE

(74) Vertreter:

**SCHUMACHER & WILLSAU,
 Patentanwaltssozietät, 80335 München**

(72) Erfinder:

**Boltze, Matthias, 17039 Wulkenzin, DE; Rozumek,
 Michael, 17033 Neubrandenburg, DE; Käding,
 Stefan, 17309 Zerrenthin, DE; Pfalzgraf, Manfred,
 82211 Herrsching, DE; Engl, Andreas, 80689
 München, DE; Bleeker, Beate, 81375 München,**

**DE; Süßl, Michael, 81477 München, DE;
 Bedenbecker, Markus, 82131 Gauting, DE; Kah,
 Stefan, 17033 Neubrandenburg, DE; Lindermeir,
 Andreas, 17033 Neubrandenburg, DE; Günther,
 Norbert, 18311 Ribnitz-Damgarten, DE; Eichstädt,
 Johannes, 17033 Neubrandenburg, DE; Mühlner,
 Marco, 19374 Raduhn, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

DE 101 63 539 A1

DE 101 42 578 A1

DE 100 10 069 A1

WO 02/0 94 594 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

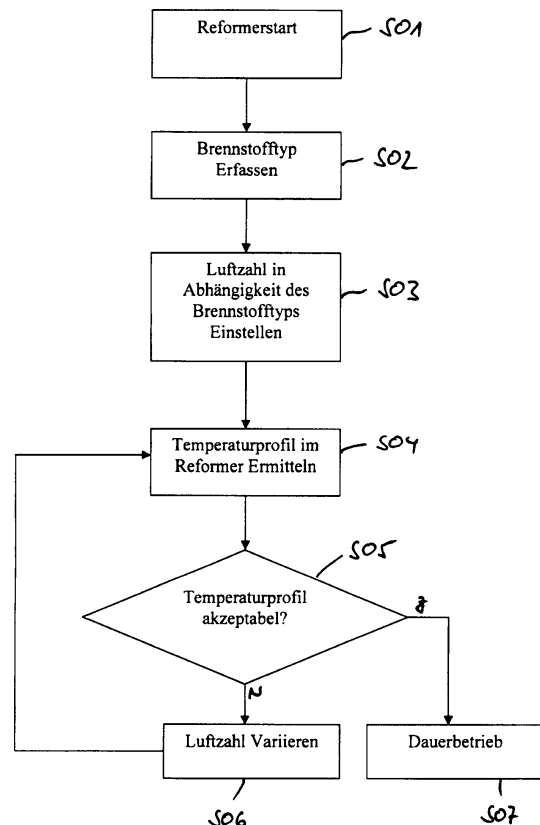
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betreiben eines Reformers, Reformierungssystem und Brennstoffzellenanlage**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Reformers (10) zum Erzeugen eines wasserstoffreichen Reformats (20), wobei dem Reformer Brennstoff (16) und Oxidationsmittel (18) zugeführt werden.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass mindestens eine Eigenschaft des dem Reformer (10) zugeführten Brennstoffs (16) ermittelt wird und dass in Abhängigkeit der mindestens einen Eigenschaft das Mengenverhältnis von zugeführtem Brennstoff (16) und Oxidationsmittel (18) eingestellt wird.

Die Erfindung betrifft weiterhin ein Reformierungssystem und eine Brennstoffzellenanlage.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Reformers zum Erzeugen eines wasserstoffreichen Reformats, wobei dem Reformer Brennstoff und Oxidationsmittel zugeführt werden.

[0002] Die Erfindung betrifft weiterhin ein Reformierungssystem mit einem Reformer und einer elektronischen Steuereinheit, wobei dem Reformer Brennstoff und Oxidationsmittel zugeführt werden.

[0003] Weiterhin bezieht sich die Erfindung auf eine Brennstoffzellenanlage.

[0004] Reformer dienen der Erzeugung eines wasserstoffreichen Gemisches, welches insbesondere zur Erzeugung von elektrischer Energie in einer dem Reformer nachgeschalteten Brennstoffzellenanordnung verwendet wird. Zu diesem Zweck werden dem Reformer Kohlenwasserstoffe als Brennstoff sowie ein Oxidationsmittel zugeführt. Als Oxidationsmittel kommt insbesondere Luftsauerstoff zum Einsatz. Die Brennstoffe können flüssig und gasförmig zugeführt werden, wobei im mobilen Einsatzbereich insbesondere die einem Verbrennungsmotor zugeführten Kraftstoffe ebenfalls als Brennstoffe für den Reformer verwendet werden.

