



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 602 16 875 T2 2007.10.18

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 306 639 B1

(51) Int Cl.⁸: F28D 9/00 (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: 602 16 875.9

(96) Europäisches Aktenzeichen: 02 023 760.8

(96) Europäischer Anmeldetag: 24.10.2002

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 02.05.2003

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 20.12.2006

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 18.10.2007

(30) Unionspriorität:
860 24.10.2001 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, IT

(73) Patentinhaber:
Modine Manufacturing Co., Racine, Wis., US;
Ballard Power Systems AG, 73230 Kirchheim, DE

(72) Erfinder:
Reinke, Michael j, Franklin, Wisconsin 53403, US;
Wattelet Jonathan, Gurnee, Illinois 60031, US;
Voss, Mark, Franksville, Wisconsin 53126, US;
Tischler, Alois, 84405 Dorfen, DE; Benz Uwe, 88690
Uhldingen Mühldorf, DE; Motzett, Bruno, 73235
Weilheim/Teck, DE; Weisser, Marc, 72175
Dornham, DE; Borst, Daniel, 72622 Nuertingen, DE

(54) Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zum Verdampfen von Brennstoff für Reformer eines Brennstoffzellensystems

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingeleitet, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**Gebiet der Erfindung**

[0001] Es wird auf Brennstoffzellensysteme des Typs Bezug genommen, die einen Reformer umfassen, der wasserstoffreiches Gas zur Verwendung in einer Brennstoffzelle aus einem flüssigen Brennstoff erzeugt, dessen Zusammensetzung Wasserstoff umfasst. Genauer gesagt betrifft die Erfindung die Verdampfung des Brennstoffs bevor dieser dem Reformer zugeführt wird.

Hintergrund der Erfindung

[0002] In den letzten Jahren wurde ein deutlich gesteigertes Interesse an Brennstoffzellen für die Erzeugung von elektrischem Strom beobachtet. Ein Gebiet, in dem das Interesse hoch ist, ist die Entwicklung von Antriebssystemen für Fahrzeuge. Wie es wohl bekannt ist, kombiniert eine typische Brennstoffzelle Wasserstoff und Sauerstoff, um Elektrizität zu erzeugen, die dann zum Antrieb eines Elektromotors verwendet werden kann, der wiederum zur Bereitstellung eines Antriebs für ein Fahrzeug verwendet werden kann.

[0003] Es wurde eine Reihe von Vorschlägen für Brennstoffzellensysteme gemacht, die einen sogenannten Reformer verwenden. Reformer sind chemische Reaktoren, die einen einkommenden Strom eines Kohlenwasserstoff enthaltenden oder Kohlenwasserstoff basierenden Materials entgegen nehmen und dieses mit Wasser reagieren, um einen Abfluss bereitzustellen, der reich an Wasserstoffgas ist. Dieses Gas, nachdem es weiter behandelt wurde, um es von Bestandteilen zu befreien, welche die Brennstoffzelle vergiften können, insbesondere von Kohlenmonoxid, wird dann der Anodenseite einer Brennstoffzelle bereitgestellt. Umgebungsluft wird der Kathodenseite der Brennstoffzelle bereitgestellt. Der Sauerstoff in der Luft und der Wasserstoff in dem Anoden-gas werden reagiert, um Wasser und Elektrizität zu erzeugen, die verwendet werden kann, um einen Verbraucher, wie zum Beispiel einen Elektromotor, mit Leistung zu versorgen.

[0004] Der Reformer muss den Brennstoff und das Wasser in Dampfform entgegennehmen. Wenn der Nachteil von Hochdruckbehältern vermieden werden soll, der mit einigen reinen Wasserstoffbrennstoffzellen verbunden ist, muss konsequenterweise ein Mittel bereitgestellt werden, um den Brennstoff in flüssiger Form in einem Tank zu transportieren, vergleichbar etwa mit Benzin- oder Dieselbrennstoftanks, zusammen mit den Mitteln, um das Wasser und den Brennstoff zu verdampfen, bevor diese dem Reformer zu geführt werden.

[0005] Im US Patent Nr. 5,249,624 ist zum Beispiel

ein zweistufiger zylindrischer Verdampfer beschrieben, mit dem ein flüssiger Massenstrom eines Reaktanten durch die Zufuhr von Wärmeenergie in einen gasförmigen Massenstrom des Reaktanten umgewandelt werden kann, und zwar basierend auf einer Funktion des Verbrauchs.

[0006] Die deutsche Offenlegungsschrift DE 41 37 756 A1 offenbart einen Kreuzstrommikrowärmetauscher, der plattenähnliche Folien umfasst, die übereinander gestapelt sind und eine Mehrzahl von sehr feinen parallel verlaufenden Nuten umfassen.

[0007] In dem US Patent Nr. 5,823,252 ist ein Verdampfer beschrieben, der eine verbesserte Dynamik bereitstellt und zur selben Zeit ein verringertes Konstruktionsvolumen benötigt. Dieser Verdampfer wird durch ein abwechselndes Stapeln von übereinander angeordneten Folien gebildet, die Wärmeaustauschkanäle haben und durch Folien, die Reaktionskanäle haben, welche in jedem Fall wenigstens eine erste und eine zweite Stufe in einer Folie integriert haben. Die erste Stufe ist als ein Kanal mit einer minimierten Querschnittsfläche konfiguriert, der direkt mit der Zuströmleitung verbunden ist. Die erste Stufe wird bei hohen Wärmeübertragungskoeffizienten betrieben. Der Gesamtquerschnitt der Reaktionskanäle in der zweiten Stufe erhöht sich in Richtung der Strömung.

[0008] Während für viele Nichtfahrzeuge Anwendungen die Frage des Verdampfens des Wassers und des Brennstoffs relativ einfach gehandhabt werden kann, ist das Problem dort viel schwieriger, wo bei der Erzeugung von Elektrizität durch die Brennstoffzelle eine schnelle Antwort auf eine Änderung in der elektrischen Belastung erwartet wird. Im Zusammenhang mit einem Fahrzeug bedeutet dies, dass die Brennstoffzelle sehr schnell auf Änderungen reagieren muss, die von dem Fahrer des Fahrzeugs durch Änderungen in der Position der Brennstoffzellenäquivalenz eines konventionellen Gaspedals vorgegeben werden.

[0009] Es wurde festgestellt, dass die Geschwindigkeit mit der die Brennstoffzelle auf eine vorgegebene Änderung reagiert, von der Masse an Wasser und Brennstoff in dem Verdampfer abhängt, der dem Reformer verdampftes Wasser und Brennstoff zuführt. Je größer die Masse von Brennstoff und Wasser in dem Verdampfer ist, umso länger ist die Antwortzeit. Dementsprechend wurde festgestellt, dass in Brennstoffzellensystemen die Anwendungen vorsehen, welche eine schnelle Antwort auf eine Zustandsänderung benötigen, die Masse an Brennstoff und Wasser in dem Verdampfer bei einem absoluten Minimum gehalten werden muss. Um diese Anforderung zu erfüllen ist es sehr wünschenswert, dass die Brennstoff- und Wasserseite des Verdampfers ein möglichst kleines Volumen hat.

[0010] In Fahrzeuganwendungen ist es ebenfalls sehr wünschenswert, dass der Gesamtverdampfer hinsichtlich Volumen und Gewicht so klein wie möglich ist. Größe und Gewicht sind sehr nachteilig, da Gewicht die Gesamtbrennstoffeffizienz des Fahrzeugs reduziert und Größe die Transportkapazität des Fahrzeugs bis zu dem Punkt reduziert, dass es praktisch nicht möglich ist, ein Fahrzeug bereitzustellen, dass mit konventionell angetriebenen Fahrzeugen in heutigen Anwendungsfällen konkurrieren kann. Es ist ebenfalls wünschenswert eine sehr kurze Hochfahrzeit des Systems zu erreichen.

