

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
13. März 2008 (13.03.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/028441 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01M 8/04 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2007/001190

(22) Internationales Anmeldedatum:
5. Juli 2007 (05.07.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2006 042 108.6
7. September 2006 (07.09.2006) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **WEBASTO AG** [DE/DE]; Kraillinger Strasse 5,
82131 Stockdorf (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **NORBERT, Günther**
[DE/DE]; Moskauer Strasse 15, 18311 Ribnitz Damgarten

(DE). **LINDERMEIR, Andreas** [DE/DE]; Wolfswinkel-
strasse 22, 17034 Neubrandenburg (DE). **KÄDING, Ste-
fan** [DE/DE]; Dorfstrasse 47, 17309 Zerrenthin (DE).

(74) Anwalt: **SCHUMACHER & WILLSAU**; Nymphen-
burger Strasse 42, 80335 München (DE).

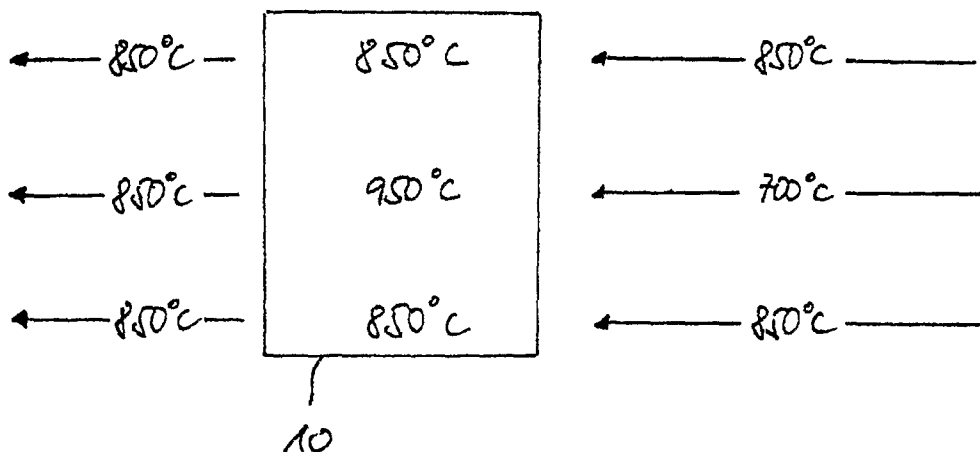
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA,
CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG,
ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL,
IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK,
LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW,
MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL,
PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: FUEL CELL SYSTEM AND METHOD FOR INFLUENCING THE THERMAL AND TEMPERATURE BUDGET
OF A FUEL CELL STACK

(54) Bezeichnung: BRENNSTOFFZELLENSYSTEM UND VERFAHREN ZUM BEEINFLUSSEN DES WÄRME- UND TEM-
PERATURHAUSHALTES EINES BRENNSTOFFZELLENSTAPELS



(57) Abstract: The invention relates to a fuel cell system having a fuel cell stack (10) and having a device for supplying a medium in order to influence the thermal and temperature budget of the fuel cell stack. The invention provides for the capability to provide the medium with a temperature- and/or volume-flow profile which can be varied at right angles to its flow direction. The invention also relates to a method for influencing the thermal and temperature budget of a fuel cell stack.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2008/028441 A2



GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärung gemäß Regel 4.17:

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem mit einem Brennstoffzellenstapel (10) und einer Einrichtung zum Zuführen eines Mediums zum Beeinflussen des Wärme- und Temperaturhaushaltes des Brennstoffzellenstapels. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass dem Medium ein senkrecht zu dessen Strömungsrichtung variables Temperatur- und/oder Volumenstromprofil vermittelbar ist/sind. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Beeinflussen des Wärme- und Temperaturhaushaltes eines Brennstoffzellenstapels.

Brennstoffzellensystem und Verfahren zum Beeinflussen des Wärme- und Temperaturhaushaltes eines Brennstoffzellenstapels

5

Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem mit einem Brennstoffzellenstapel und einer Einrichtung zum Zuführen eines Mediums zum Beeinflussen des Wärme- und Temperaturhaushaltes des Brennstoffzellenstapels.

10

Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Beeinflussen des Wärme- und Temperaturhaushaltes eines Brennstoffzellenstapels in einem Brennstoffzellensystem.

15

Ein Brennstoffzellenstapel ist eine zentrale Komponente eines Brennstoffzellensystems. Dem Brennstoffzellenstapel werden ein wasserstoffreiches Gas und Luft als Oxidationsmittel zugeführt. Unter zumindest teilweiser Umsetzung der Substanzen werden elektrische Energie und Wärme erzeugt.

20

Der Wärmehaushalt eines Brennstoffzellenstapels spielt für die Funktionsfähigkeit des Systems eine wichtige Rolle.