[0005] Aus mehreren Gründen ist es erwünscht, dass ein Reformer mit verschiedenen Brennstoffen betrieben werden kann. Zum einen können hierdurch baugleiche Reformer in Anlagen eingesetzt werden, die für verschiedene Brennstoffe ausgelegt sind. Zum anderen kann auf diese Weise die Grundlage dafür geschaffen werden, dass ein und dieselbe Anlage mit verschiedenen Brennstoffen ohne Effizienzeinbußen betrieben werden kann. Im mobilen Bereich ist dies besonders interessant, da auch Verbrennungsmotoren existieren, welche verschiedene Kraftstoffe verarbeiten können. Ein Kraftfahrzeug, das mit einem solchen Verbrennungsmotor ausgestattet ist, sollte daher möglichst auch einen Reformer aufweisen, der verschiedene Kraftstoffe in geeigneter Weise umsetzen kann.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Verfahren, Systeme und Anlagen des Standes der Technik in der Weise weiterzubilden, dass geeignete Reformierungsprozesse bei variierenden Brennstoffeigenschaften stattfinden können.

[0007] Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst.

[0008] Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0009] Die Erfindung baut auf dem gattungsgemä-

ßen Verfahren dadurch auf, dass mindestens eine Eigenschaft des dem Reformer zugeführten Brennstoffs ermittelt wird und dass in Abhängigkeit der mindestens einen Eigenschaft das Mengenverhältnis von zugeführtem Brennstoff und Oxidationsmittel eingestellt wird. Um den Reformierungsprozess zu optimieren, wird also zunächst eine Eigenschaft des dem Reformer zugeführten Brennstoffs ermittelt. In Abhängigkeit von dieser Eigenschaft kann dann die Luftzahl ermittelt werden, also eine Größe, welche einen entscheidenden Einfluss auf die Funktionsweise des Reformers hat. Die Luftzahl ist insbesondere eng an das Temperaturprofil im Reformer gekoppelt, so dass durch eine geeignete Einstellung der Luftzahl erwünschte Temperaturprofile und somit ein optimierter Reformerbetrieb zur Verfügung gestellt werden können.

[0010] Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass die mindestens eine Eigenschaft den Brennstofftyp kennzeichnet. Es kann also insbesondere zwischen verschiedenen Brenngasen, Diesel und Benzin unterschieden werden.

[0011] Ebenfalls kann nützlich sein, dass die mindestens eine Eigenschaft die Brennstoffqualität kennzeichnet. Im Zusammenhang mit Benzin wird die Brennstoffqualität durch die Oktanzahl gekennzeichnet. Vergleichbare Kennzahlen existieren auch für andere Brennstofftypen.

[0012] Ebenfalls kann vorteilhaft sein, dass die mindestens eine Eigenschaft die Reinheit des Brennstoffs kennzeichnet. Insbesondere Diesel wird mit unterschiedlicher Reinheit vertrieben. Dies betrifft vor allem Schwefelverunreinigungen im Diesel, die das Betriebsverhalten des Reformers und eines Brennstoffzellensystems, dem der Reformer zugehörig ist, beeinflussen können. Ist das Maß an Schwefelverunreinigungen bekannt, so kann der Betriebspunkt des Reformers darauf abgestimmt werden, insbesondere im Hinblick darauf, dass möglichst geringfügige Schwefelablagerungen im Reformer auftreten.

[0013] Von besonderem Vorteil ist es, dass an mindestens zwei Positionen im Bereich des Reformers eine Temperatur gemessen wird und die Temperaturinformation zusätzlich bei der Einstellung des Mengenverhältnisses von zugeführtem Brennstoff und Oxidationsmittel berücksichtigt wird. Über die Ermittlung der Brennstoffeigenschaften kann also zunächst die Luftzahl im Reformer so eingestellt werden, dass eine erwünschte Betriebsweise des Reformers zu erwarten ist. Das Einstellen dieser erwünschten Betriebsweise kann dann noch dadurch unterstützt werden, dass das Temperaturprofil im Reformer ermittelt wird. Auf dieser Grundlage können Korrekturen an der ursprünglich eingestellten Luftzahl vorgenommen werden.

