

(12)

## Patentschrift

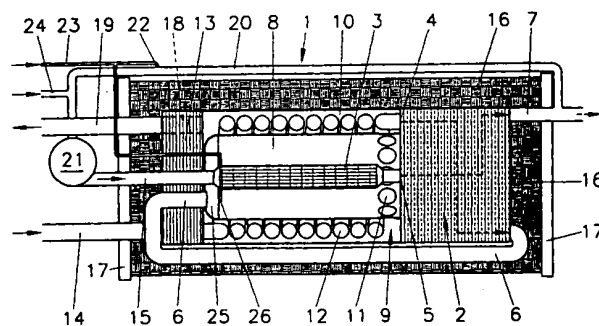
- (21) Anmeldenummer: A 1655/2006 (51) Int. Cl.<sup>8</sup>: **H01M** (2006.01)  
(22) Anmeldetag: 2006-10-03  
(43) Veröffentlicht am: 2008-02-15

(56) Entgegenhaltungen:  
WO 2005/005027A1 US 5208114A  
EP 0246649A1 DE 10155193A1  
DE 10252076A1

(73) Patentanmelder:  
AVL LIST GMBH  
A-8020 GRAZ (AT)  
(72) Erfinder:  
RECHBERGER JÜRGEN DIPL.ING.  
GRAZ (AT)  
SCHÜSSLER MARTIN DR.  
GRAZ (AT)  
PRENNINGER PETER DR.  
GRAZ (AT)

(54) **ENERGIEERZEUGUNGSEINHEIT MIT ZUMINDEST EINER HOCHTEMPERATURBRENNSTOFFZELLE**

- (57) Die Erfindung betrifft eine Energieerzeugungseinheit (1) mit zumindest einer Hochtemperaturbrennstoffzelle (2), welcher ein Reformier (3) zur Aufbereitung des Brennstoffes für die Hochtemperaturbrennstoffzelle (2) vorgeschaltet ist, sowie mit einer kathodenseitigen Abfuhrleitung (6), welche dem Reformier (3) thermische Energie zuführt. Erfindungsgemäß ist der Reformier (3) in einer vorzugsweise zylindrischen Brennkammer (8) eines Flammenbrenners (9) angeordnet, wobei der Flammenbrenner (9) während der Startphase der Energieerzeugungseinheit (1) aktivierbar ist und die Brennkammer (8) des Flammenbrenners (9) zur Beaufschlagung des Reformiers (3) mit dem Kathodenabgas der Hochtemperaturbrennstoffzelle (2) an deren kathodenseitige Abfuhrleitung (6) angeschlossen ist.



**Fig. 1**

Die Erfindung betrifft eine Energieerzeugungseinheit mit zumindest einer Hochtemperaturbrennstoffzelle, welcher ein Reformier zur Aufbereitung des Brennstoffes für die Hochtemperaturbrennstoffzelle vorgeschaltet ist, sowie mit einer kathodenseitigen Abföhrleitung, welche dem Reformier thermische Energie zuföhrt.

Derartige Energieerzeugungseinheiten können beispielsweise in Kraftfahrzeugen als PTSU (*Power-Train Support Unit*) zur Bereitstellung von elektrischer und thermischer Energie eingesetzt werden. Unter Anderem können solche Systeme auch zur Beheizung von Fahrerinnen und zur Abgasnachbehandlung einer Brennkraftmaschine verwendet werden.