25

Insbesondere bei SOFC-Brennstoffzellen ("Solid Oxide Fuel Cell") liegen Temperaturen im Bereich des Brennstoffzellenstapels bei von 800 °C oder darüber vor, die mittels eines den Brennstoffzellenstapel um- oder durchströmenden Mediums stabilisiert werden müssen. Zu diesem Zweck wird dem Kühlmedium vor dem Eintritt in den Brennstoffzellenstapel eine Temperatur vermittelt, die eine gewisse Differenz zur angestrebten Betriebstemperatur aufweist. In Abhängigkeit der

30

im Brennstoffzellenstapel erzeugten Verlustleistung wird der Volumenstrom des Kühlmediums eingestellt. Dies kann durch die Regelung der Drehzahl eines Kathodenluftgebläses erfolgen.

Problematisch an diesen herkömmlichen Systemen ist, dass keine Temperaturinhomogenitäten im Brennstoffzellenstapel berücksichtigt werden können. Es kann nur die integral über
5 den Brennstoffzellenstapel ermittelte Temperatur für die Regelung berücksichtigt werden. Lokale Überhitzungen bzw. lokale unerwünschte Abkühlungen des Brennstoffzellenstapels können somit nicht immer vermieden werden, was sich negativ auf die Leistungsfähigkeit des Brennstoffzellenstapels und
10 des Gesamtsystems auswirkt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Brennstoffzellensystem und ein Verfahren zum Beeinflussen des Wärme- und Temperaturhaushaltes eines Brennstoffzellenstapels zur
15 Verfügung zu stellen, in deren Rahmen die Temperaturinhomogenität im Brennstoffzellenstapel berücksichtigt werden können.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst.
20

Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

25 Die Erfindung baut auf dem gattungsgemäßen Brennstoffzellensystem dadurch auf, dass dem Medium ein senkrecht zu dessen Strömungsrichtung variables Temperatur- und/oder Volumenstromprofil vermittelbar ist/sind. Hierdurch ist es möglich, Temperaturinhomogenitäten im Brennstoffzellenstapel zu berücksichtigen, indem heißere Bereiche stärker ge-
30 kühlt werden als kühlere Bereiche.

In diesem Zusammenhang ist es insbesondere von Vorteil, dass das Temperatur- und/oder Volumenstromprofil einstell-

bar ist/sind. Auch ohne diese Einstellbarkeit kann bei Kenntnis eines zu erwartenden Temperaturprofils im Brennstoffzellenstapel ein nützlicher Temperatúrausgleich erfolgen. Durch die Einstellbarkeit kann zusätzlich flexibel auf
5 die tatsächlichen Temperaturverhältnisse im Brennstoffzellenstapel reagiert werden. Diese können beispielsweise durch Temperatursensoren oder die Analyse der einzelnen Zellenspannungen über deren Temperaturabhängigkeit ermittelt werden.

10

Die Erzeugung des variablen Temperatur- und/oder Volumenstromprofils kann so realisiert sein, dass mehrere Medienführungen vorgesehen sind, die geeignet sind, Medien mit jeweils unterschiedlichen Temperaturen und/oder Volumen-
15 strömen zu führen. Beispielsweise führt ein äußeres Rohr wärmere Luft als ein inneres Rohr, so dass die aus den beiden Rohren ausströmende Luft ein nach außen hin ansteigendes Temperaturprofil aufweist.

20 Dies kann insbesondere dadurch realisiert sein, dass zur Vermittlung eines variablen Temperaturprofils den Medienführungen jeweils Medien mit unterschiedlichen Temperaturen zuführbar sind.

25 Weiterhin ist nützlicherweise vorgesehen, dass zur Vermittlung eines variablen Volumenstromprofils Medienführungen mit unterschiedlichen Strömungswiderständen vorgesehen sind.

30 In diesem Zusammenhang kann nützlich sein, dass die Medienführungen mit unterschiedlichen Strömungswiderständen durch Kanäle im Brennstoffzellenstapel mit unterschiedlichen Strömungsquerschnitten realisiert sind. Die unterschiedlichen Medienführungen, die den erfindungsgemäßen Effekt be-

wirken, müssen dem Brennstoffzellenstapel somit nicht vorgelagert sein. Vielmehr kann auch vorgesehen sein, das variable Volumenstromprofil durch die Variabilität von Strömungsquerschnitten im Brennstoffzellenstapel zu erzeugen.

5

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das Medium die dem Brennstoffzellenstapel zuzuführende Kathodenzuluft ist. Grundsätzlich kann jegliches Kühlmedium dazu dienen, den Brennstoffzellenstapel mit variablem Profil zu um- oder durchströmen. Insbesondere kann eine separate Kühlluftanlage hierfür eingerichtet sein. Es ist aber auch möglich, die Kathodenzuluft, die in dem Brennstoffzellenstapel als Prozessluft benötigt wird, zusätzlich zum Zwecke der Kühlung zu verwenden. In diesem Fall kann eine separate Kühleinrichtung entfallen.