[0014] Insbesondere ist es nützlich, dass das Mengenverhältnis von zugeführtem Brennstoff und Oxidationsmittel so eingestellt wird, dass die im Bereich des Reformers gemessenen Temperaturen eine möglichst geringe Differenz aufweisen.

[0015] Die Erfindung ist ferner in besonders vorteilhafter Weise dadurch weitergebildet, dass das Mengenverhältnis von zugeführtem Brennstoff und Oxidationsmittel auf der Grundlage von in einer elektronischen Steuereinheit gespeicherten Kennfeldern geregelt wird, wobei verschiedene Kennfelder für verschiedene Eigenschaften des dem Reformers zugeführten Brennstoffs vorliegen. Eine Regelung der Luftzahl – eine so genannte Lambda-Regelung – kann auf der Grundlage einer eigens hierfür vorgesehenen Lambdasonde oder durch eine geeignete Auswertung der elektrischen Parameter einer dem Reformers nachgeordneten Brennstoffzellenanordnung erfolgen. Eine solche Regelung auf der Grundlage von Kennfeldern vorzunehmen bietet sich an, da die systematischen Abhängigkeiten zwischen den Lambda-Werten und dem Betriebsverhalten des Reformers kaum in anderer Weise erfassbar sind.

[0016] Die Erfindung baut auf dem gattungsgemäßen Reformierungssystem dadurch auf, dass mindestens eine Eigenschaft des dem Reformers zugeführten Brennstoffs ermittelbar und von der elektronischen Steuereinheit erfassbar ist und dass in Abhängigkeit der mindestens einen Eigenschaft das Mengenverhältnis von zugeführtem Brennstoff und Oxidationsmittel durch die elektronische Steuereinheit einstellbar ist. Auf diese Weise werden die Vorteile und Besonderheiten des erfindungsgemäßen Verfahrens im Rahmen eines Reformierungssystems umgesetzt. Dies gilt auch für die nachfolgend angegebenen besonders bevorzugten Ausführungsformen des Systems.

[0017] Dieses kann dadurch weitergebildet sein, dass mindestens ein Sensor zum Erfassen der Brennstoffqualität vorgesehen ist, wobei die mindestens eine Eigenschaft die Brennstoffqualität kennzeichnet.

[0018] Ebenfalls kann vorgesehen sein, dass mindestens ein Sensor zum Erfassen der Reinheit des Brennstoffs vorgesehen ist, wobei die mindestens eine Eigenschaft die Reinheit des Brennstoffs kennzeichnet.

[0019] Das erfindungsgemäße Reformierungssystem ist in nützlicher Weise dadurch weitergebildet, dass mindestens zwei Temperatursensoren an mindestens zwei Positionen im Bereich des Reformers vorgesehen sind und dass die so ermittelbaren Temperaturinformationen zusätzlich bei der Einstellung des Mengenverhältnisses von zugeführtem Brennstoff und Oxidationsmittel durch die elektronische

Steuereinheit berücksichtigt werden können.

[0020] In diesem Zusammenhang ist es besonders nützlich, dass das Mengenverhältnis von zugeführtem Brennstoff und Oxidationsmittel so durch die elektronische Steuereinheit einstellbar ist, dass die im Bereich des Reformers gemessenen Temperaturen eine möglichst geringe Differenz aufweisen.

[0021] Von besonderem Vorteil ist es, dass das Mengenverhältnis von zugeführtem Brennstoff und Oxidationsmittel auf der Grundlage von in der elektronischen Steuereinheit gespeicherten Kennfeldern regelbar ist, wobei verschiedene Kennfelder für verschiedene Eigenschaften des dem Reformers zugeführten Brennstoffs vorliegen.

