



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 59 205 B4 2007.09.06**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **103 59 205.9**
 (22) Anmeldetag: **17.12.2003**
 (43) Offenlegungstag: **14.07.2005**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **06.09.2007**

(51) Int Cl.⁸: **C01B 3/36 (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,
Patentanwaltssozietät, 80335 München

(72) Erfinder:

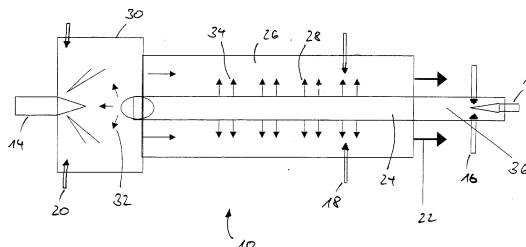
Günther, Norbert, 18311 Ribnitz-Damgarten, DE;
Käding, Stefan, Dr., 17309 Zerrenthin, DE

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

DE 103 38 240 A1
DE 39 12 003 A1
EP 012 77 698 A2
EP 03 30 751 A2
EP 02 14 432 A1
EP 02 42 199 B1
WO 01/94 005 A1
WO 01/32 302 A1

(54) Bezeichnung: **Reformer und Verfahren zum Umsetzen von Brennstoff und Oxidationsmittel zu Reformat**

(57) Hauptanspruch: Reformer zum Umsetzen von Brennstoff (12) und Oxidationsmittel (16, 18, 20) zu Reformat (22), mit einer Oxidationszone (24) und einer Reformierungszone (26), wobei der Oxidationszone (24) ein Gemisch aus Brennstoff (12) und Oxidationsmittel (16) zuführbar ist, das nach zumindest teilweiser Oxidation des Brennstoffs (12) zumindest teilweise der Reformierungszone (26) zuführbar ist, wobei der Reformierungszone (26) zusätzlich Brennstoff (14) zuführbar ist, der Reformierungszone (26) Wärme (28) zuführbar ist, der zusätzliche Brennstoff (14) einer Einspritz- und Gemischbildungszone (30) zuführbar ist und der zusätzliche Brennstoff (14) aus der Einspritz- und Gemischbildungszone (30) in die Reformierungszone (26) strömen kann, dadurch gekennzeichnet, dass das in der Oxidationszone (24) erzeugte Gasgemisch (34) teilweise unter Umgehung der Einspritz- und Gemischbildungszone (30) der Reformierungszone (26) zuführbar ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Reformer gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

[0002] Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 5.

[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 Wasserstoff 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 Zuführungsmöglichkeit für Wasser bereitgestellt werden muss. Hohe Temperaturgradienten zwischen der Oxidationszone und der Reformierungszone stellen weitere Probleme im Temperaturhaushalt des gesamten Systems dar.

[0007] Ein Beispiel für einen Reformer mit einer von einer Reformierungseinheit getrennten Oxidationseinheit ist in der DE 199 43 248 A1 angegeben.

[0008] Die WO 01/94005 A1 beschreibt gattungsgemäße Vorrichtungen und Verfahren, bei denen reagierende Gase mehrere Reaktionszonen nacheinander durchlaufen. Dabei findet eine Weiseneübertragung zwischen den Reaktionszone statt. Ferner besteht die Möglichkeit, Umlenkzonen zwischen aufeinanderfolgenden Reaktionszone weitere Reaktions-

partner zuzuführen.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Reformer und ein Verfahren zum Umsetzen von Brennstoff und Oxidationsmittel zu Reformat zur Verfügung zu stellen, bei dem die genannten Probleme zumindest teilweise überwunden werden und bei dem insbesondere keine Probleme durch hohe Temperaturen beziehungsweise große Temperaturgradienten entstehen, wobei weiterhin eine zusätzliche Möglichkeit zur Beeinflussung des Reformierungsprozess zur Verfügung gestellt wird.

[0010] Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst.

[0011] Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0012] Die Erfindung baut auf dem gattungsgemäßen Reformer durch die zusätzliche Verwirklichung der Merkmale des kennzeichnenden Teils von Anspruch 1 auf. 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 endotherme Reformierungsreaktion stattfinden. Die Einspritz- und Gemischbildungszone ist in Strömungsrichtung der Reformierungszone vorgelagert, so dass der Reformierungszone ein gut vermisches Ausgangsgas für die Reformierungsreaktion zur Verfügung gestellt wird. Durch die Umgehung der Einspritz- und Gemischbildungszone steht eine weitere Möglichkeit zur Beeinflussung des Reformierungsprozesses zur Verfügung, so dass eine weitere Verbesserung des aus dem Reformer austretenden Reformats im Hinblick auf dessen Anwendung erreicht werden kann.

[0013] In diesem Zusammenhang ist es 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.

[0014] 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.

[0015] In diesem Zusammenhang ist es besonders nützlich, dass der zusätzliche Brennstoff durch die

thermische Energie des aus der Oxidationszone austretenden Gasgemischs zumindest teilweise verdampft wird. Somit kann die Reaktionswärme aus der Oxidation auch in vorteilhafter Weise für den Verdampfungsprozess des Brennstoffs genutzt werden.