So ist beispielsweise aus der WO 2005/005027 A1 eine einer Brennkraftmaschine zugeordnete Hochtemperaturbrennstoffzelle bekannt, welche mit dem flüssigen Brennstoff der Brennkraftmaschine betrieben wird. Gemäß einer in Fig. 3 dargestellten Ausführungsvariante ist der Hochtemperaturbrennstoffzelle ein Reformier und gegebenenfalls eine Entschwefelungseinrichtung vorgeschaltet. Das Anodenabgas wird für die Abgasnachbehandlung der Brennkraftmaschine eingesetzt und über entsprechende Dosierventile, welche vom elektronischen Motormanagement gesteuert werden, einem Hoch-, sowie einem Niedertemperaturkatalysator zugeföhrt. Es ist auch möglich, einen Teilstrom des Reformats aus dem Reformier vor der Brennstoffzelle abzuzweigen und über ein Mischventil dem Anodenabgas zuzumischen, so dass für die Abgasnachbehandlung der Brennkraftmaschine eine optimale Zusammensetzung des Reduktionsmittelstroms erzielt werden kann. Die von der Brennstoffzelle erzeugte elektrische Energie kann zur Beheizung der in der Abgasnachbehandlung der Brennkraftmaschine eingesetzten Katalysatoren verwendet werden.

Weiters zeigt die US 5,208,114 A eine Vorrichtung zur Energieerzeugung, bei welcher eine Hochtemperaturbrennstoffzelle (MCFC) eingesetzt wird. Der Anode der Brennstoffzelle ist ein Reformier vorgeschaltet, in welchem der Brennstoff (Erdgas) für die Brennstoffzelle aufbereitet wird. Die kathodenseitige Abföhrleitung weist eine Zweigleitung zu einer dem Reformier zugeordneten Heizkammer auf, welche mit heißem Kathodenabgas beaufschlagt wird. Gemäß einer Variante (z.B. Fig. 8 oder 9) zweigt vom Ausgang der Anode der Brennstoffzelle eine Rezirkulationsleitung ab und mündet nach einem Gebläse und einer Heizeinrichtung in die Zuföhrleitung zum Reformier, um die Temperatur im Reformier einzustellen.

Aus der DE 101 55 193 A1 ist eine Brennstoffzellenanlage bekannt, die aus einer Niedertemperaturbrennstoffzelle, einer sogenannten PEM-Brennstoffzelle, und einem anodenseitig vorgeschalteten Reformier zur Aufbereitung des gasförmigen Brennstoffes besteht. Der Reformier ist in einer Brennkammer eines Gasbrenners angeordnet, welchem das Anodenabgas über eine Anodenrestgasleitung zugeföhrt wird. Die Abgasföhrung des Gasbrenners ist mit der kathodenseitigen Zuföhrleitung der Brennstoffzelle verbunden, sodass der Gasbrenner der Brennstoffzelle strömungstechnisch vorgeschaltet ist.

Aufgabe der Erfindung ist es eine Energieerzeugungseinheit mit zumindest einer Hochtemperaturbrennstoffzelle kompakt und energieeffizient auszubilden, wobei insbesondere ein rascher Kaltstart gewährleistet sein soll.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Reformier in einer vorzugsweise zylindrischen Brennkammer eines Flammenbrenners angeordnet ist, wobei der Flammenbrenner während der Startphase der Energieerzeugungseinheit aktivierbar ist, sowie dass die Brennkammer des Flammenbrenners zur Beaufschlagung des Reformiers mit dem Kathodenabgas der Hochtemperaturbrennstoffzelle an deren kathodenseitige Abföhrleitung angeschlossen ist. Durch eine bevorzugt zentrische Anordnung des Brennstoffreformiers in einem Flammenbrenner wird ein schneller Start-up ermöglicht. Gleichzeitig wird die Brennkammer des Flammenbrenners nach der Startphase für zusätzlich benötigte Heizleistung (z.B.: Kabinenbeheizung) verwendet. Der Wärmeaustausch zwischen den Medien in der Heizkammer und im Reformier ist während des Betriebs vernachlässigbar, da kein Temperaturgefälle vorliegt. Durch

die Beaufschlagung der Reformerwand mit heißem Gas wird diese beheizt und im Reformer stellt sich eine ideale homogene Temperaturverteilung ein, die eine effiziente und rußfreie Reformierung garantiert.