[0022] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass durch die Lambdawertanpassung an die Kraftstoffart das Temperaturniveau im Reformers eingestellt werden kann. Bei einer konstanten Zufuhr von Oxidationsmittel und Brennstoff stellen sich nach einiger Zeit konstante Bedingungen ein, insbesondere im Hinblick auf die Zustandsgrößen Temperatur und Druck. Insbesondere im Hinblick auf die Temperatur ist eine Begrenzung erforderlich, um den Reformers nicht zu überlasten, speziell im Hinblick auf einen Katalysator. Durch die kraftstoffabhängige Lambdawerteinstellung können also die Lage des thermodynamischen Gleichgewichtes und somit das Temperaturniveau im Reformers vorteilhaft eingestellt werden, wobei im Zusammenhang mit vorteilhaften Ausführungsformen der Erfindung auch noch auf ein homogenes Temperaturprofil geachtet werden kann. Typische Lambdawerte liegen für Benzin und Diesel im Bereich größer oder gleich 0,35, während Lambdawerte für Erdgas im Bereich größer oder gleich 0,25 angesiedelt sind.

[0023] Die Erfindung betrifft weiterhin eine Brennstoffzellenanlage mit einem erfindungsgemäßen Reformierungssystem.

[0024] Die Erfindung wird nun mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen anhand besonders bevorzugter Ausführungsformen beispielhaft erläutert.

[0025] Es zeigen:

[0026] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Reformierungssystems und

[0027] [Fig. 2](#) ein Flussdiagramm zur Erläuterung eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0028] [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Reformierungssystems. Das erfindungsgemäße Reformierungssystem umfasst einen Reformers **10**, dem eine Brennstoffzufuhreinrichtung **12** und eine Oxidationsmittelzufuhrein-

richtung **14** zugeordnet sind. Bei der Brennstoffzuführeinrichtung **12** handelt es sich im Allgemeinen um eine Pumpe, während die Oxidationsmittelzuführeinrichtung **14** ein Luftgebläse ist. Durch diese Vorrichtungen **12**, **14** werden dem Reformier **10** Brennstoff **16** und Oxidationsmittel **18** zugeführt. Nach geeigneter Umsetzung dieser Substanzen im Reformier **10** liefert der Reformier **10** ein wasserstoffreiches Reformat **20**, das dann insbesondere einem Brennstoffzellenstapel zur Erzeugung von elektrischer Energie zugeführt werden kann. Die Brennstoffzuführeinrichtung **12** und die Oxidationsmittelzuführeinrichtung **14** werden von einer elektronischen Steuereinheit **22** gesteuert. Bei Einbindung des Reformierungssystems in eine Brennstoffzellenanlage kann die elektronische Steuereinheit **22** auch andere Funktionen der Brennstoffzellenanlage steuern beziehungsweise regeln. Zur Erfassung einer Eigenschaft des dem Reformier **10** zugeführten Brennstoffs **16** ist in der Brennstoffzuführleitung ein Sensor **24** vorgesehen, dessen Ausgangssignal der elektronischen Steuereinheit **22** zugeführt wird. Weiterhin sind in dem Reformier **10** zwei Temperatursensoren **26**, **28** angeordnet, die die ermittelten Informationen ebenfalls an die elektronische Steuereinheit **22** liefern. Bei Inbetriebnahme des Reformierungssystems kann somit zunächst durch den Sensor **24** eine Eigenschaft des zugeführten Brennstoffs ermittelt werden, beispielsweise der Brennstofftyp, die Brennstoffqualität und/oder die Reinheit des Brennstoffs. Auf dieser Grundlage kann dann die Luftzahl eingestellt werden, insbesondere durch Beeinflussung der Brennstoffzuführeinrichtung **12** und/oder der Oxidationsmittelzuführeinrichtung **14**. Zur Feineinstellung der Luftzahl, das heißt insbesondere zur Bereitstellung eines Sollwertes für eine Lambdaregelung, können dann noch die von den Temperatursensoren **26**, **28** ermittelten Temperaturen berücksichtigt werden. Ist beispielsweise erwünscht, dass in dem Reformier **10** ein möglichst konstantes Temperaturprofil vorliegt, so kann die Luftzahl so lange variiert werden, bis die Differenz zwischen den von den Temperatursensoren **26**, **28** ermittelten Temperaturen unter weiterer Berücksichtigung der absoluten Temperatur möglichst gering ist.