[0011] Die vorliegende Erfindung ist auf das Überwinden von einem oder mehreren der oben genannten Probleme gerichtet.

Zusammenfassung der Erfindung

[0012] Es ist ein prinzipielles Ziel ein Brennstoffzellensystem des Reformertyps bereitzustellen und insbesondere einen verbesserten Brennstoffverdampfer zur Verwendung in einem Reformerbrennstoffsyste. Es ist ein Ziel der Erfindung ein neues und verbessertes Verfahren zum Verdampfen von Brennstoff zur Verwendung in einem Brennstoffsyste des Typs bereitzustellen, der einen Reformer umfasst.

[0013] Gemäß einem Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zum Verdampfen von flüssigem Brennstoff und Wasser bereitgestellt, bevor diese einem Reformer in einem Brennstoffzellensystem zugeführt werden. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte:

- Verursachen, dass ein Ström von heißem Fluid einen Fließpfad durchquert, so dass das Fluid an dem Beginn des Strömungsweges bei maximaler Temperatur ist und an einer Stelle stromabwärts des Beginns des Strömungsweges bei einer niedrigeren Temperatur ist,
- Verdampfen des flüssigen Wassers und des Brennstoffs, in dem flüssiges Wasser und flüssiger Brennstoff in wärmetauschender Beziehung mit dem Strom von heißem Fluid an dem Beginn dieses Stroms gebracht werden und indem das Wasser und der Brennstoff parallel mit dem Strom und in wärmetauschender Beziehung damit zu der stromabwärtsigen Stelle geführt werden; und anschließend
- Führen des verdampften Wassers und Brennstoffs in wärmetauschender Beziehung und in Gegenstrom mit dem Strom von heißem Fluid zurück zu dem Beginn und aus dem Kontakt mit dem Strom von Wasser und Brennstoff, der während der Durchführung von Schritt b) stattfindet, um das verdampfte Wasser und den Brennstoff zu überhitzen. Die Schritte a, b und c werden in einem kontinuierlichen Betrieb durchgeführt.

[0014] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform erfolgt nach Schritt c) der Schritt des Richtens des

verdampften und überhitzten Wassers und Brennstoffs zu einem Reformer in einem Brennstoffzellensystem.

[0015] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist der Brennstoff Methanol.

[0016] Gemäß einem weiteren Aspekt wird auf ein Brennstoffzellensystem Bezug genommen, dass ein Brennstoffreservoir umfasst, um flüssigen Brennstoff für eine Brennstoffzelle zu speichern, eine Brennstoffzelle, um den Brennstoff zu verbrauchen und um daraus Elektrizität zu erzeugen, und einen Brennstoffreformer, der mit der Brennstoffzelle verbunden ist, um derselben den Brennstoff bereitzustellen, damit dieser verbraucht werden kann. Der Brennstoffreformer empfängt Brennstoff in einem verdampften Zustand. Ein Brennstoffverdampfer ist zwischen dem Brennstoffreservoir und dem Brennstoffreformer angeordnet, um flüssigen Brennstoff von dem Brennstoffreservoir zu empfangen und den flüssigen Brennstoff in den verdampften Zustand zu überführen, um ihn dem Brennstoffreformer zuzuführen. Der Brennstoffverdampfer umfasst einen Wärmetauscher, der einen Einlass für heißes Fluid hat, einen Auslass für heißes Fluid und einen Kern, der den Einlass und den Auslass miteinander verbindet. Der Kern hat alternierende Kanäle für heißes Fluid und erstreckt sich zwischen dem Einlass für heißes Fluid und dem Auslass für heißes Fluid in wärmetauschender Beziehung mit Passagen für flüssigen/verdampften Brennstoff. Die Kanäle für heißes Fluid sind jeweils durch zwei länglich beabstandete, im Wesentlichen parallele Leisten, eine Rippe oder Rippen zwischen den Leisten, welche sich entlang der Längen derselben erstrecken und zwei separaten Platten gebildet, die mit den Leisten und der Rippe (Rippen) verbunden sind und diese sandwichartig umfassen. Der Wärmetauscher umfasst weiter einen Einlass für flüssigen Brennstoff und einen Auslass für verdampften Brennstoff. Jede der Passagen für flüssigen/verdampften Brennstoff erstreckt sich zwischen dem Einlass für flüssigen Brennstoff und dem Auslass für verdampften Brennstoff und umfasst einen gewellten Abstandhalter, der zwischen im Wesentlichen parallelen Leistenbereichen und Trennplatten eingerichtet ist, welche an dem Abstandselement angebracht sind und diesen sandwichartig umfassen, um eine Mehrzahl von Strömungsanschlüssen zu definieren, die einen relativ kleinen hydraulischen Durchmesser haben.

[0017] In einem Beispiel sind die meisten, jedoch nicht alle, der Trennplatten innerhalb des Kerns angeordnet und jede derartige Trennplatte gehört zu benachbarten der Kanäle für heißes Fluid und der Passagen für flüssigen/verdampften Brennstoff.

[0018] In einem bevorzugten Beispiel sind die Rippe oder die Rippen vom Lance-Offset Typ.

[0019] In einem Beispiel sind die Leisten, die Leistenabschnitte, die Rippen vom Lance-Offset Typ, die Trennplatten und die gewellten Abstandselemente miteinander durch ein Lötmetall verbunden.

[0020] Ein bevorzugtes Beispiel sieht vor, dass der Kern ein Stapel von Leisten, Leistenabschnitten, Rippen vom Lance-Offset Typ, Trennplatten und gewellten Abstandselementen ist, die angeordnet sind, um die alternierenden Kanäle für heißes Fluid in wärmetauschender Beziehung mit den Passagen für flüssigen/verdampften Brennstoff definieren.

[0021] Ein bevorzugtes Beispiel sieht ebenfalls vor, dass die gewellten Abstandselemente in mehreren Bereichen vorliegen und das die Leistenabschnitte in Bezug auf die gewellten Abstandselementbereiche angeordnet sind, um Mehrfachdurchgang-Passagen für flüssigen/verdampften Brennstoff zu definieren, wobei wenigstens ein Durchgang der Mehrfachdurchgang-Passagen für flüssigen/verdampften Brennstoff in Gegenstrombeziehung mit den Passagen für heißes Fluid ist.

[0022] In einem Beispiel ist zumindest ein Durchgang der Mehrfachdurchgang-Passagen für flüssigen/verdampften Brennstoff in Gleichstrombeziehung zu den Passagen für heißes Fluid.

[0023] Bevorzugt ist der eine Durchgang mit dem Auslass für verdampften Brennstoff verbunden und der andere Durchgang der Mehrfachdurchgang Passagen für flüssigen/verdampften Brennstoff ist mit dem Einlass für flüssigen Brennstoff verbunden.

[0024] In einem besonders bevorzugten Beispiel ist die Querschnittsfläche des einen Durchgangs, der mit dem Auslass verbunden ist größer als die Querschnittsfläche des Durchgangs der mit dem Einlass verbunden ist.

[0025] Vorzugsweise ist der Einlass für heißes Fluid und der Auslass für heißes Fluid jeweils pyramidenförmig und hat eine offene Basis, die mit dem Kern verbunden ist.