5 Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung weist der Flammenbrenner eine die Brennkammer umgebende Ringkammer auf, wobei die Brennkammer an der der Hochtemperaturbrennstoffzelle zugewandten Seite Übertrittsöffnungen in die Ringkammer aufweist und in der Ringkammer ein Spiralrohrwärmetauscher angeordnet ist, welcher für die kathodenseitige Zufuhr eines Oxidationsmittels, vorzugsweise Luft, dient. In kompakter Bauweise wird dadurch die der Hochtemperaturbrennstoffzelle zugeführte Luft im Wärmeaustausch mit dem Kathodenabgas optimal erwärmt.

15 Gemäß einer weiteren Optimierung der Erfindung ist dem Spiralrohrwärmetauscher ein Plattenwärmetauscher vorgeschaltet, welcher von einer mit dem Spiralrohrwärmetauscher verbundenen Zuführleitung für das Oxidationsmittel, einer Zuführleitung zum Reformer und der kathodenseitigen Abführleitung durchsetzt ist. Wie im Zusammenhang mit Ausführungsbeispielen weiter unten noch näher erläutert, ergeben sich Vorteile durch die Hintereinanderschaltung von Platten- und Spiralrohrwärmetauscher.

20 Eine kompakte Bauweise sowie eine Minimierung der thermischen Masse wird insbesondere dadurch erreicht, dass die Hochtemperaturbrennstoffzelle, der Flammenbrenner samt Spiralrohrwärmetauscher und der Plattenwärmetauscher in kompakter Bauweise hintereinander angeordnet und von einer gemeinsamen Außenisolierung umschlossen sind.

25 Erfindungsgemäß kann die Energieerzeugungseinheit eine Spanneinrichtung aufweisen, welche außerhalb der Außenisolierung angeordnet ist und die einzelnen Komponenten der Einheit abdichtend vorspannt.

30 Die Erfindung wird im folgenden anhand von schematischen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

35 Fig. 1 eine erste Ausführungsvariante einer erfindungsgemäßen Energieerzeugungseinheit in einem Längsschnitt, sowie Fig. 2 eine zweite Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Energieerzeugungseinheit ebenfalls in einem Längsschnitt.

40 Der nachfolgend beschriebene Aufbau stellt ein hoch integriertes Hochtemperatur-Brennstoffzellensystem dar. Die Brennstoffzelle, beispielsweise eine Schmelzkarbonat-Brennstoffzelle (MCFC) oder eine Festoxid-Brennstoffzelle (SOFC) wird dabei mit einem flüssigen Kohlenwasserstoff (z.B. Diesel) als Kraftstoff betrieben.

45 Eine Brennstoffzelle setzt sich im Wesentlichen aus mehreren Einzelzellen zusammen, die aus Anode, Elektrolyt und Kathode bestehen, wobei die Anode mit dem Brennstoff und die Kathode mit einem Oxidationsmittel (z.B. Luft) versorgt werden muss. Unter den Begriff "Hochtemperaturbrennstoffzelle" fällt insbesondere auch eine Anordnung mehrerer derartiger Einzelzellen, welche zu einem Brennstoffzellen-Stack zusammengefasst sind.

50 Die in Fig. 1 dargestellte Energieerzeugungseinheit 1 weist zumindest eine Hochtemperaturbrennstoffzelle 2 (bzw. einen Brennstoffzellen-Stack) auf, welcher ein Reformer 3 zur Aufbereitung des Brennstoffes (z.B. Erdgas oder Diesel) für die Hochtemperaturbrennstoffzelle 2 vorgeschaltet ist. Die Hochtemperaturbrennstoffzelle 2 weist einen kathodenseitigen Anschluss 4, einen anodenseitigen Anschluss 5, eine kathodenseitige Abführleitung 6 für das Kathodenabgas und eine anodenseitige Abführleitung 7 für das Anodenabgas auf, wobei die Strömungswegen innerhalb der Hochtemperaturbrennstoffzelle nur schematisch angedeutet sind.