[0029] **Fig. 2** zeigt ein Flussdiagramm zur Erläuterung eines erfindungsgemäßen Verfahrens. Nach dem Start des Reformiers in Schritt S01 wird in Schritt S02 der Brennstofftyp erfasst. Die Erfassung des Brennstofftyps wird hier beispielhaft zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens herangezogen. Es wird also ermittelt, ob ein Kraftfahrzeug beispielsweise mit Diesel oder Benzin betankt ist. In Schritt S03 wird dann die Luftzahl in Abhängigkeit des ermittelten Brennstofftyps eingestellt. Dieser Vorgang kann implizieren, dass lediglich die Brennstoffpumpe und/oder das Luftgebläse so eingestellt werden, dass eine bestimmte Luftzahl zu erwarten ist. Das Einstellen der Luftzahl kann aber weitergehend auch implizieren, dass ein Sollwert für eine Lambdaregelung

zur Verfügung gestellt wird, also ein brennstofftypabhängiger Sollwert, wobei auf dieser Grundlage dann eine an sich bekannte Lambdaregelung stattfinden kann. In einem Schritt S04 wird dann das Temperaturprofil im Reformier ermittelt, beispielsweise durch das Erfassen von zwei Temperaturen an verschiedenen Positionen. Wird daraufhin in Schritt S05 ermittelt, dass das Temperaturprofil noch nicht akzeptabel ist, so wird in Schritt S06 die Luftzahl variiert. Im Anschluss daran wird wiederum das Temperaturprofil in Schritt S04 ermittelt. Wird in Schritt S05 festgestellt, dass ein akzeptables Temperaturprofil vorliegt, so wird in Schritt S07 das Reformierungssystem in seinen Dauerbetrieb überführt. Das Vorliegen dieses Dauerbetriebs schließt nicht aus, dass eine permanente Erfassung des Brennstofftyps vorliegt. Dies hat den Hintergrund, dass auch während eines fortschreitenden Reformierbetriebs ein Wechsel des Brennstoffs erfolgen kann, wenn beispielsweise ein Kraftfahrzeug nachgetankt wird. Auch hierauf kann somit reagiert werden, wenn im Rahmen des Dauerbetriebs eine kontinuierliche Überprüfung des Brennstofftyps erfolgt, insbesondere im Zusammenhang mit einer Ermittlung des Temperaturprofils im Reformier.

[0030] Die in der vorstehenden Beschreibung, in den Zeichnungen sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung wesentlich sein.

Bezugszeichenliste

10	Reformier
12	Brennstoffzuführeinrichtung
14	Oxidationsmittelzuführeinrichtung
16	Brennstoff
18	Oxidationsmittel
20	Reformat
22	Steuereinheit
24	Sensor
26	Temperatursensor
28	Temperatursensor

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Reformiers (**10**) zum Erzeugen eines wasserstoffreichen Reformats (**20**), wobei dem Reformier Brennstoff (**16**) und Oxidationsmittel (**18**) zugeführt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens eine Eigenschaft des dem Reformier (**10**) zugeführten Brennstoffs (**16**) ermittelt wird und dass in Abhängigkeit der mindestens einen Eigenschaft das Mengenverhältnis von zugeführtem Brennstoff (**16**) und Oxidationsmittel (**18**) eingestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Eigenschaft den

Brennstofftyp kennzeichnet.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Eigenschaft die Brennstoffqualität kennzeichnet.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Eigenschaft die Reinheit des Brennstoffs kennzeichnet.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass an mindestens zwei Positionen im Bereich des Reformers eine Temperatur gemessen wird und die Temperaturinformation zusätzlich bei der Einstellung des Mengenverhältnisses von zugeführtem Brennstoff und Oxidationsmittel berücksichtigt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Mengenverhältnis von zugeführtem Brennstoff und Oxidationsmittel so eingestellt wird, dass die im Bereich des Reformers gemessenen Temperaturen eine möglichst geringe Differenz aufweisen.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Mengenverhältnis von zugeführtem Brennstoff und Oxidationsmittel auf der Grundlage von in einer elektronischen Steuereinheit (22) gespeicherten Kennfeldern geregelt wird, wobei verschiedene Kennfelder für verschiedene Eigenschaften des dem Reformers zugeführten Brennstoffs vorliegen.

