



(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2004 059 647 B4 2008.01.31

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2004 059 647.6
(22) Anmeldetag: 10.12.2004
(43) Offenlegungstag: 22.06.2006
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 31.01.2008

(51) Int Cl.⁸: C01B 3/02 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Webasto AG, 82131 Gauting, DE

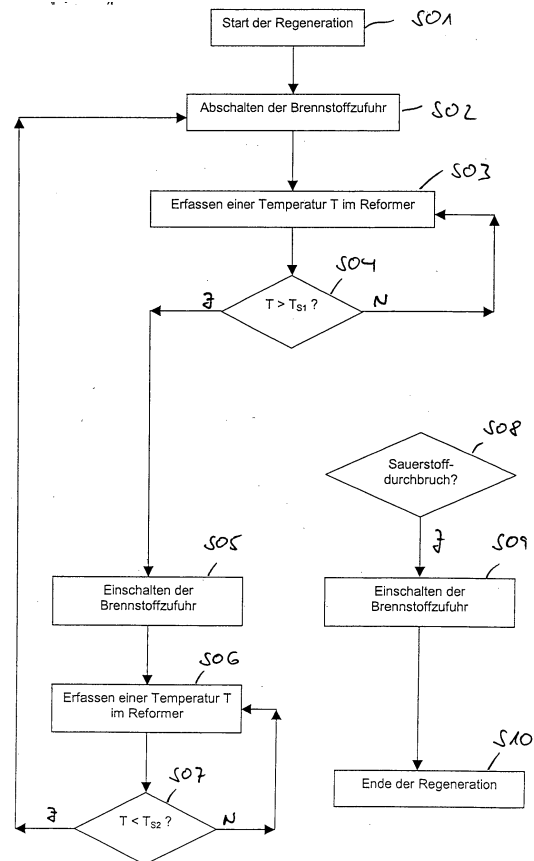
(74) Vertreter:
SCHUMACHER & WILLSAU, 80335 München

(72) Erfinder:
**Mühlner, Marco, Dipl.-Ing., 19374 Raduhn, DE;
Käding, Stefan, Dipl.-Chem. Dr., 17309 Zerrenthin, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
**DE 197 25 007 C1
DE 103 59 205 A1
DE 101 52 083 A1
DE 101 27 199 A1**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Regenerieren eines Reformers**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Regenerieren eines Reformers, dem im kontinuierlichen Betrieb Brennstoff (12, 14) und Oxidationsmittel (16, 18, 20) zugeführt wird, wobei die Zuführrate des Brennstoffs (12, 14) zum Zwecke der Regeneration gegenüber der Zuführrate im kontinuierlichen Betrieb herabgesetzt wird, die Zuführrate des Brennstoffs (12, 14) während mehrerer aufeinanderfolgender Zeitintervalle gegenüber der Zuführrate im kontinuierlichen Betrieb herabgesetzt ist und zwischen den aufeinanderfolgenden Zeitintervallen die Zuführrate des Brennstoffs (12, 14) größer ist als während der aufeinanderfolgenden Zeitintervalle, dadurch gekennzeichnet, dass der Reformer zwei Brennstoffzuführungen aufweist, wobei eine der Brennstoffzuführungen während der Regeneration mit einer Zuführrate arbeitet, die der Zuführrate im kontinuierlichen Betrieb im Wesentlichen entspricht.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Regenerieren eines Reformers, dem im kontinuierlichen Betrieb Brennstoff und Oxidationsmittel zugeführt wird, wobei die Zuführrate des Brennstoffs zum Zwecke der Regeneration gegenüber der Zuführrate im kontinuierlichen Betrieb herabgesetzt wird, die Zuführrate des Brennstoffs während mehrerer aufeinanderfolgender Zeitintervalle gegenüber der Zuführrate im kontinuierlichen Betrieb herabgesetzt ist und zwischen den aufeinanderfolgenden Zeitintervallen die Zuführrate des Brennstoffs größer ist als während der aufeinanderfolgenden Zeitintervalle.