55 Der Reformer 3 ist in einer vorzugsweise zylindrischen Brennkammer 8 eines Flammenbren-

ners 9 angeordnet, wobei der Flammenbrenner 9 während der Startphase der Energieerzeugungseinheit 1 aktivierbar ist. Weiters ist die Brennkammer 8 des Flammenbrenners 9 zur Beaufschlagung des Reformers 3 mit dem Kathodenabgas der Hochtemperaturbrennstoffzelle 2 an deren kathodenseitige Abführleitung 6 angeschlossen. Der Flammenbrenner 9 weist eine die Brennkammer 8 umgebende Ringkammer 10 auf, wobei die Brennkammer 8 an der der Hochtemperaturbrennstoffzelle 2 zugewandten Seite Übertrittsöffnungen 11 in die Ringkammer 10 aufweist. In dieser Ringkammer 10 ist ein Spiralrohrwärmetauscher 12 angeordnet, welcher für die kathodenseitige Zufuhr der Luft zur Hochtemperaturbrennstoffzelle 2 dient.

Wie in Fig. 1 weiter dargestellt, ist dem Spiralrohrwärmetauscher 12 direkt ein Plattenwärmetauscher 13 vorgeschaltet, welcher Wärme zwischen dem kalten Oxidationsmittel (vorzugsweise Luft), das über die Zuführleitung 14 eintritt und dem heißen Kathodenabgas, das aus der äußeren Ringkammer 10 in den Plattenwärmetauscher 13 eintritt und über Abführleitung 19 das System verlässt, überträgt.

Der Plattenwärmetauscher 13 wird dabei entweder halbkreisförmig oder ringförmig ausgeführt, da die kathodenseitige Abführleitung 6 und die Zuführleitung 15 zum Reformer 3 durch den Wärmetauscher hindurchgeführt werden müssen, ohne am Wärmeaustausch teilzunehmen.

In allen Ausführungsvarianten sind die Hochtemperaturbrennstoffzelle 2, der Flammenbrenner 9 samt Spiralrohrwärmetauscher 12 und der Plattenwärmetauscher 13 in kompakter Bauweise direkt hintereinander angeordnet und von einer gemeinsamen Außenisolierung 16 umschlossen. Die Energieerzeugungseinheit 1 weist eine Spanneinrichtung auf (dargestellt sind nur die stirnseitigen Spannplatten 17), welche außerhalb der Außenisolierung 16 angeordnet ist und die einzelnen Komponenten 2, 9, 13 der Einheit abdichtend vorspannt.

Im stationären Betrieb der Energieerzeugungseinheit 1 wird dem System über die Leitung 14 gefilterte Umgebungsluft unter leichtem Überdruck zugeführt. Die Luftpumpe (nicht dargestellt) kann dabei in Fahrzeuganwendungen zweckmäßigerweise in der Nähe des Fahrzeugluftfilters angebracht werden. Da die Luft vor Eintritt in die Hochtemperaturbrennstoffzelle vorgewärmt werden muss, ist ein kombinierter Wärmetauscher vorgeschaltet. Der notwendige Wärmeaustausch erfolgt zuerst im Plattenwärmetauscher 13 dem der Spiralrohrwärmetauscher 12 nachgeschaltet ist. Die vorgewärmte Luft (500-700°C) strömt nun über die Kathode der Brennstoffzelle 2. Ein Teil des Sauerstoffs diffundiert dabei in Form von Sauerstoffionen über den Elektrolyten zur Anode, der restliche Anteil der zugeführten Luft nimmt die Abwärme der elektrochemischen Reaktion auf und kühlt somit die Brennstoffzelle 2. Die sauerstoffabgereicherte Luft strömt über die kathodenseitige Abführleitung 6 innerhalb der Isolierung 16 in die Brennkammer 8 des Flammenbrenners 9. Im stationären Betrieb der Brennstoffzelle strömt das Gas ohne Reaktion durch den Brenner 9 und über die Öffnungen 11 in die äußere Ringkammer 10 wo ein Wärmeaustausch mit der kalt zugeführten Luft im Spiralrohrwärmetauscher erfolgt. Durch eine Öffnung 18 im Plattenwärmetauscher 13 wird das Kathodenabgas gesammelt und gibt im Wärmetauscher 13 weitere Wärme an die kalte Zuluft ab. Die Ableitung des Kathodenabgases erfolgt über eine Leitung 19.