[0026] Die Erfindung sieht auch ein Brennstoffverdampfungssystem zur Verwendung in einem Brennstoffzellenantriebssystem vor, welches eine Quelle von flüssigem Brennstoff umfasst, eine Quelle für Wasser und eine Quelle für Fluid mit einer erhöhten Temperatur. Außerdem ist ein Wärmetauscher zum Verdampfen von Brennstoff und Wasser enthalten und zum Liefern des resultierenden Dampfes zu einem Reformer. Der Wärmetauscher hat einen Einlass für das Fluid und einen Auslass für das Fluid, der von dem ersten beabstandet ist. Der Einlass ist mit der Fluidquelle verbunden. Eine Mehrzahl von Fluidfließpfaden erstreckt sich zwischen dem Fluideinlaß und dem Fluidauslass und hat stromaufwärtige En-

den an dem Fluideinlaß und stromabwärtige Enden an dem Fluidauslass. Ein Brennstoff/Wassereinlass und ein Brennstoff/Wasserauslass, welcher von dem Brennstoff/Wassereinlass beabstandet ist, ist durch eine Mehrzahl von Brennstoff/Wasserfließpfaden verbunden, die in wärmetauschender Beziehung mit den Fluidfließpfaden sind. Der Brennstoff/Wassereinlass ist mit den Brennstoff- und Wasserquellen verbunden und benachbart der stromaufwärtigen Enden der Fluidströmungspfade angeordnet.

[0027] Die Brennstoff/Wasserfließpfade sind Mehrfachdurchgangsfließpfade, wobei einer der Brennstoff/Wasserfließpfade, der sich am weitesten stromaufwärts befindet im Gleichstrom mit den Fluidfließpfaden fließt und einer der Brennstoff/Wasserfließpfade, der sich am weitesten stromabwärts befindet fließt im Gegenstrom mit den Fluidfließpfaden.

[0028] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist der Wärmetauscher ein Plattenwärmetauscher, der einen Stapel von separaten Platten umfasst, die eine Konfiguration von Fluidfließpfaden und Brennstoff/Wasserfließpfaden in alternierender Beziehung definieren, und wobei Verwirbelungselemente in den Fluidfließpfaden angeordnet sind.

[0029] Eine Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass die Brennstoff/Wasserfließpfade abgeflacht sind und eine Hauptabmessung und eine Nebenabmessung haben, wobei die Nebenabmessung 1,0 mm oder weniger beträgt. Vorzugsweise beträgt die Nebenabmessung etwa 0,5 mm.

[0030] Andere Ziele und Vorteile werden aus der folgenden Beschreibung hervorgehen, die in Verbindung mit den zugehörigen Figuren zu lesen ist.

Beschreibung der Zeichnungen

[0031] [Fig. 1](#) ist eine schematische Darstellung eines typischen Brennstoffzellensystems des Typs, der einen Reformer verwendet, mit dem der Brennstoffverdampfer verwendet werden kann;

[0032] [Fig. 2](#) ist eine perspektivische Ansicht eines Brennstoffverdampfers;

[0033] [Fig. 3](#) ist eine Draufsicht auf die Struktur von brennstoffseitigen Passagen, die in dem Verdampfer verwendet werden;

[0034] [Fig. 4](#) ist eine vergrößerte, geschnittene Ansicht, ungefähr entlang der Linie 4-4 in [Fig. 3](#) gesehen;

[0035] [Fig. 5](#) ist eine ähnliche Ansicht wie [Fig. 3](#), aber von der Heißgasseite des Verdampfers gesehen;

[0036] [Fig. 6](#) ist eine vergrößerte, teilgeschnittene Ansicht und ungefähr entlang der Linie 6-6 in [Fig. 5](#) gesehen;

[0037] [Fig. 7](#) ist eine perspektivische Ansicht einer typischen Rippenkonstruktion des Lance-Offset Typs, die in der Heißgasseite des Verdampfers verwendet werden kann;

[0038] [Fig. 8](#) ist eine Explosionsansicht eines Teils eines Kerns eines Verdampfers;

[0039] [Fig. 9](#) ist eine Draufsicht auf ein alternatives Beispiel der Struktur der brennstoffseitigen Passagen; und

[0040] [Fig. 10](#) ist eine Draufsicht auf noch ein weiteres alternatives Beispiel der Struktur der brennstoffseitigen Passagen.

Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

[0041] Im Folgenden wird eine beispielhafte Ausführungsform der Erfindung in der beabsichtigten Verwendungsumgebung in einem Fahrzeug beschrieben, wobei die Ausführungsform Methanol als Wasserstoff enthaltende Flüssigkeit verwendet, die mit Wasser kombiniert wird, um ein wasserstofffreies Gas zur Verwendung in der Brennstoffzelle zu erzeugen. Methanol ist ein bevorzugter Brennstoff, da es leicht in das Anodengas reformiert werden kann. Allerdings sollte es klar sein, dass die Erfindung wirksam in Nichtfahrzeugwendungen eingesetzt werden kann, insbesondere wo eine schnelle Antwort auf eine Laständerung benötigt wird. Der Verdampfer kann auch in anderen Brennstoffzellensystemen des Reformertyps verwendet werden, die einen anderen flüssigen Brennstoff als Methanol verwenden, wie zum Beispiel Ethanol, Benzin, Diesel, etc. Folglich soll die Erfindung nicht auf Fahrzeugsysteme oder Systeme des Methanoltyps begrenzt angesehen werden, wenn dies nicht explizit in den beigefügten Ansprüchen so angegeben ist.

[0042] Nun Bezug nehmend auf [Fig. 1](#) ist ein Typ eines Brennstoffzellensystems dargestellt, dass einen Reformer verwendet. Dieses System ist insbesondere dazu gedacht in einem Fahrzeug eingesetzt zu werden, aber es kann vorteilhaft in anderen Umgebungen verwendet werden.

[0043] Das System umfasst eine Brennstoffzelle **10** mit einer Vorrichtung für einen Anodengaseinlassstrom an einer Leitung **12**. Das Anodengas wird typischerweise Wasserstoff sein, Kohlendioxid und Wasserdampf.

[0044] Die Brennstoffzelle umfasst auch eine Einlassleitung **14**, die zu der Kathodenseite der Brennstoffzelle führt und durch welche ein sauerstoffreicher

Strom empfangen wird. Üblicherweise ist dieser Strom Luft.

[0045] Die Brennstoffzelle umfasst auch eine Kühlslleife, allgemein mit **16** bezeichnet, wie es wohl bekannt ist.

[0046] Das Kathodenabgas wird über eine Leitung **18** ausgegeben, welche evtl. zu einem Wassertank oder Reservoir **20** führt. Dies bedeutet, dass Wasser, welches das Produkt der chemischen Reaktion innerhalb der Brennstoffzelle **10** ist, dem Wassertank **20** für eine spätere Wiederverwendung in dem Reformprozess bereitgestellt wird.

[0047] Zusätzlich zu dem Wassertank **20** umfasst das System einen Brennstoftank **24**, welcher in dem abgebildeten System Methanol enthält. Pumpen **26**, die während des Hochfahrens elektrisch durch Batteriestrom angetrieben werden oder während des Betriebs durch die Elektrizität, die durch die Brennstoffzelle **10** erzeugt wird, dosieren Wasser und Methanol in einem gewünschten Verhältnis separaten Einlässen zu oder einem gemeinsamen Einlass eines Brennstoffverdampfers **28**. Die Wasser/Methanolmischnung wird verdampft und über eine Leitung **30** zu dem Einlass eines Reformers und katalytischen Brenners **32** ausgegeben. Der Reformer und katalytische Brenner **32** führt wiederum Reformat (Wasserstoff, Wasser, Kohlenmonoxid und Kohlendioxid) über eine Leitung **34** zu einem Gasreinigungsreaktor **36** zu, wo der Kohlenmonoxidehalt des Gases bis zu dem Punkt reduziert wird, wo er die Brennstoffzelle **10** nicht vergiftet wird. Der Gasreinigungsreaktor **36** gibt sein Gas über die Einlassleitung **12** zu der Anode der Brennstoffzelle **10** ab.

[0048] Das System umfasst auch eine Abgasleitung **38**, über welche Abgas ausgegeben wird. Das Abgas wird über einen Kompressor/Expander **44** entspannt und als Abgas ausgegeben. Eine Rückführleitung **46** für heißes Gas kann ebenfalls bereitgestellt werden.