[0002] Die Erfindung betrifft weiterhin einen Reformer mit einer Steuerung, die eine Regeneration des Reformers ermöglicht, wobei die Steuerung geeignet ist, dem Reformer im kontinuierlichen Betrieb Brennstoff und Oxidationsmittel zuzuführen und die Zuführrate des Brennstoffs zum Zwecke der Regeneration gegenüber der Zuführrate im kontinuierlichen Betrieb herabzusetzen, die Steuerung geeignet ist, die Zuführrate des Brennstoffs während mehrerer aufeinanderfolgender Zeitintervalle gegenüber der Zuführrate im kontinuierlichen Betrieb herabzusetzen ist, und zwischen den aufeinanderfolgenden Zeitintervallen die Zuführrate des Brennstoffs größer ist als während der aufeinanderfolgenden Zeitintervalle.

[0003] Gattungsgemäße Reformer und gattungsgemäße Verfahren haben zahlreiche Anwendungsgebiete. Insbesondere dienen sie dazu, einer Brennstoffzelle ein wasserstoffreiches Gasgemisch zuzuführen, aus dem dann auf der Grundlage elektrochemischer Vorgänge elektrische Energie erzeugt werden kann. Derartige Brennstoffzellen kommen beispielsweise im Kraftfahrzeugbereich als Zusatzenergiequellen, sogenannte APUs ("auxiliary power unit"), zum Einsatz.

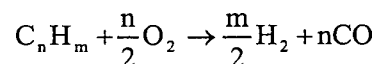
[0004] Der Reformierungsprozess zum Umsetzen von Brennstoff und Oxidationsmittel zu Reformat kann nach unterschiedlichen Prinzipien erfolgen. Beispielsweise ist die katalytische Reformierung bekannt, bei der ein Teil des Brennstoffs in einer exothermen Reaktion oxidiert wird. Nachteilig an dieser katalytischen Reformierung ist die hohe Wärmeerzeugung, die Systemkomponenten, insbesondere den Katalysator, irreversibel schädigen können.

[0005] Eine andere Möglichkeit zur Erzeugung eines Reformats aus Kohlenwasserstoffen ist das "Steam-Reforming". Dabei werden Kohlenwasserstoffe mit Hilfe von Wasserdampf in einer endothermen Reaktion zu Wasserstoff umgesetzt.

[0006] Eine Kombination dieser beiden Prinzipien, das heißt der Reformierung auf der Grundlage einer exothermen Reaktion und der Erzeugung von Was-

serstoff durch eine endotherme Reaktion, bei der die Energie für die Dampfreformierung aus der Verbrennung der Kohlenwasserstoffe gewonnen wird, wird als autotherme Reformierung bezeichnet. Hierbei kommt es jedoch zu den zusätzlichen Nachteilen, dass eine Zuführmöglichkeit für Wasser bereitgestellt werden muss. Hohe Temperaturgradienten zwischen der Oxidationszone und der Reformierungszone stellen weitere Probleme im Temperaturhaushalt des gesamten Systems dar.

[0007] Allgemein lässt sich die Reaktion, bei der Luft und Brennstoff in einem Reformer zu einem wasserstoffreichen Gasgemisch umgesetzt werden, wie folgt formulieren:



[0008] Durch unvollkommene Umsetzung der Kohlenwasserstoffe in dieser endothermen Reaktion können sich jedoch, anders als in der Gleichung beschrieben, Nebenprodukte, wie Restkohlenwasserstoffe oder Ruß, bilden. Diese schlagen sich dann zumindest teilweise auf dem Reformer nieder. Dies hat eine Deaktivierung des im Reformers befindlichen Katalysators zur Folge, was so weit gehen kann, dass sich der Katalysator nahezu komplett mit Ruß zusetzt. Der im Reformer auftretende Druckverlust steigt hierdurch an. Der Reformer wird unbrauchbar, beziehungsweise er muss regeneriert werden.

[0009] Gemäß dem Stand der Technik wird eine solche Regeneration insbesondere durch das Abbrennen des im Reformer abgelagerten Rußes durchgeführt. Hierbei können hohe Temperaturen entstehen, die zu einer dauerhaften, das heißt insbesondere irreversiblen Schädigung des Katalysators oder des Trägermaterials führen. Außerdem erschweren große Temperaturgradienten beim Start des Rußabbrandes die Regelung des Reformers. Da bei Sauerstoffüberschuss während des Abbrennverfahrens Sauerstoff am Ausgang des Reformers auftreten kann, ist der Einsatz eines derart zu regenerierenden Reformers in einem SO-Brennstoffzellensystem nicht möglich.