Die Ausführungsvariante gemäß Fig. 1 weist eine Rezirkulationsleitung 20 für das Anodenabgas auf, welche ausgehend von der Abführleitung 7 für das Anodenabgas zur Zuführleitung 15 des Reformers 3 führt, wobei stromaufwärts eines dem Reformer 3 vorgeschalteten Verdichters 21 ein Injektor 22 zum Einsprühen oder Einspritzen eines flüssigen Brennstoffes in das heiße Anodenabgas angeordnet ist. Flüssiger Brennstoff wird dem System über eine Pumpe (nicht dargestellt) und über die Kraftstoffversorgungsleitung 23 zugeführt. Durch die Rezirkulationsleitung 20 und den Verdichter 21 wird Anodenabgas der Brennstoffzelle 2 angesaugt. Dieses Gasgemisch besteht im Wesentlichen aus  $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$  und Resten von  $H_2$ ,  $CO$  und  $CH_4$  und eignet sich hervorragend als Trägermedium in dem flüssiger Diesel vollständig verdampft werden kann. Nach der Dieseleinsprühung durch den Injektor 22 in dieses Gasgemisch sinkt die Temperatur aufgrund der Verdampfungsenthalpie von Diesel von etwa 600°C auf 350°C. Da zur

Reformierung ein Oxidationsmittel benötigt wird, muss diesem Gasgemisch Luft über eine Rohrleitung 24 zudosiert werden. Diese Luft ist nicht vorgewärmt, somit kann die Temperatur des Gasgemisches weiter auf etwa 250°C gesenkt werden. Die Gaseintrittstemperatur in den Verdichter 21 liegt somit in einem Temperaturbereich, der die Verwendung von marktüblichen und verfügbaren Verdichtern (herkömmliche Verdränger- oder Rotationspumpen) ermöglicht. Das Gasgemisch wird (in Abhängigkeit des Förderprinzips des Verdichters) optimal homogenisiert und verlässt den Verdichter über die Zuführleitung 15. Im nachgeschalteten katalytischen Reformier 3 werden die langkettigen Kohlenwasserstoffe aufgespaltet und zu H<sub>2</sub>, CO und Reste von C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> reformiert. Dieses Gasgemisch kann nun direkt als Brennstoff der Brennstoffzelle 2 zugeführt werden. In der Brennstoffzelle reagiert H<sub>2</sub> mit dem von der Kathodenseite kommenden Sauerstoffionen unter Abgabe von Elektronen und Wärme. Durch diese Reaktion entsteht Wasser das mit Stickstoff und Kraftstoffresten über die anodenseitige Abführleitung 7 die Hochtemperaturbrennstoffzelle verlässt. Ein Teil dieses Abgases wird, wie oben beschrieben, über die Rezirkulationsleitung 20 wieder dem System zugeführt.

Die Energieerzeugungseinheit 1 ist von einer Hochtemperatur-Isolierung 16 umgeben. Durch die beiden Spannplatten 17 kann die zum Betrieb der Brennstoffzelle benötigte Spannkraft aufgebracht werden, wobei das Spannkonzep von der AT-B 413.009 abgeleitet ist und nun auf alle heißen Bauteile ausgeweitet wurde. Die großteils nicht dargestellten Förderaggregate und Dosierelemente der Energieerzeugungseinheit 1 sind außerhalb der Isolierung 16 in einem frischluftgekühlten Bereich angeordnet.

Die Ausführungsvariante gemäß Fig. 1 weist eine Schnittstelle zur Abgasnachbehandlung beim Einsatz in einem Fahrzeug mit einer Brennkraftmaschine auf. Das aus der anodenseitigen Abführleitung austretende Anodenabgas kann in bekannter Weise zur Abgasnachbehandlung der Brennkraftmaschine eingesetzt werden.