[0049] Von der Brennstoffzelle **10** erzeugte elektrische Energie wird während des Betriebs verwendet, um Pumpen, Motoren etc. innerhalb des Systems anzureiben, sowie um elektrische Energie für die durch das System angetriebene Last bereitzustellen. Für das Hochfahren kann Batteriestrom verwendet werden. In dem Falle eines Fahrzeugantriebssystems wird die Last typischerweise ein Motor sein, der mit dem Antriebssystem des Fahrzeugs verbunden ist.

[0050] Bezug nehmend auf [Fig. 2](#) ist eine bevorzugte Form eines Brennstoffverdampfers **28** dargestellt. Derselbe umfasst einen Kern **50**, der aus einer Serie von Platten, Leisten, Abstandelementen und Kühlrippen aufgebaut ist, die im Folgenden detaillierter beschrieben werden. Diese Komponenten definieren einen Brennstoff/Wasserfließpfad durch den Verdampf-

fer, welcher schematisch durch einen Pfeil 52 angezeigt ist. Ein Einlass für flüssigen Brennstoff zu dem Fließpfad 52 wird durch einen Kopf 54 und ein Rohr 56 mit relativ kleinem Durchmesser bereitgestellt, das mit dem Kopf verbunden ist. Ein ähnlicher Kopf (nicht gezeigt) trägt ein Rohr 58 mit großem Durchmesser, welches als ein Auslass für den verdampften Brennstoff dient. Der Größenunterschied der Rohre 56 und 58 wird durch die Tatsache bedingt, dass die Brennstoff- und Wassermischungen in das Rohr 56 als eine Flüssigkeit eintritt und somit in einer relativ größeren Dichte vorliegen als der Brennstoff, der durch das Auslassrohr 58 austritt, welcher nämlich in verdampfter Form vorliegt. Folglich hat das Auslassrohr 58 eine größere Querschnittsfläche, um einen großen Druckabfall aufgrund der größeren Volumenfließrate an dem Auslassrohr 58 zu vermeiden.

[0051] Der Kern 50 hat entgegengesetzte Enden 60 und 62. Das Ende 60 ist ein Einlassende und umfasst einen Einlasskopf 64. Das Ende 62 ist ein Auslassende und umfasst einen Auslasskopf 66.

[0052] Der Kopf 64 ist angeschlossen, um heißes Gas von dem Reformer und dem katalytischen Brenner 32 zu empfangen ([Fig. 1](#)) und es durch Fluidfließpassagen für heißes Gas zu leiten, die in wärmetauschender Beziehung mit dem Fließpfad 50 sind, welcher ebenfalls in der Form einer Mehrzahl von Passagen vorliegt. Wie gesehen werden wird, ist der Kern 50 ein Stapel der zuvor erwähnten Komponenten, die alternierende Brennstoff/Wasserfließpfade und Fließpfade für heißes Gas definieren. Es soll angemerkt werden, dass die Einlass- und Auslassköpfe 64, 66 für das heiße Gas vorzugsweise pyramidenförmig sind und eine runde Öffnung 68 an ihren Spitzen haben und eine entgegengesetzte, offene Basis (nicht abgebildet) die in Fluidkommunikation mit Fluidfließpfaden für heißes Gas (nicht abgebildet) innerhalb des Kerns 50 sind.

[0053] Bezug nehmend auf [Fig. 3](#) ist ein typischer Unterzusammenbau der Brennstoffseite dargestellt, der eine Struktur bildet, die einen Methanol/Wasserfließpfad definiert. Derselbe umfasst eine T-förmige Leiste 70, die ein oberes Ende 72 des T's hat und eine aufrechte Leiste 74. Die Leiste 74 erstreckt sich zwischen zwei Leisten 76 und 78, die parallel sind und sich im Wesentlichen entlang der Länge des Kerns 50 erstrecken ([Fig. 2](#)), mit Ausnahme einer relativ kleinen Unterbrechung oder eines Spalts 80 zwischen der Leiste 78 und der Oberseite 72 des T's, welcher mit dem Einlassverteiler 54 ausgerichtet ist und einer relativ größeren Unterbrechung oder eines Spalts 82 an dem Ende der Leiste 76 benachbart zu der Oberseite 72 des T's 70, welche mit dem Methanol/Wasserauslassverteiler (nicht abgebildet) ausgerichtet ist, welcher wiederum mit dem Auslassrohr 58 verbunden ist.

[0054] An dem Ende der Leiste 76 und 78, entfernt von der Oberseite 72 des T's 70 ist eine Quersleiste 84 angeordnet, um somit das Ende abzudichten.

[0055] Zwischen den Leisten 70, 76, 78 und 84 ist ein gewelltes Abstandselement, allgemein mit 86 bezeichnet, das aus einer Mehrzahl von Abstandselementbereichen 88 aufgebaut ist, welche die in [Fig. 3](#) gezeigte Konfiguration aufweisen, eingerichtet. In mehreren Fällen, wie zum Beispiel bei 90 gezeigt, sind Lücken zwischen benachbarten Abstandselementbereichen 88 angeordnet und kleine Streifen 92 können an der Leiste 74 sowie an den Leisten 76 und 78 vorgesehen sein, um die Lücken 90 beizubehalten.

[0056] [Fig. 4](#) ist ein Querschnitt, gesehen ungefähr entlang der Linie 4-4 in [Fig. 3](#), und zeigt das gewellte Abstandselement 86. Das Abstandselement 86 erstreckt sich zwischen den Leisten 76 und 78 (sowie auch der Leiste 74, die in [Fig. 4](#) nicht abgebildet ist) und ist sandwichartig an dieser Stelle durch Trennplatten 94 umfasst, die in [Fig. 3](#) nicht dargestellt sind. Das Abstandselement 86 ist mit den Trennplatten 94 zum Beispiel durch eine Lötverbindung verbunden. Das Abstandselement 86 dient als eine interne Rippe und kann geschlitzt sein, vom Lance-Offset Typ sein, ein Fischgrätmuster haben oder jegliche andere Konfiguration haben, die es erlaubt sie mit den Trennplatten 94 zu verbinden.

[0057] Im üblichen Fall werden korrosionsbeständige Materialien, wie zum Beispiel Edelstahl oder Inconel, verwendet, um den korrosiven Wirkungen der Brennstoff – Wassermischung zu widerstehen, die durch den Spalt 80 von dem Kopf 54 zu geführt wird. Als eine Konsequenz wird eine Mehrzahl von Fließanschlüssen oder Passagen 96 zwischen benachbarten Wellen der Abstandselemente 86 geformt, die einen Brennstoffpfad in der Richtung, die in [Fig. 3](#) mit den Pfeilen 98 angedeutet ist, bereitstellen.

[0058] Es soll angemerkt werden, dass die Leiste 74 nicht an der Oberseite 72 des T's 70 zentriert ist, sondern vielmehr so angeordnet ist, um dieselbe an einer Stelle etwa 10% bis 50% des Abstands von dem Spalt 80 zu dem Spalt 82 zu schneiden. Dies bietet ein Minimum an Strömungswiderstand für die Brennstoff/Wassermischung, während sie verdampft und als Ergebnis daraus eine Volumenvergrößerung erfährt.

[0059] Um die Masse an Brennstoff, die sich in der Brennstoffpassage 52 befindet zu minimieren, wobei [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) nur eine einzelne Passage zeigen, beträgt die Höhe des Einlasses 1,0 mm oder weniger und vorzugsweise etwa 0,5 mm. Dies bietet einen kleinen hydraulischen Durchmesser für die Anschlüsse 96, der typischerweise in der Größenordnung von 0,49 mm sein wird. Allerdings kann, wenn eine Ver-

ringering in der Antwortzeit tolerierbar ist, der hydraulische Durchmesser vergrößert werden. Die untere Grenze des hydraulischen Durchmessers wird von der benötigten Massenstromrate für ein gegebenes System abhängen, dem tolerierbaren Druckabfall, der gesamten freien Strömungsfläche, die für die Brennstoffströmung bereitgestellt wird und anderen ähnlichen Faktoren.