[0010] Die Dokumente DE 101 52 083 A1, DE 197 25 007 C1 und DE 101 27 199 A1 beschreiben Reformersysteme, die mit variierenden Brennstoffzuführaten arbeiten.

[0011] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Regenerierung eines Reformers zu ermöglichen, so dass die beschriebenen Probleme beseitigt werden, wobei insbesondere hohe Temperaturen, große Temperaturgradienten und unerwünschter Sauerstoffanfall am Ausgang des Reformers vermieden werden sollen.

[0012] Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen der

unabhängigen Ansprüche gelöst.

[0013] Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0014] Die Erfindung baut auf dem gattungsgemäßen Verfahren dadurch auf, dass der Reformier zwei Brennstoffzuführungen aufweist, wobei eine der Brennstoffzuführungen während der Regeneration mit einer Zuführrate arbeitet, die der Zuführrate im kontinuierlichen Betrieb im Wesentlichen entspricht. Im Normalbetrieb werden dem Reformier Brennstoff und Luft kontinuierlich zugeführt. Dabei herrschen Temperaturen im Bereich und oberhalb von 650 °C. Der Reformier arbeitet im thermischen Gleichgewicht, so dass im stationären Betrieb nicht mit einer Temperaturerhöhung zu rechnen ist. Die beschriebenen Ablagerungen im Katalysator führen jedoch nach und nach zu einer Deaktivierung. Schaltet man nun im laufenden Betrieb des Reformiers die Brennstoffzufuhr langfristig ab, so kommt es zu einem Abbrand des Rußes mit Temperaturen von weit über 1000 °C, was zu einer Zerstörung des Katalysators beziehungsweise des kompletten Reformiers führen kann. Dies hängt damit zusammen, dass die Rußabbrandreaktion $C + O_2 \rightarrow CO_2$ exotherm verläuft. Ebenso kommt es nach vollständigem Abbrennen des Katalysators zu einem Sauerstoffaustrag am Ende des Reformiers, was die Zerstörung der Anode einer SO-Brennstoffzelle zur Folge hätte. Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird nun vorgeschlagen, dass die Brennstoffzuführung pulswise reduziert wird, wobei die einzelnen Pulse nur über einen kurzen Zeitraum andauern. Sauerstoff beziehungsweise Luft wird an die Rußablagerung gebracht, so dass der Oxidationsprozess beginnen kann. Folglich steigt auch die Temperatur im Katalysator an. Bevor die Temperatur jedoch so hoch ist, dass der Reformier Schaden nehmen kann, wird die Brennstoffzufuhr wieder erhöht. Somit ist am Ende eines Zeitintervalls mit reduzierter Zuführrate ein Teil des Reformiers regeneriert, das heißt im Wesentlichen ruß- beziehungsweise ablagerungsfrei. Der Reformierungsprozess kann nach dem Regenerierungsintervall fortgesetzt werden. Da dieser endotherm verläuft, kühlt der Reformier wieder auf normale Temperaturen ab. Diese Prozedur wird so lange wiederholt, bis der komplette Reformier regeneriert ist. Es erfolgt demnach eine zonenweise Regenerierung. Durch die pulswise Reduzierung des Brennstoffes kann sichergestellt werden, dass kein Sauerstoff die Brennstoffzellen-Anode erreicht, da der Sauerstoff bei der Reaktion verbraucht wird. Bei einem Reformier mit zwei Brennstoffzuführungen hat man eine größere Variationsmöglichkeit im Hinblick auf eine Veränderung der Brennstoffzuführrate. Dies betrifft insbesondere die Möglichkeit eines teilweise unveränderten Betriebs des Reformiers, während in anderen Bereichen des Reformiers durch Funktionsänderungen eine Rege-

neration stattfindet.

[0015] Die Erfindung ist in vorteilhafter Weise dadurch weitergebildet, dass die Zuführrate des Brennstoffs während mindestens eines der aufeinanderfolgenden Zeitintervalle Null beträgt. Aufgrund des vollständigen Abschaltens der Brennstoffzufuhr während der aufeinanderfolgenden Zeitintervalle kann ein effizienter Abbrand der Ablagerungen erfolgen. Bei nicht vollständiger Abschaltung der Brennstoffzufuhr kommt es zu einer erhöhten Wasserproduktion im Reformier. Dieses Wasser ist in der Lage, den Ruß und andere Ablagerungen aus dem Reformier nach der Gleichung $C + H_2O \rightarrow CO + H_2$ zu entfernen.