Mit der erfindungsgemäßen Energieerzeugungseinheit ist ein sehr einfacher und effizienter Start des Systems möglich. Kalte, gefilterte Luft wird über die Versorgungseinheit und die Zuführleitung 14 dem System zugeführt. Die Luft strömt durch die beiden Wärmetauscher 12, 13 und die Hochtemperaturbrennstoffzelle 2 in eine Verteilungskammer 25 der Brennkammer 8. Dort wird die Luft gleichmäßig über den Brennerquerschnitt verteilt und über Bohrungen in die Brennkammer 8 geführt. Dem Flammenbrenner 9 wird über die Kraftstoffversorgungsleitung 23 flüssiger Kraftstoff zugeführt und über eine Ringleitung 26 verteilt. Über eine elektrische Zündeinrichtung (nicht dargestellt) wird der flüssige Kraftstoff gezündet und eine Flamme stabilisiert. Die nun heiße Luft strömt weiter durch die Übertrittsöffnungen 11 in die äußere Ringkammer 10 und gibt Wärme über den Spiralrohrwärmetauscher 12 und den Plattenwärmetauscher 13 an die dem System zugeführte Luft ab. So kann die Brennstoffzelle 2 über einen einfachen Regelkreis kontrolliert auf Temperatur gebracht werden. Die Regelgröße dabei ist die Kraftstoffmenge. Der Luftmassenstrom ergibt sich über ein definiertes Kraftstoff/Luftverhältnis. Durch die thermische Kopplung der Brennkammer 8 mit dem katalytischen Brennstoffreformer 3 kann dieser sehr rasch auf Betriebstemperatur gebracht werden. Damit kann der Anodenkreis in Betrieb genommen werden und eine reduzierende Atmosphäre an der Anode hergestellt werden. Dies ist wichtig, um eine Nickeloxidation des Anodenkatalysators bei höheren Temperaturen zu vermeiden.

Die zweite in der Fig. 2 dargestellte Ausführungsvariante ist weniger stark in ein Fahrzeugsystem integriert. Es gibt hier keine Schnittstelle zur Abgasnachbehandlung. Vielmehr weist hier die Hochtemperaturbrennstoffzelle 2 eine anodenseitige Abführleitung 7 auf, welche innerhalb der Außenisolierung 16 durch den Plattenwärmetauscher 13 in die Brennkammer 8 des Flammenbrenners 9 führt, wobei in der Brennkammer 8 ein den Reformier 3 umfassender Oxidationskatalysator 27 angeordnet ist. Die nicht verbrauchten Brennstoffbestandteile des Anodenabgases werden in der Kammer 25 mit dem Kathodenabgas zusammengeführt und im Oxidationskatalysator 27 oxidiert. Die gasförmigen Produkte nach der katalytischen Umsetzung gelangen über die Öffnungen 11 in die Ringkammer 10 und verlassen das System über die mit 18

angedeuteten Räume im Plattenwärmetauscher 13 und die daran anschließende Leitung 19.

Der in der Brennkammer 8 des Flammenbrenners 9 angeordnete Reformer 3 weist einen rohrförmigen (Rohr in Rohr) Wärmetauscher 28 zur Vorwärmung des für die Reformierung benötigten Oxidationsmittels, vorzugsweise Luft, auf. Der rohrförmige Wärmetauscher 28 weist eine Mischkammer 29 auf, in welcher ein Einspritzelement 30 für den flüssigen Brennstoff angeordnet ist. Der flüssige Brennstoff wird in die vorgewärmte Luft der Mischkammer 29 eingespritzt und vollständig verdampft.