[0060] Die Spalten **90** betragen in der Strömungsrichtung zwischen 1 und 3 mm und der Abstand benachbarter Spalten **90** beträgt zwischen 20 und 30 mm. Die Spalten **90** bieten eine Wiederverteilung der Strömung und helfen beim Reduzieren von ungewünschten Druckschwankungen in der Strömung. Die äußereren Durchmesser des Zusammenbaus sind in [Fig. 3](#) dargestellt.

[0061] Es sollte erkannt werden, dass während der Unterzusammenbau der Brennstoffseite als eine hergestellte Struktur beschrieben wurde, die aus Trennelementen, Leisten und gewellten Abstandselementen aufgebaut ist, auch die Verwendung von extrudierten Strukturen angedacht werden könnte, um jeden zuvor beschriebenen Durchgang bereitzustellen, wenn der gewünschte relativ kleine hydraulische Durchmesser für ein gegebenes System erreicht werden kann.

[0062] Nun Bezug nehmend auf [Fig. 5](#) ist ein typischer Unterzusammenbau dargestellt, der die Fließpassage des heißen Gases definiert. Derselbe umfasst beabstandete, parallele Leisten **100**, **102**, zwischen denen eine Rippe des Lance-Offset Typs eingerichtet ist, die allgemein mit **104** bezeichnet ist, und als ein Verwirbelungselement für das heiße Gas dient. [Fig. 6](#) zeigt abschnittsweise die Rippe des Lance-Offset Typs **104** zwischen zwei Trennplatten **94** (die identisch mit den Trennplatten **94** aus [Fig. 4](#) sind) und sie kann mit denen in [Fig. 4](#) gezeigt in den meisten Fällen gleich sein, wie beschrieben werden wird. Die Rippe **104** ist zwischen den Trennplatten **94** sandwichartig umfasst und mit diesen verlötet. Die Höhe der Rippe vom Lance-Offset Typ beträgt in der dargestellten Ausführungsform 3,4 mm. Obwohl Rippen vom Lance-Offset Typ aus dem Stand der Technik bekannt sind, zeigt [Fig. 7](#) eine perspektivische Ansicht einer solchen Rippe. In der bevorzugten Ausführungsform ist die Rippe, wie zuvor erwähnt, 3,4 mm hoch mit einer Rippendichte von **9** Rippen pro Zentimeter. Die Gesamtabmessungen des Unterzusammenbaus der heißen Gasseite, der die Fluidfließpassagen definiert, sind in [Fig. 5](#) dargestellt und identisch zu denen, die in [Fig. 4](#) gezeigt sind.

[0063] [Fig. 8](#) ist eine Explosionsansicht eines Teils eines Stapels von alternierenden Unterzusammenbauten, wie sie in [Fig. 3](#) und [Fig. 5](#) gezeigt sind, und den Kern **50** ausbilden.

[0064] Um den Zusammenbau zu erleichtern, sind außerdem Lötfolienstreifen **106** vorgesehen und so angeordnet, um eine Trennplatte **94** jeweils sandwichartig zu umfassen, mit der Ausnahme der obersten und untersten Trennplatten **94** in dem Stapel, der den Kern **50** definiert ([Fig. 2](#)). Die Lötfolienlagen **106** werden in dem endgültigen Zusammenbau nicht selbst sichtbar sein, obwohl die Rückstände des Lötmaterials derselben vorhanden sein werden. Falls gewünscht können andere Mittel verwendet werden, um Lötmetall an gewünschten Stellen zu platzieren, wie zum Beispiel eine Pulverbeschichtung, die Verwendung von mit Lötmaterial verkleideten Folien und ähnlichem.

[0065] Von oben nach unten wird eine Trennplatte **94** bereitgestellt, gefolgt von einer Lötfolienlage **106**. Dies wird wiederum von einem Zusammenbau der Leisten **70**, **74**, **76**, **78** gefolgt, mit dem gewellten Einsatz **86**, der zwischen denselben eingerichtet ist, wie es zuvor erwähnt wurde. Diese Struktur wird dann von einer Lötfolienlage **106** gefolgt, einer Trennplatte **94**, einer weiteren Lötfolienlage **106**, und dann Leisten **100**, **102**, wobei die Rippe **104** zwischen denselben eingerichtet ist. Diese Struktur wird wiederum von einer Lötfolienlage **106** gefolgt, einer Trennplatte **94** und einer weiteren Lötfolienlage **106**, welche wiederum von einem weiteren der Zusammenbauten der Leisten **70**, **74**, **76**, **78** gefolgt wird, wobei das gewellte Abstandselement **86** dazwischen eingerichtet ist. Dies wird wiederum von einer Lötfolienlage **106** gefolgt, einer Trennplatte **94**, einer weiteren Lötfolienlage **106** und den Leisten **100** und **102**, wobei die Rippe **104** zwischen denselben eingerichtet ist. Diese Konstruktion wird wiederholt bis die gewünschte Höhe des Stapels praktisch vollständig ist, zu welchem Zeitpunkt der letzte Satz von Leisten und Abstandselementen **86** für die Rippe **104** an Ort und Stelle ist, welche wiederum von einer weiteren Lötfolienlage **106** gefolgt werden und einer unteren Trennplatte **94**.

[0066] Um den Zusammenbau zu vereinfachen erstreckt sich eine Befestigungslasche **110** über den Spalt **82** zwischen der Oberseite **72** des T's **70** und dem benachbarten Ende der Leiste **76**. Eine ähnliche Befestigungslasche **112** erstreckt sich über den Spalt **80** zwischen der Leiste **76** und der Oberseite **72** des T's. In einer ähnlichen Weise erstrecken sich Befestigungslaschen **114** zwischen den Leisten **100** und **102** an dem Einlassende des Unterzusammenbaus der Fluidfließpassage, während sich eine ähnliche Befestigungslasche **116** zwischen den entgegengesetzten Enden der Leisten **100**, **102** erstreckt. Die Befestigungslaschen **110**, **112**, **114**, **116** werden entfernt, wie zum Beispiel durch maschinelle Bearbeitung oder abgeschnitten, nachdem der gesamte Kern **50** zusammengelötet wurde.

[0067] Zusätzlich zu den zuvor gegebenen Abmes-

sungen sind typische Abmessungen für die Trennplatten **94** und die Lötfolienlagen **106** (oder Verkleidungen oder Beschichtungen, wenn diese anstelle der Lagen verwendet werden) wie folgt. Die äußeren Abmessungen sind üblicherweise dieselben, wie die der Unterzusammenbauten, die in [Fig. 3](#) und [Fig. 5](#) gezeigt sind. Typischerweise werden die Lötfolienlagen **106** eine Dicke in dem Bereich von etwa 0,01 bis 0,05 mm haben, vorzugsweise 0,02 mm, während die Trennplatten **94** eine Dicke von 0,2 mm haben werden. Ein Druckwiderstand wird durch die Tatsache bereitgestellt, dass der Kamm bzw. Spitze von sowohl den gewellten Abstandselementen **86** als auch der Rippe vom Lance-Offset Typ **104** mit den Trennplatten **94** verlötet ist.

[0068] Wenn die Befestigungslaschen entfernt sind, werden die Köpfe **54**, **64** und **66** sowie der Wasser/Methanolauslasskopf (nicht abgebildet) mit dem Kern **50** an den zuvor erwähnten Stellen verschweißt.

[0069] Im üblichen Fall wird eine Wasser- und Methanolmischung durch die Einlassröhre **56** eingeführt, d.h. durch einen einzelnen Einlass. Es soll jedoch verstanden werden, dass, falls gewünscht, mehrere Einlässe verwendet werden können. Es sollte ebenfalls verstanden werden, dass es möglich ist den Verdampfer zu verwenden, um nur den wasserstoffhaltenden Brennstoff zu verdampfen und nicht das Wasser, welches in einem separaten Verdampfer verdampft werden kann, wobei die Auslassströme dann vor ihrer Zuführung zu dem Reformer **32** kombiniert werden.