[0016] Es kann weiterhin nützlich sein, dass der Sauerstoffgehalt der aus dem Reformier austretenden Substanzen gemessen wird und dass beim Überschreiten eines Schwellenwertes durch den Sauerstoffgehalt der Reformier in den kontinuierlichen Betrieb übergeht. Der Sauerstoffgehalt am Ausgang des Reformiers dient somit als Indikator für die vollständige Regeneration des Reformiers. Durch den Nachweis des Sauerstoffgehalts kann weiterhin sichergestellt werden, dass keine übermäßigen Mengen an Sauerstoff auf die Anode einer SO-Brennstoffzelle treffen.

[0017] In diesem Zusammenhang ist es nützlich, dass der Sauerstoffgehalt durch eine Lambdasonde gemessen wird.

[0018] Ebenfalls kann vorgesehen sein, dass der Sauerstoffgehalt durch eine Brennstoffzelle gemessen wird. Will man den Einbau einer Lambdasonde einsparen, so können die elektrischen Ausgangswerte der Brennstoffzelle direkt zum Erkennen eines Anstiegs des Sauerstoffgehalts verwendet werden.

[0019] Das erfindungsgemäße Verfahren ist in diesem Zusammenhang nützlicherweise dadurch weitergebildet, dass der Reformier eine Oxidationszone und eine Reformierungszone aufweist, dass der Reformierungszone Wärme zuführbar ist, dass der Oxidationszone ein Gemisch aus Brennstoff und Oxidationsmittel unter Verwendung einer ersten Brennstoffzuführung zugeführt wird, das nach zumindest teilweiser Oxidation des Brennstoffs zumindest teilweise der Reformierungszone zuführbar ist, dass der Reformierungszone zusätzlich Brennstoff unter Verwendung einer zweiten Brennstoffzuführung zuführbar ist und dass die zweite Brennstoffzuführung während der aufeinanderfolgenden Zeitintervalle mit herabgesetzter Zuführrate arbeitet. Der zusätzlich zugeführte Brennstoff bildet somit zusammen mit dem Abgas aus der Oxidationszone das Ausgangsgasgemisch für den Reformierungsprozess. Durch die Vermischung des Brennstoffs mit dem Abgas wird ein kleiner λ -Wert zur Verfügung gestellt (beispielsweise $\lambda = 0,4$), und unter Zuführung von Wärme kann eine en-

dotherme Reformierungsreaktion stattfinden. Im Hinblick auf die erfindungsgemäße Regeneration ist festzustellen, dass der Betrieb in der Oxidationszone des Reformers unverändert weiterlaufen kann, während nur die zweite Kraftstoffzufuhr abgeschaltet beziehungsweise reduziert wird.

[0020] Es ist besonders nützlich, dass der Reformierungszone Wärme aus der exothermen Oxidation in der Oxidationszone zuführbar ist. Die in der Oxidationszone entstehende Wärmeenergie wird somit im Rahmen der Reformierungsreaktion umgesetzt, so dass die Nettowärmeproduktion des Gesamtprozesses nicht zu Problemen im Temperaturhaushalt des Reformers führt.

[0021] Nützlichweise ist vorgesehen, dass die Reformierungszone eine Oxidationsmittelzuführung aufweist, über die zusätzlich Oxidationsmittel zuführbar ist. Auf diese Weise steht ein weiterer Parameter zur Beeinflussung der Reformierung zur Verfügung, so dass diese optimiert werden kann.

[0022] Die Erfindung ist in besonders nützlicher Weise dadurch weitergebildet, dass der zusätzliche Brennstoff einer Einspritz- und Gemischbildungszone zuführbar ist und dass der zusätzliche Brennstoff aus der Einspritz- und Gemischbildungszone in die Reformierungszone strömen kann. Diese Einspritz- und Gemischbildungszone ist somit in Strömungsrichtung der Reformierungszone vorgelagert, so dass der Reformierungszone ein gut vermisches Ausgangsgas für die Reformierungsreaktion zur Verfügung gestellt wird.