[0016] Die Erfindung baut auf dem gattungsgemäßen Verfahren durch die zusätzliche Verwirklichung der Merkmale des kennzeichnende Teils von Anspruch 5 auf. Auf diese Weise werden die Vorteile und Besonderheiten des erfindungsgemäßen Reformers auch im Rahmen eines Verfahrens umgesetzt. Dies gilt auch für die nachfolgend angegebenen besonders bevorzugten Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0017] Dieses ist in nützlicher Weise dadurch weitergebildet, dass der Reformierungszone Wärme aus der exothermen Oxidation in der Oxidationszone zugeführt wird.

[0018] Weiterhin kann es nützlich sein, dass die Reformierungszone eine Oxidationsmittelzuführung aufweist, über die zusätzlich Oxidationsmittel zugeführt wird.

[0019] Nützlicherweise ist bei dem Verfahren vorgesehen, dass der zusätzliche Brennstoff durch die thermische Energie des aus der Oxidationszone austretenden Gasgemischs zumindest teilweise verdampft wird.

[0020] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass durch die Trennung von Oxidationszone und Reformierungszone und die Vermischung des Abgases aus der Oxidationszone mit zusätzlich zugeführtem Brennstoff ein Gasgemisch erzeugt werden kann, das im Hinblick auf die nachfolgende Reformierung gute Voraussetzung bietet beziehungsweise durch weitere Zuführung von Abgas und Oxidationsmittel im Hinblick auf den Reformierungsprozess optimiert werden kann.

[0021] Die Erfindung wird nun in Bezug auf die begleitenden Zeichnungen anhand bevorzugter Ausführungsformen beispielhaft erläutert.

[0022] Dabei zeigt:

[0023] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Reformers; und

[0024] [Fig. 2](#) ein Flussdiagramm zur Erläuterung eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0025] [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Reformers. Dem Reformers **10** 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 Rohrleitung 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 $\lambda 0,4$ 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.

[0026] [Fig. 2](#) zeigt ein Flussdiagramm zur Erläuterung eines erfindungsgemäßen Verfahrens. In Schritt S01 wird einer Oxidationszone Brennstoff und Oxidationsmittel zugeführt. Danach erfolgt in Schritt S02 eine zumindest teilweise Oxidation des Brennstoffs. Gemäß Schritt S03 wird das aus der Oxidationszone austretende Gasgemisch der Einspritz- und Gemischbildungszone zugeführt. Weiterhin wird in Schritt S04 der Einspritz- und Gemischbildungszone zusätzlicher Brennstoff zugeführt. Das in der Einspritz- und Gemischbildungszone erzeugte Gemisch wird dann in Schritt S05 der Reformierungszone zugeführt, wo es in Schritt S06 in einer endothermen Reaktion unter Ausnutzung der Reaktionswärme der exothermen Oxidation reformiert wird. In Schritt S07 wird das Reformat entnommen.

[0027] 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

Patentansprüche

1. Reformer zum Umsetzen von Brennstoff (12) und Oxidationsmittel (16, 18, 20) zu Reformat (22), mit einer Oxidationszone (24) und einer Reformierungszone (26), wobei der Oxidationszone (24) ein Gemisch aus Brennstoff (12) und Oxidationsmittel (16) zuführbar ist, das nach zumindest teilweiser Oxidation des Brennstoffs (12) zumindest teilweise der Reformierungszone (26) zuführbar ist, wobei der Reformierungszone (26) zusätzlich Brennstoff (14) zuführbar ist, der Reformierungszone (26) Wärme (28) zuführbar ist, der zusätzliche Brennstoff (14) einer Einspritz- und Gemischbildungszone (30) zuführbar ist und der zusätzliche Brennstoff (14) aus der Einspritz- und Gemischbildungszone (30) in die Reformierungszone (26) strömen kann, **dadurch gekennzeichnet**, dass das in der Oxidationszone (24) erzeugte Gasgemisch (34) teilweise unter Umgehung der Einspritz- und Gemischbildungszone (30) der Reformierungszone (26) zuführbar ist.

2. Reformer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Reformierungszone (26) Wärme (28) aus der exothermen Oxidation in der Oxidationszone (24) zuführbar ist.

3. Reformer nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Reformierungszone (26) eine Oxidationsmittelzuführung aufweist, über die zusätzlich Oxidationsmittel (16, 18, 20) zuführbar ist.

4. Reformer nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet dass der zusätzliche Brennstoff (14) durch die thermische Energie des aus der Oxidationszone (24) austretenden Gasgemischs (34) zumindest teilweise verdampft wird.