[0070] Alternative Beispiele der brennstoffseitigen Struktur sind in den [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) dargestellt. Im Interesse einer kurzen Darstellung werden Komponenten, wo gleiche oder identische verwendet werden, wie die zuvor beschriebenen, nicht erneut beschrieben und dieselben Bezugszeichen werden verwendet.

[0071] Einfach gesagt sollen die in den [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) gezeigten Beispiele dazu dienen der Tatsache Rechnung zu tragen, dass der einkommende Brennstoff, d.h. eine Mischung aus Wasser und Methanol, die teilweise in Dampfform und teilweise in flüssiger Form vorliegt, eine höhere Dichte haben wird als der ausgehende Brennstoff, welcher vollständig in Dampfform vorliegenden wird. Um den Strömungswiderstand zu reduzieren, haben die Beispiele in den [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) eine sich erweiternde Querschnittsfläche wenn man sich von dem Brennstoffeinlass **80** zu dem Brennstoffauslass **82** bewegt. In dem in [Fig. 9](#) gezeigten Beispiel verbindet sich das aufrechte Element **74** der T-förmigen Leiste **70** mit der Oberseite **72** der T-förmigen Leiste **74** an einer Stelle, die sich bei etwa 10% des Abstands von dem Einlass **80** zu dem Auslass **82** entlang der Oberseite **72** der T-förmigen Leiste **74** befindet. Dieser Treff-

punkt wird in [Fig. 9](#) bei **150** gezeigt.

[0072] Das entgegengesetzte Ende des aufrechten Elements **74** wird mit **152** bezeichnet und endet an einer Stelle, die etwa auf der Hälfte der Strecke zwischen den Leisten **76** und **78** liegt (wie entlang der Oberseite **72** der T-förmigen Leiste **74** gemessen) und ist von der Leiste **84** um einen Abstand beabstandet, der in etwa dem in der Ausführungsform von [Fig. 3](#) entspricht. Als eine Konsequenz wird erkannt werden, dass sich die Querschnittsfläche des Fließpfades für eine Strömungsrichtung in Richtung der Pfeile **98** kontinuierlich von dem Einlass **80** zu dem Auslass **82** vergrößern wird, so dass, während sich die Dichte der Brennstoffmischung als ein Resultat der Verdampfung von der flüssigen Phase reduziert und ein Erwärmen der Dampfphase dessen Dichte verringert (Erhöhung des Volumens) dieselbe einfach durch den sich erweiternden Fließpfad strömt, ohne den Strömungswiderstand messbar zu erhöhen.

[0073] Das Beispiel von [Fig. 10](#) ist im Allgemeinen ähnlich, aber in diesem Fall ist das aufrechte Element **74** in einer Serie von verbundenen Stufen aufgeteilt, die bei **154**, **156**, **158**, **160** gezeigt sind. Somit erfolgt in dem Beispiel von [Fig. 10](#), die Erhöhung der Querschnittsfläche von dem Einlass **80** zu dem Auslass **82** stufenweise, im Gegensatz zu der kontinuierlich auftretenden Vergrößerung, die in dem Beispiel von [Fig. 9](#) stattfindet.

[0074] In einigen Fällen kann es wünschenswert sein die verschiedenen Leisten als Flansche oder Rippen in den Trennplatten, welche aneinander angrenzen oder anderen Trennplatten, welche daran angelötet sind, auszubilden, und eine Bezugnahme auf „Leisten“ soll derartige Strukturen mit umfassen.

[0075] Nichtsdestotrotz wird erkannt werden, das in beiden Beispielen die Vergrößerung der Querschnittsfläche des Brennstofffließpfades vorliegt, um die verringerte Dichte der Brennstoffmischung aufzunehmen, um einen hohen Strömungswiderstand zu vermeiden.

[0076] Das Vorhergehende resultiert in einer Konstruktion, in der der Brennstoff/Wasserstrom benachbart zu dem Einlass für heißes Gas eingeführt wird, um so sofort einem Wärmeaustausch mit dem heißen Gas ausgesetzt zu werden, wenn das letztere bei seiner höchsten Temperatur vorliegt. Dasselbe strömt dann stromabwärts in Gleichstrombeziehung mit dem heißen Gas, bis zu einem Punkt allgemein benachbart zu dem Auslass für heißes Gas **66**, wo das Brennstoff/Wassergemisch. seine Richtung umkehrt, um im Gegenstrom mit der Strömung des heißen Gases zu strömen und letztendlich zu dem Brennstoffauslass. Dies bedeutet, dass die Anwesenheit des T's **70** in dem Unterzusammenbau der Brennstoffpassage einen Mehrfachdurchgangfließpfad für den

Brennstoff bietet, wobei der stromaufwärtigste Durchgang an dem Punkt der höchsten Temperatur des heißen Gases eintritt und der stromabwärtigste Durchgang des Brennstoffs, der im Gegenstrom strömt, ebenfalls an dem Punkt ausgestoßen wird, wo das heiße Gas bei seiner höchsten Temperatur vorliegt. Dies bietet eine höchst vorteilhafte Wirkung, indem, da die Fließdurchgangsanordnung in dem höchsten Temperaturunterschied zwischen dem Brennstoff und dem heißen Gas an dem Eintrittspunkt des Brennstoffs als eine Flüssigkeit resultiert, diese schneller verdampft wird, als wenn eine andere Strömungsanordnung verwendet werden würde. Folglich wird die Dichte des Brennstoffstroms durch eine schnelle Verdampfung des Brennstoffs sofort erheblich verringert, was wiederum bedeutet, dass die Masse des Brennstoffs, die innerhalb des Verdampfers **28** zu jedem Zeitpunkt vorliegt, minimiert wird. Dies bietet eine viel schnellere Antwort der Brennstoffzelle auf eine Befehlsänderung, wenn zum Beispiel ein Anwender eines Fahrzeugs das System für Antriebsschritte verwendet, die dem Äquivalent eines Gaspedals in einem Antriebssystem mit einem konventionellen internen Verbrennungsmotor entsprechen.

[0077] Es sollte auch angemerkt werden, dass die extrem kleine Höhe und der hydraulische Durchmesser der Anschlüsse **96**, welche die Brennstofffließpassagen definieren, in einem minimalen Volumen für den Brennstoff resultieren, wodurch die Masse an Brennstoff, die sich in dem Verdampfer **28** befindet, minimiert wird, egal ob sie in gasförmiger oder flüssiger Form vorliegt. Wiederum wird die Antwort maximiert.

[0078] Es ist weiter wichtig, dass die Verwendung einer Rippe vom Lance-Offset Typ, wie der Rippe **104**, in den Fluidströmungspassagen eine exzellente Verwirbelung in diesen Passagen für das heiße Gas bereitstellt, wodurch die Wärmeübertragung maximiert wird und es wiederum erlaubt wird das Volumen der Brennstoffseite des Verdampfers für denselben Zweck zu minimieren.

[0079] Es sollte angemerkt werden, dass die Erfindung nicht auf die Verwendung von Restgas als Wärmequelle angewiesen ist. Es kann jedes Gas mit einer erhöhten Temperatur und einer ausreichenden Wärmekapazität, um die verlangte Verdampfung durchzuführen, verwendet werden. Tatsächlich kann in manchen Fällen, insbesondere während des Hochfahrens des Systems, Methanol von dem Tank **24** verwendet werden, um das heiße Gas zu erzeugen, dass für die Verdampfung des Brennstoffs benötigt wird.