[0023] In diesem Zusammenhang ist es besonders nützlich, dass der zusätzliche Brennstoff durch die thermische Energie des aus der Oxidationszone austretenden Gasmischs zumindest teilweise verdampft wird. Somit kann die Reaktionswärme aus der Oxidation auch in vorteilhafter Weise für den Verdampfungsprozess des Brennstoffs genutzt werden.

[0024] Weiterhin kann es nützlich sein, dass das in der Oxidationszone erzeugte Gasmisch teilweise unter Umgehung der Einspritz- und Gemischbildungszone der Reformierungszone zuführbar ist. Hierdurch steht noch eine weitere Möglichkeit zur Beeinflussung des Reformierungsprozesses zur Verfügung, so dass eine weitere Verbesserung des aus dem Reformers austretenden Reformats im Hinblick auf dessen Anwendung erreicht werden kann.

[0025] Die Erfindung baut auf dem gattungsgemäßen Reformers dadurch auf, dass der Reformers zwei Brennstoffzuführungen aufweist und die Steuerung geeignet ist, den Reformers in der Weise zu steuern, dass eine der Brennstoffzuführungen während der Regeneration mit einer Zuführrate arbeitet, die der Zuführrate im kontinuierlichen Betrieb im Wesentli-

chen entspricht. Auf diese Weise werden die Vorteile und Besonderheiten des erfindungsgemäßen Verfahrens auch im Rahmen eines Reformers umgesetzt.

[0026] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass hohe Temperaturen, große Temperaturgradienten, unerwünschte Druckanstiege und ein unerwünschter Anfall von Sauerstoff am Ausgang des Reformers dadurch verhindert werden können, dass die Brennstoffzuführung pulsweise verändert wird, wobei insbesondere eine pulsweise Abschaltung der Brennstoffzuführung erfolgt.

[0027] Die Erfindung wird nun in Bezug auf die begleitenden Zeichnungen anhand bevorzugter Ausführungsformen beispielhaft erläutert.

[0028] Dabei zeigt:

[0029] [Fig. 1](#) ein Flussdiagramm zur Erläuterung eines erfindungsgemäßen Verfahrens; und

[0030] [Fig. 2](#) eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Reformers.

[0031] [Fig. 1](#) zeigt ein Flussdiagramm zur Erläuterung eines erfindungsgemäßen Verfahrens. Nach dem Start der Regeneration des Reformers in Schritt S01 wird in Schritt S02 die Brennstoffzufuhr abgeschaltet. Nachfolgend wird in Schritt S03 eine Temperatur im Reformers erfasst. In Schritt S04 wird bestimmt, ob diese erfasste Temperatur größer ist als ein vorgegebener Schwellenwert T_{S1} . Ist dies nicht der Fall, so wird im abgeschalteten Zustand der Brennstoffzufuhr wiederum die Temperatur im Reformers gemäß Schritt S03 erfasst. Wird in Schritt S04 festgestellt, dass die Temperatur den Schwellenwert T_{S1} überschreitet, wird in Schritt S05 die Brennstoffzufuhr wieder eingeschaltet. Nachfolgend wird in Schritt S06 erneut die Temperatur im Reformers erfasst. In Schritt S07 wird bestimmt, ob diese erfasste Temperatur kleiner ist als ein vorgegebener Schwellenwert T_{S2} . Ist dies nicht der Fall, so wird wiederum in Schritt S06 die Temperatur im Reformers erfasst; die Brennstoffzufuhr bleibt eingeschaltet. Wird in Schritt S07 festgestellt, dass die Temperatur kleiner ist als die Schwellentemperatur T_{S2} , so wird die Brennstoffzufuhr gemäß Schritt S02 wieder abgeschaltet, so dass das nächste Zeitintervall zur Reformregeneration beginnt.

[0032] Parallel zu der Temperaturüberwachung findet eine Überwachung auf Sauerstoffdurchbruch in dem Reformers gemäß Schritt S08 statt. Dies dient dazu, das Ende der Regeneration festzulegen. Findet somit ein Sauerstoffdurchbruch statt, so wird, falls die Brennstoffzufuhr abgeschaltet ist, gemäß Schritt S09 die Brennstoffzufuhr eingeschaltet. Nachfolgend endet die Regeneration gemäß Schritt S10.