Die Erfindung wird durch folgende Vorteile ausgezeichnet:

- Sehr kompakte, einfache und leichte Bauweise;
- Die Brennerfunktion der Energieerzeugungseinheit kann unabhängig von der Brennstoffzelle betrieben werden, d.h., es kann zu jedem Zeitpunkt, sehr rasch innerhalb der Auslegungsgrenzen eine beliebige Menge thermischer Energie bereitgestellt werden;
- Durch das hoch integrierte System und die geringen zu erwärmenden Massen ist ein sehr rascher Start des Systems möglich;
- Der Anodenkreis kann sehr rasch in Betrieb genommen werden, da der Katalysator des Reformers über den Brenner vorgewärmt wird;
- Eine dynamische Entnahme von Reformatgas zur Abgasnachbehandlung ist möglich (siehe Variante Fig. 1);
- Während des Abschaltvorganges kann durch den Verdichter im Anodenkreislauf unter einer reduzierenden Umgebung abgekühlt werden, (keine Nickeloxidation) (siehe Variante Fig. 1);
- Durch Verschachtelung und Integration kann die thermische Masse des Systems minimiert werden;
- Die freie Oberfläche zur Umgebung ist minimal → Reduktion der Wärmeverluste;
- Durch Hintereinanderschaltung von Platten- und Spiralrohrwärmetauscher kann die maximale Temperaturdifferenz für den jeweiligen Wärmetauscher von 800°C auf 400°C herabgesetzt werden → Signifikante Senkung der Wahrscheinlichkeit von Spannungsrissen und Erhöhung der Lebensdauer der Wärmetauscher (Zusätzlich ergeben sich sehr geringer Druckverluste im Spiralrohrwärmetauscher);
- Die Zuführung der Gase und des Kraftstoffes erfolgt von einer Seite, die durch Gehäuse-spülung im kalten Bereich liegt → kein unkontrolliertes, vorzeitiges Verdampfen von Kraftstoff, Regelung aller Gase im kalten Zustand;
- Durch eine elektrische Zündvorrichtung ist ein unabhängiger Betrieb des Flammenbrenners von der Brennstoffzelle möglich → Start auch bei sehr niedrigen Temperaturen;
- Durch die zentrische Anordnung des Brennstoffreformers in der Brennkammer kann dieser nach Start des Brenners in kürzester Zeit auf Betriebstemperatur gebracht werden. Über den Brenner kann somit das gesamte System sehr effizient und rasch aufgeheizt werden;
- Der Kraftstoffreformer ist nach kürzester Zeit in der Lage Reformatgas zu produzieren und kann somit die Anode der Brennstoffzelle unter eine reduzierende Umgebung setzen → Vermeidung der Nickeloxidation;
- Durch die außerhalb der Isolierung liegende Spannvorrichtung kann die zum Betrieb der Brennstoffzelle notwendige Spannkraft problemlos aufgebracht werden;
- Alle Ventile und Förderaggregate liegen in einem mit Umgebungsluft gespülten Bereich außerhalb der Isolierung und unterliegen somit keiner thermischen Belastung;
- Für die Mischung und Aufbereitung von Kraftstoff, Luft und Anodenabgas steht genug Raum und Wärme zur Verfügung, dadurch kann die - für eine rußfreie und effiziente Reformierung notwendige - optimale Homogenisierung und Kraftstoffverdampfung sichergestellt werden;
- Durch den Anodenkreislauf kann die Anode bei der Abkühlphase der Brennstoffzelle permanent unter einer reduzierenden Atmosphäre gehalten werden → Vermeidung der Nickeloxidation (siehe Variante Fig. 1);
- Durch große Strömungsquerschnitte können die Druckverluste des Systems deutlich redu-

ziert werden → Erhöhung des Systemwirkungsgrades durch Reduktion der notwendigen Verdichterleistung;

- Durch sehr einfache Bauteile (Rohre, Schalen, Platten) und nicht notwendige aufwendige Fertigungstechnologien besteht das Potential von sehr niedrigen Herstellkosten einer Serienproduktion;
- Der Flammenbrenner ist der Brennstoffzelle in Strömungsrichtung nachgeschaltet, das heißt, während des Aufwärmens des Systems werden die Abgase des Brenners nicht über die Brennstoffzelle geführt, dem Stack wird mit Hilfe eines Wärmetauschers ausschließlich thermische Energie zugeführt.