Patentansprüche

1. Ein Brennstoffverdampfungssystem zur Ver-

wendung in einem Brennstoffzellenantriebssystem umfassend:
 eine Quelle für flüssigen Brennstoff (**24**);
 eine Quelle für Wasser (**20**);
 eine Quelle für Fluid mit einer erhöhten Temperatur; und
 einen Wärmetauscher zum Verdampfen von Brennstoff und Wasser und zum Liefern des resultierenden Dampfes zu einem Reformer (**32**), wobei der Wärmetauscher einen Einlass (**60**) für das Fluid aufweist, einen Auslass (**62**) für das Fluid, welcher davon beabstandet ist, wobei der Einlass verbunden ist mit der Fluidquelle, einen Fluidfließpfad welcher sich erstreckt zwischen dem Fluideinlass (**60**) und dem Fluidauslass (**62**), und welcher ein stromaufwärtiges Ende an dem Fluideinlass (**60**) aufweist und ein stromabwärtiges Ende an dem Fluidauslass (**62**), einen Brennstoff/Wassereinlass (**54, 56**) und einen Brennstoff-/Vasserauslass (**53**), welcher beabstandet ist davon und verbunden ist durch eine Mehrzahl von Brennstoff-/Wasserfließpfaden (**52**), welche in Wärmetauschbeziehung sind mit den Fluidfließpfaden, wobei der Brennstoff-/Wassereinlass (**54, 56**) verbunden ist mit den Brennstoff- und Wasserquellen und wobei der Brennstoff-/Wassereinlass neben den stromaufwärtigen Enden der Fluidfließpfade angeordnet ist

dadurch gekennzeichnet, dass

die Brennstoff-/Wasserfließpfade (**52**) Mehrfachdurchlauffließpfade sind, wobei ein stromaufwärtiger der Brennstoff-/Wasserfließpfade in die gleiche Richtung fließt wie die Fluidfließpfade und ein stromabwärtiger der Brennstoff-/Wassserfließpfade in die entgegengesetzte Richtung der Fluidfließpfade fließt, und dadurch, dass der Brennstoff-/Wasserauslass (**58**) neben den stromaufwärtigen Enden des Fluidfließpfads angeordnet ist.

2. Das Brennstoffverdampfungssystem gemäß Anspruch 1, wobei der Wärmetauscher ein Plattenwärmetauscher ist, welcher einen Stapel von Trennplatten (**94**), welche die Konfiguration der Fluidfließpfade und der Brennstoff-/Wasserfließpfade (**52**) in alternierender Beziehung definieren, umfasst und Turbulatoren (**104**) in den Fluidfließpfaden.

3. Das Brennstoffverdampfungssystem gemäß Anspruch 2, wobei die Brennstoff-/Wasserfließpfade (**52**) abgeflacht sind und einen großen Durchmesser und einen kleinen Durchmesser aufweisen, wobei der kleine Durchmesser 1,0 mm oder weniger beträgt.

4. Das Brennstoffverdampfungssystem gemäß Anspruch 3, wobei der kleine Durchmesser ungefähr 0,5 mm beträgt.

5. Das Brennstoffverdampfungssystem gemäß Anspruch 3, wobei die Brennstoff-/Wasserfließpfade (**52**) jeweils ein ondulierendes Beabstandungs-ele-

ment enthalten.

6. Das Brennstoffverdampfungssystem gemäß Anspruch 5, wobei das ondulierende Beabstandungselement eine Mehrzahl von Beabstandungsabständen (**88**) aufweist, welche von Lücken (**90**) getrennt werden.

7. Das Brennstoffverdampfungssystem gemäß Anspruch 1, wobei die Brennstoff-/Wasserfließpfade (**52**) abgeflacht sind und einen großen Durchmesser und einen kleinen Durchmesser aufweisen, wobei der kleine Durchmesser 1,0 mm oder weniger beträgt.

8. Ein Verfahren zum Verdampfen von flüssigem Brennstoff und Wasser vor dem Einbringen in einen Reformer in einem Brennstoffverdampfungssystem, welches die folgenden Schritte aufweist:

a) Verursachen, dass ein Strom von heißem Fluid einen Fließpfad durchquert, so dass das Fluid seine maximale Temperatur am Beginn des Fließpfads hat und eine niedrigere Temperatur an einer Stelle stromabwärts von dem Beginn;

b) Verdampfen des flüssigen Wassers und Brennstoffs indem das flüssige Wasser und der flüssige Brennstoff an dem Beginn in Wärmetauschbeziehung mit dem Strom gebracht werden und indem das Wasser und der Brennstoff in entgegengesetzter Richtung des Stroms und in Wärmetauschbeziehung damit zu dieser Stelle fließen; und dadurch gekennzeichnet, dass

c) anschließend das verdampfte Wasser und der Brennstoff in Wärmetauschbeziehung und in entgegengesetzter Richtung zu dem Strom zurück zu dem Beginn fließen und aus dem Kontakt mit dem Wasser- und Brennstofffluss, welcher während des Ausführens von Schritt b) auftritt, um das verdampfte Wasser und den verdampften Brennstoff zu überheizen; wobei die Schritte a), b) und c) in einem kontinuierlichen Betrieb ausgeführt werden.

9. Das Verfahren gemäß Anspruch 8, wobei Schritt c) gefolgt wird durch einen Schritt des Leitens des verdampften und überheizten Wassers und Brennstoffs zu einem Reformer (**32**) in einem Brennstoffzellensystem.

10. Das Verfahren gemäß Anspruch 8, wobei der Brennstoff Methanol ist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