[0033] **Fig. 2** zeigt eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Reformers. Die Erfindung ist nicht an die spezielle Gestaltung des hier dargestellten Reformers gebunden. Vielmehr kann die erfindungsgemäße Regeneration in unterschiedlichen Reformertypen stattfinden, so lange es möglich ist, die Brennstoffzuführung kurzfristig zu reduzieren beziehungsweise zu unterbrechen. Dem hier dargestellten Reformer **10**, der auf dem Prinzip der partiellen Oxidation vorzugsweise ohne Zuführung von Wasserdampf beruht, kann Brennstoff **12** und Oxidationsmittel **16** über jeweilige Zuführungen eingespeist werden. Als Brennstoff **12** kommt beispielsweise Diesel in Frage, das Oxidationsmittel **16** ist in der Regel Luft. Die unmittelbar bei der anfänglichen Verbrennung entstehende Reaktionswärme kann in einer optional zur Verfügung gestellten Kühlzone **36** teilweise abgeführt werden. Das Gemisch tritt dann weiter in die Oxidationszone **24**, die als innerhalb der Reformierungszone **26** angeordnetes Rohr realisiert sein kann. In alternativen Ausführungsformen ist die Oxidationszone durch mehrere Rohre oder durch eine spezielle Rohrführung innerhalb der Reformierungszone **26** realisiert. In der Oxidationszone findet eine Umsetzung von Brennstoff und Oxidationsmittel in einer exothermen Reaktion mit $\lambda \approx 1$ statt. Das dabei entstehende Gasgemisch **32** tritt danach in eine Einspritz- und Gemischbildungszone **30** ein, in der es mit eingespritztem Brennstoff **14** vermischt wird. Die thermische Energie des Gasgemisches **32** kann dabei die Verdampfung des Brennstoffs **14** unterstützen. Zusätzlich kann vorgesehen sein, dass in die Einspritz- und Gemischbildungszone **30** Oxidationsmittel zugeführt wird. Das so gebildete Gemisch gelangt dann in die Reformierungszone **26**, wo es in einer endothermen Reaktion mit zum Beispiel $\lambda \approx 0,4$ umgesetzt wird. Die für die endotherme Reaktion benötigte Wärme **28** wird aus der Oxidationszone **24** abgeführt. Zur Optimierung des Reformierungsprozesses kann zusätzlich Oxidationsmittel **18** in die Reformierungszone **26** zugeführt werden. Weiterhin ist es möglich, einen Teil des in der Oxidationszone **24** erzeugten Gasgemisches **34** direkt unter Umgehung der Einspritz- und Gemischbildungszone **30** der Reformierungszone **26** zuzuführen. Das Reformat **22** strömt dann aus der Reformierungszone **26** aus und steht für weitere Anwendungen zur Verfügung.

[0034] Dem Reformer ist eine Steuerung **38** zugeordnet, die unter anderem sowohl die primäre **12** als auch die sekundäre Brennstoffzuführung **14** steuern kann.

[0035] Um bei dem in **Fig. 2** dargestellten Ausführungsbeispiel eine Regeneration der Reformierungszone **26** vorzunehmen, kann es ausreichend sein, die Brennstoffzuführung **14** pulsweise abzuschalten, während die Brennstoffzuführung **12** zur Aufrechterhaltung der Oxidation im Reformer mit unveränderter Rate betrieben wird. Der in der Reformierungszone

26 vorgesehene Katalysator wird dann mit Verbrennungsabgasen, die Sauerstoff enthalten, abgebrannt.

[0036] 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

12	Brennstoff
14	Brennstoff
16	Oxidationsmittel
18	Oxidationsmittel
20	Oxidationsmittel
22	Reformat
24	Oxidationszone
26	Reformierungszone
28	Wärme
30	Einspritz- und Gemischbildungszone
34	Gasgemisch
36	Kühlzone
38	Steuerung