5. Verfahren zum Umsetzen von Brennstoff (12) und Oxidationsmittel (16, 18, 20) zu Reformat (22) in einem Reformer mit einer Oxidationszone (24) und einer Reformierungszone (26), wobei der Oxidationszone (24) ein Gemisch aus Brennstoff (12) und Oxidationsmittel (16) zugeführt wird, das nach zumindest teilweiser Oxidation des Brennstoffs (12) zumin-

dest teilweise der Reformierungszone (26) zugeführt wird, wobei der Reformierungszone (26) zusätzlich Brennstoff (14) zugeführt wird, der Reformierungszone (26) Wärme (28) zugeführt wird, der zusätzliche Brennstoff (14) einer Einspritz- und Gemischbildungszone (30) zugeführt wird und der zusätzliche Brennstoff (14) aus der Einspritz- und Gemischbildungszone (30) in die Reformierungszone (26) strömt, dadurch gekennzeichnet, dass das in der Oxidationszone (24) erzeugte Gasgemisch (34) teilweise unter Umgehung der Einspritz- und Gemischbildungszone (30) der Reformierungszone (26) zugeführt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Reformierungszone (26) Wärme (28) aus der exothermen Oxidation in der Oxidationszone (24) zugeführt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Reformierungszone (26) eine Oxidationsmittelzuführung aufweist, über die zusätzlich Oxidationsmittel (16, 18, 20) zugeführt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der zusätzliche Brennstoff (14) durch die thermische Energie des aus der Oxidationszone (24) austretenden Gasgemischs (34) zumindest teilweise verdampft wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

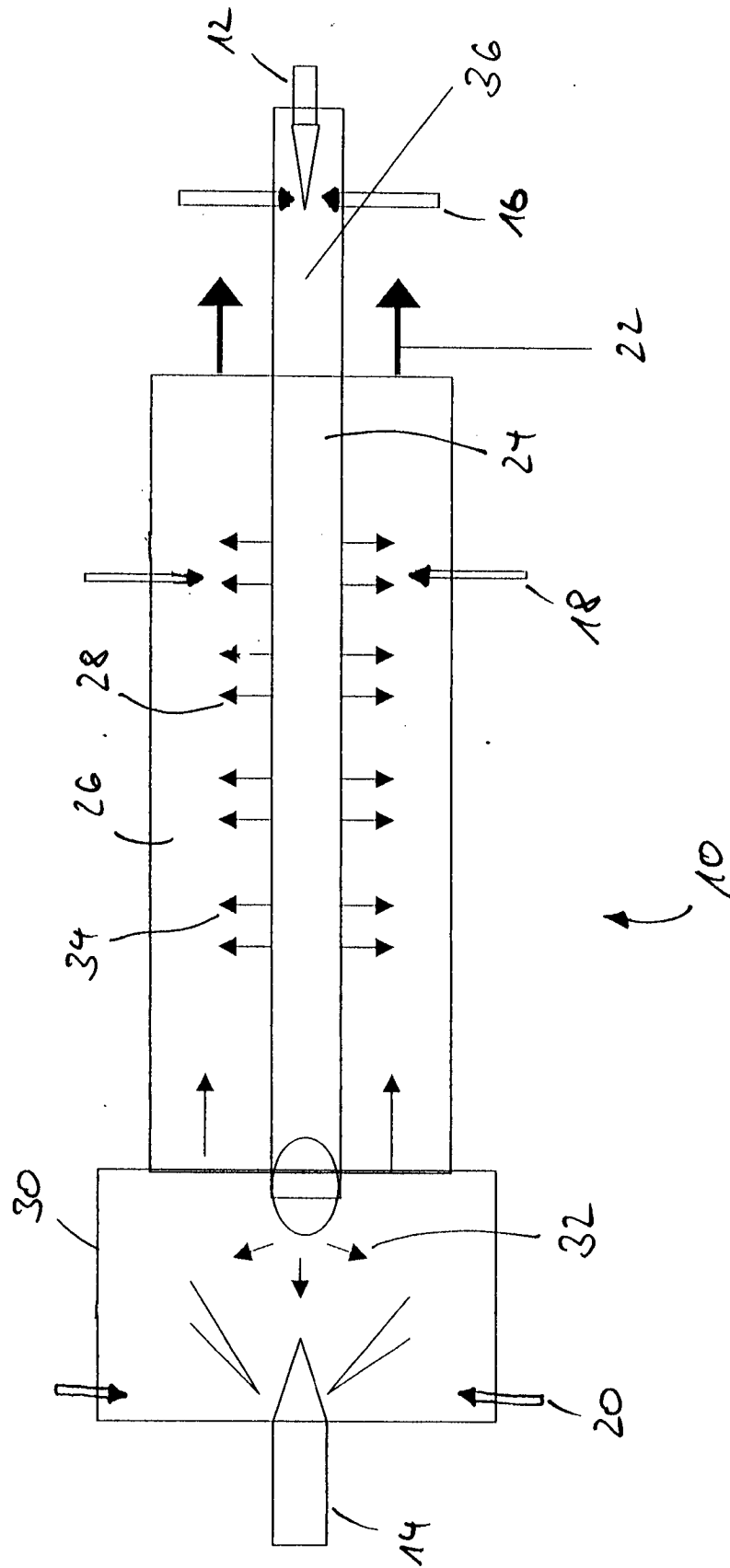


Fig. 2