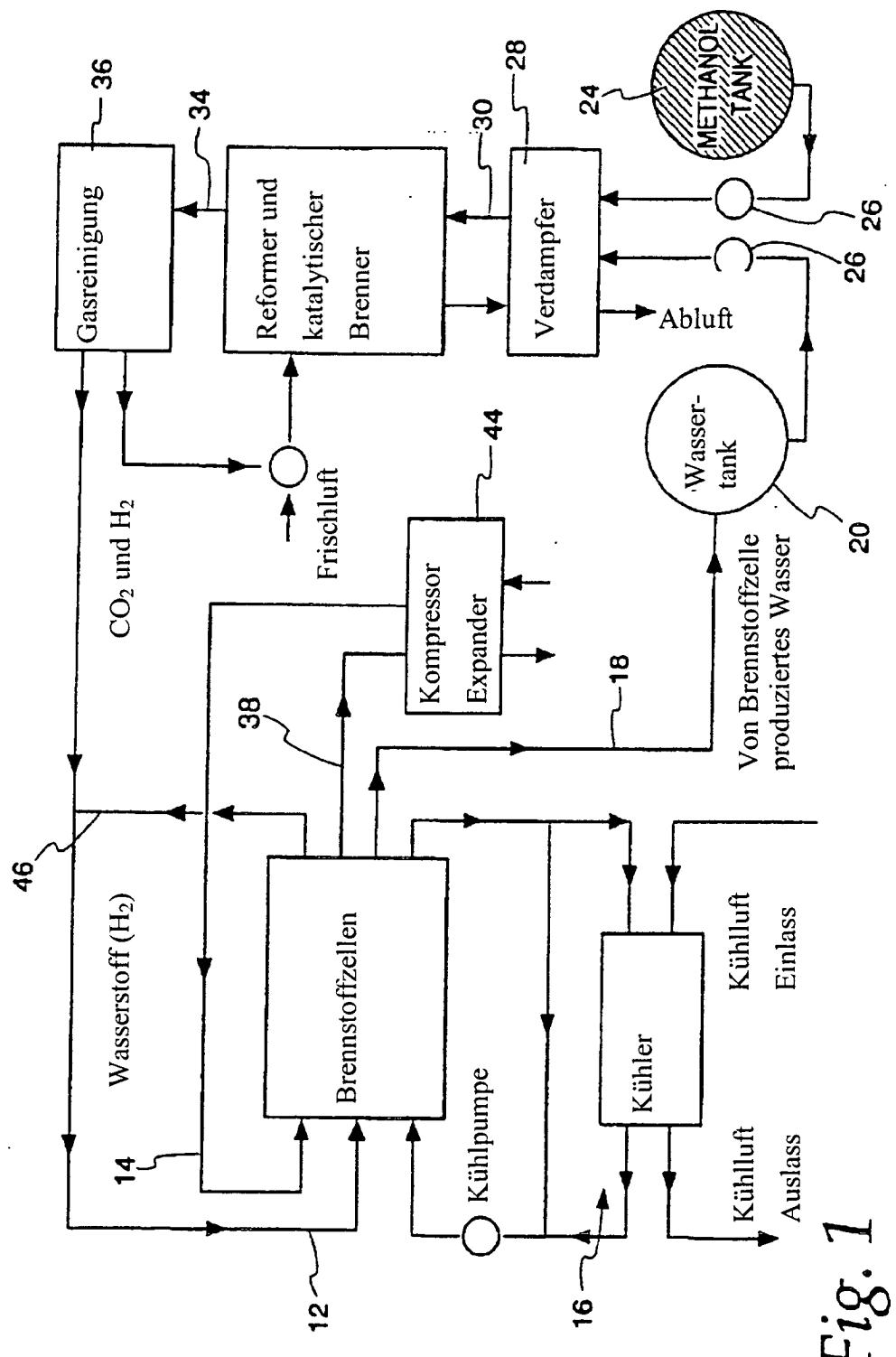
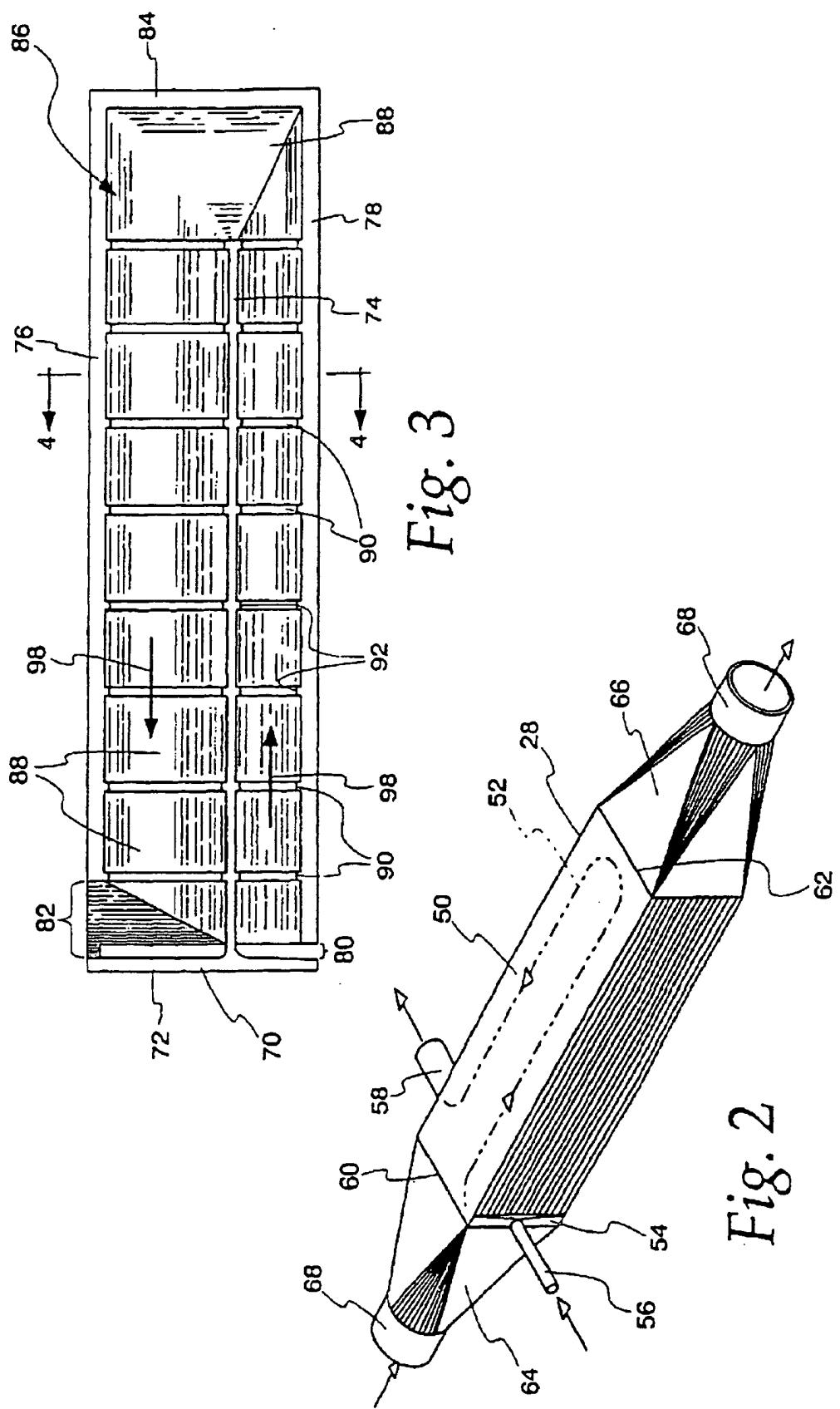


Fig. 1



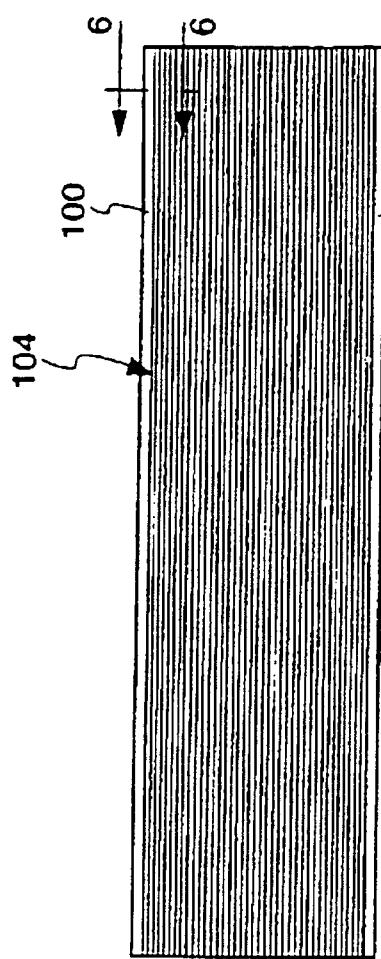


Fig. 4

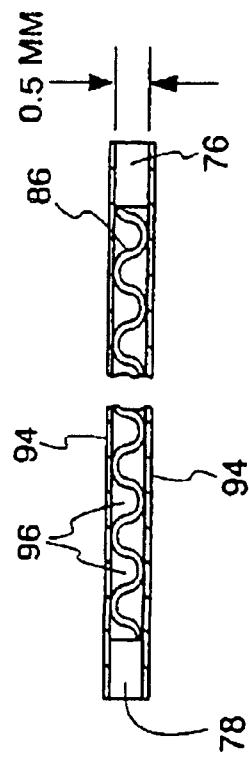


Fig. 5

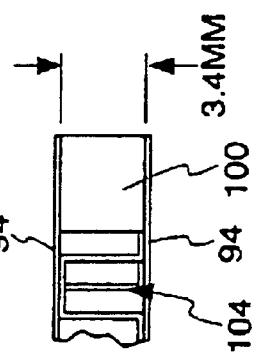


Fig. 6

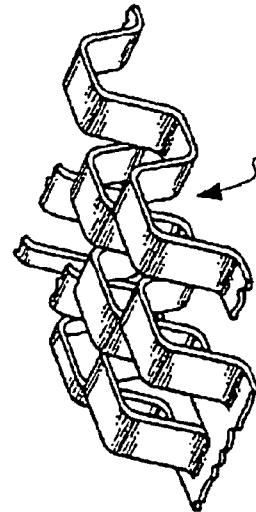


Fig. 7