Patentansprüche

1. Verfahren zum Regenerieren eines Reformers, dem im kontinuierlichen Betrieb Brennstoff (**12**, **14**) und Oxidationsmittel (**16**, **18**, **20**) zugeführt wird, wobei die Zuführrate des Brennstoffs (**12**, **14**) zum Zwecke der Regeneration gegenüber der Zuführrate im kontinuierlichen Betrieb herabgesetzt wird, die Zuführrate des Brennstoffs (**12**, **14**) während mehrerer aufeinanderfolgender Zeitintervalle gegenüber der Zuführrate im kontinuierlichen Betrieb herabgesetzt ist und zwischen den aufeinanderfolgenden Zeitintervallen die Zuführrate des Brennstoffs (**12**, **14**) größer ist als während der aufeinanderfolgenden Zeitintervalle, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Reformer zwei Brennstoffzuführungen aufweist, wobei eine der Brennstoffzuführungen während der Regeneration mit einer Zuführrate arbeitet, die der Zuführrate im kontinuierlichen Betrieb im Wesentlichen entspricht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zuführrate des Brennstoffs (**12**, **14**) während mindestens eines der aufeinanderfolgenden Zeitintervalle Null beträgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,
– dass der Sauerstoffgehalt der aus dem Reformer austretenden Substanzen gemessen wird und
– dass beim Überschreiten eines Schwellenwertes durch den Sauerstoffgehalt der Reformer in den kontinuierlichen Betrieb übergeht.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden

Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Sauerstoffgehalt durch eine Lambdasonde gemessen wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Sauerstoffgehalt durch eine Brennstoffzelle gemessen wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,
 – dass der Reformer eine Oxidationszone (24) und eine Reformierungszone (26) aufweist,
 – dass der Reformierungszone (26) Wärme (28) zuführbar ist,
 – dass der Oxidationszone (24) ein Gemisch aus Brennstoff (12) und Oxidationsmittel (16, 18, 20) unter Verwendung einer ersten Brennstoffzuführung zugeführt wird, das nach zumindest teilweiser Oxidation des Brennstoffs (12) zumindest teilweise der Reformierungszone (26) zuführbar ist,
 – dass der Reformierungszone (26) zusätzlich Brennstoff (14) unter Verwendung einer zweiten Brennstoffzuführung zuführbar ist und
 – dass die zweite Brennstoffzuführung während der aufeinanderfolgenden Zeitintervalle mit herabgesetzter Zuführrate arbeitet.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Reformierungszone (26) Wärme (28) aus der exothermen Oxidation in der Oxidationszone (24) zuführbar ist.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Reformierungszone (26) eine Oxidationsmittelzuführung aufweist, über die zusätzlich Oxidationsmittel (16, 18, 20) zuführbar ist.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet,
 – dass der zusätzliche Brennstoff (14) einer Einspritz- und Gemischbildungszone (30) zuführbar ist und
 – dass der zusätzliche Brennstoff (14) aus der Einspritz- und Gemischbildungszone (30) in die Reformierungszone (26) strömen kann.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der zusätzliche Brennstoff (14) durch die thermische Energie des aus der Oxidationszone (24) austretenden Gasgemischs (34) zumindest teilweise verdampft wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass das in der Oxidationszone (24) erzeugte Gasgemisch (34) teilweise unter Umgehung der Einspritz- und Gemischbildungszone (30) der Reformierungszone (26) zuführbar ist.

12. Reformer mit einer Steuerung (38), die eine Regeneration des Reformers ermöglicht, wobei die

Steuerung (38) geeignet ist, dem Reformer im kontinuierlichen Betrieb Brennstoff (12, 14) und Oxidationsmittel (16, 18, 20) zuzuführen und die Zuführrate des Brennstoffs (12, 14) zum Zwecke der Regeneration gegenüber der Zuführrate im kontinuierlichen Betrieb herabzusetzen, die Steuerung (38) geeignet ist, die Zuführrate des Brennstoffs (12, 14) während mehrerer aufeinanderfolgender Zeitintervalle gegenüber der Zuführrate im kontinuierlichen Betrieb herabzusetzen ist, und zwischen den aufeinanderfolgenden Zeitintervallen die Zuführrate des Brennstoffs (12, 14) größer ist als während der aufeinanderfolgenden Zeitintervalle, dadurch gekennzeichnet, dass der Reformer zwei Brennstoffzuführungen aufweist und die Steuerung (38) geeignet ist, den Reformer in der Weise zu steuern, dass eine der Brennstoffzuführungen während der Regeneration mit einer Zuführrate arbeitet, die der Zuführrate im kontinuierlichen Betrieb im Wesentlichen entspricht.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