8. Reformierungssystem mit einem Reformers (10) und einer elektronischen Steuereinheit (22), wobei dem Reformers Brennstoff (16) und Oxidationsmittel (18) zugeführt werden, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Eigenschaft des dem Reformers (10) zugeführten Brennstoffs (16) ermittelbar und von der elektronischen Steuereinheit (22) erfassbar ist und dass in Abhängigkeit der mindestens einen Eigenschaft das Mengenverhältnis von zugeführtem Brennstoff (16) und Oxidationsmittel (18) durch die elektronische Steuereinheit einstellbar ist.

9. Reformierungssystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Sensor (24) zum Erfassen des Brennstofftyps vorgesehen ist, wobei die mindestens eine Eigenschaft den Brennstofftyp kennzeichnet.

10. Reformierungssystem nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Sensor (24) zum Erfassen der Brennstoffqualität vorgesehen ist, wobei die mindestens eine Eigenschaft die Brennstoffqualität kennzeichnet.

11. Reformierungssystem nach einem der An-

sprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Sensor (24) zum Erfassen der Reinheit des Brennstoffs vorgesehen ist, wobei die mindestens eine Eigenschaft die Reinheit des Brennstoffs kennzeichnet.

12. Reformierungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei Temperatursensoren (26, 28) an mindestens zwei Positionen im Bereich des Reformers (10) vorgesehen sind und dass die so ermittelbaren Temperaturinformationen zusätzlich bei der Einstellung des Mengenverhältnisses von zugeführtem Brennstoff (16) und Oxidationsmittel (18) durch die elektronische Steuereinheit (22) berücksichtigt werden können.

13. Reformierungssystem nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Mengenverhältnis von zugeführtem Brennstoff (16) und Oxidationsmittel (18) so durch die elektronische Steuereinheit (22) einstellbar ist, dass die im Bereich des Reformers (10) gemessenen Temperaturen eine möglichst geringe Differenz aufweisen.

14. Reformierungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Mengenverhältnis von zugeführtem Brennstoff (16) und Oxidationsmittel (18) auf der Grundlage von in der elektronischen Steuereinheit (22) gespeicherten Kennfeldern regelbar ist, wobei verschiedene Kennfelder für verschiedene Eigenschaften des dem Reformers (10) zugeführten Brennstoffs (16) vorliegen.

15. Brennstoffzellenanlage mit einem Reformierungssystem nach einem der Ansprüche 8 bis 14.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

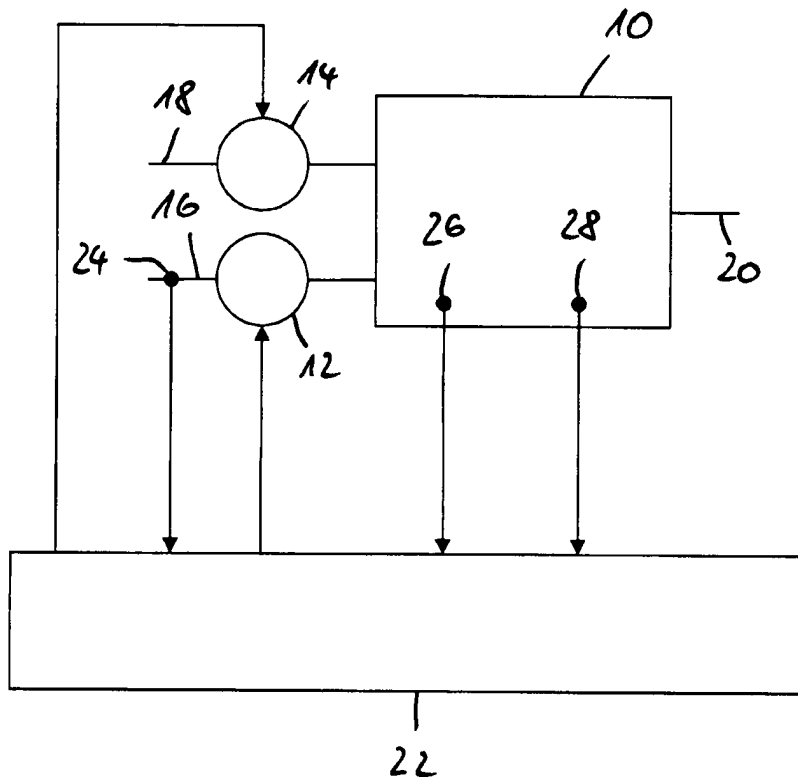


Fig. 2