### Patentansprüche:

1. Energieerzeugungseinheit (1) mit zumindest einer Hochtemperaturbrennstoffzelle (2), welcher ein Reformer (3) zur Aufbereitung des Brennstoffes für die Hochtemperaturbrennstoffzelle (2) vorgeschaltet ist, sowie mit einer kathodenseitigen Abführleitung (6), welche dem Reformer (3) thermische Energie zuführt, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Reformer (3) in einer vorzugsweise zylindrischen Brennkammer (8) eines Flammenbrenners (9) angeordnet ist, wobei der Flammenbrenner (9) während der Startphase der Energieerzeugungseinheit (1) aktivierbar ist, sowie dass die Brennkammer (8) des Flammenbrenners (9) zur Beaufschlagung des Reformers (3) mit dem Kathodenabgas der Hochtemperaturbrennstoffzelle (2) an deren kathodenseitige Abführleitung (6) angeschlossen ist.
2. Energieerzeugungseinheit (1) nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Flammenbrenner (9) eine die Brennkammer (8) umgebende Ringkammer (10) aufweist, wobei die Brennkammer (8) an der der Hochtemperaturbrennstoffzelle (2) zugewandten Seite Übertrittsöffnungen (11) in die Ringkammer (10) aufweist, sowie dass in der Ringkammer (10) ein Spiralrohrwärmetauscher (12) angeordnet ist, welcher für die kathodenseitige Zufuhr eines Oxidationsmittels, vorzugsweise Luft, dient.
3. Energieerzeugungseinheit (1) nach Anspruch 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass dem Spiralrohrwärmetauscher (12) ein Plattenwärmetauscher (13) vorgeschaltet ist, welcher zumindest von einer mit dem Spiralrohrwärmetauscher (12) verbundenen Zuführleitung (14) für das Oxidationsmittel, einer Zuführleitung (15) zum Reformer (3) und der kathodenseitigen Abführleitung (6) durchsetzt ist.
4. Energieerzeugungseinheit (1) nach Anspruch 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Hochtemperaturbrennstoffzelle (2), der Flammenbrenner (9) samt Spiralrohrwärmetauscher (12) und der Plattenwärmetauscher (13) in kompakter Bauweise hintereinander angeordnet und von einer gemeinsamen Außenisolierung (16) umschlossen sind.
5. Energieerzeugungseinheit (1) nach Anspruch 4, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Energieerzeugungseinheit (1) eine Spanneinrichtung (17) aufweist, welche außerhalb der Außenisolierung (16) angeordnet ist und die einzelnen Komponenten (2, 9, 13) der Einheit abdichtend vorspannt.
6. Energieerzeugungseinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, *dadurch gekennzeichnet*, dass eine Rezirkulationsleitung (20) für das Anodenabgas vorgesehen ist, welche ausgehend von einer Abführleitung (7) für das Anodenabgas zur Zuführleitung (15) des Reformers (3) führt, wobei stromaufwärts eines dem Reformer (3) vorgeschalteten Verdichters (21) ein Injektor (22) zum Einsprühen oder Einspritzen eines flüssigen Brennstoffes in das heiße Anodenabgas angeordnet ist.
7. Energieerzeugungseinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Hochtemperaturbrennstoffzelle (2) eine anodenseitige Abführleitung (7) aufweist,

welche in die Brennkammer (8) des Flammenbrenners (9) führt, wobei in der Brennkammer (8) ein den Reformer (3) umfassender Oxidationskatalysator (27) angeordnet ist.

- 5 8. Energieerzeugungseinheit (1) nach Anspruch 7, *dadurch gekennzeichnet*, dass der in der Brennkammer (8) des Flammenbrenners (9) angeordnete Reformer (3) einen rohrförmigen Wärmetauscher (28) zur Vorwärmung des für die Reformierung benötigten Oxidationsmittels, vorzugsweise Luft, aufweist.
- 10 9. Energieerzeugungseinheit (1) nach Anspruch 8, *dadurch gekennzeichnet*, dass der rohrförmige Wärmetauscher (28) eine Mischkammer (29) aufweist, in welcher ein Einspritzelement (30) für den flüssigen Brennstoff angeordnet ist.

### Hiezu 1 Blatt Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