Die Erfindung baut auf dem gattungsgemäßen Verfahren dadurch auf, dass einem dem Brennstoffzellenstapel zuzuführenden Medium ein senkrecht zu dessen Strömungsrichtung variables Temperatur- und/oder Volumenstromprofil vermittelt wird/werden. Auf diese Weise werden die Vorteile und Besonderheiten des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems auch im Rahmen eines Verfahrens umgesetzt. Dies gilt auch für die nachfolgend angegebenen besonders vorteilhaften Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Dieses ist in besonders nützlicher Weise dadurch weitergebildet, dass das Temperatur- und/oder Volumenstromprofil in Abhängigkeit des Temperaturprofils des Brennstoffzellenstapels eingestellt wird/werden.

Weiterhin ist vorteilhafterweise vorgesehen, dass das Temperaturprofil des dem Brennstoffzellenstapel zuzuführenden

Mediums zu dem Temperaturprofil des Brennstoffzellenstapels komplementär ist.

5 Ebenfalls kann vorgesehen sein, dass das Volumenstromprofil des dem Brennstoffzellenstapel zuzuführenden Mediums zu dem Temperaturprofil des Brennstoffzellenstapels komplementär ist, in dem Sinne, dass Bereichen des Brennstoffzellenstapels mit niedrigeren Temperaturen ein geringerer Volumenstrom zugeführt wird als Bereichen mit höheren Temperaturen.
10 ren.

Die Erfindung ist in vorteilhafter Weise dadurch weitergebildet, dass als Medium die dem Brennstoffzellenstapel zuzuführende Kathodenzuluft verwendet wird.

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

20 Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines Brennstoffzellensystems;

25 Figur 2 eine Veranschaulichung eines Brennstoffzellenstapels, der von Luft mit variablem Temperaturprofil angeströmt wird und

Figur 3 eine Veranschaulichung der apparativen Auslegung zur Erzeugung eines Luftstroms mit variablem Temperaturprofil.
30

Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Brennstoffzellensystems. Das Brennstoffzellensystem umfasst ei-

nen Reformer 44, dem über eine Brennstoffzuführung 32 und ein Gebläse 34 Brennstoff beziehungsweise Luft zugeführt werden. Neben der dargestellten Brennstoffzuführung beziehungsweise dem dargestellten Gebläse 34 können weitere Brennstoffzuführungen und Gebläse vorgesehen sein, die eine variable Gestaltung des Reformierungsprozesses erlauben. Im vorliegenden Beispiel wird durch den Reformer 30 eine katalytische Reformierung durchgeführt, die allein auf der Grundlage von Luft als Oxidationsmittel arbeitet. Die vorliegende Erfindung ist hierauf jedoch nicht beschränkt. Ebenfalls können andere Oxidationsmittel zum Einsatz kommen, beispielsweise Wasser. In dem Reformer 44 wird ein wasserstoffreiches Reformat 36 erzeugt, das der Anodenseite eines Brennstoffzellenstapels 10 zugeführt wird. Der Kathodenseite des Brennstoffzellenstapels 10 wird über ein Kathodenluftgebläse 28 Kathodenzuluft zugeführt. Ausgangsseitig verlassen Kathodenabluft 38 und Anodenabgas 40 den Brennstoffzellenstapel 10. Das als Anodenabgas 40 den Brennstoffzellenstapel verlassenden abgereicherte Reformat wird einem Nachbrenner 12 zugeführt, in den durch ein Nachbrennerluftgebläse 42 weiterhin Luft als Oxidationsmittel eingebracht wird. Dem Nachbrenner 12 kann ebenfalls noch eine Brennstoffzuführung zugeordnet sein. In dem Nachbrenner 12 findet eine Oxidationsreaktion statt, so dass letztlich vorzugsweise vollständig oxidiertes Abgas den Nachbrenner 12 verlässt. Das Abgas 14 tritt durch einen Wärmetauscher 16 hindurch. Dem Wärmetauscher 16 ist in Strömungsrichtung der von dem Kathodenluftgebläse 28 erforderten Kathodenzuluft ein Volumenstromteiler 30 vorgelagert. Dieser Volumenstromteiler erzeugt einen ersten Kathodenzuluftanteil 18, der durch den Wärmetauscher 16 hindurch tritt und einen zweiten Kathodenluftanteil 20, der den Wärmetauscher 16 umgeht. Vor dem Eintritt der Kathodenzuluft in den Brennstoffzellenstapel 10 werden die Kathodenluftanteile 18, 20

gemischt. Es sind zwei Temperatursensoren 22, 24 vorgesehen, wobei ein erster Temperatursensor 22 die Temperatur der Kathodenzuluft misst, das heißt die Temperatur der miteinander vermischten Kathodenluftanteile 18, 20. Ein weiterer Temperatursensor 24 misst die Temperatur der Kathodenabluft 38. Die von den Temperatursensoren 22, 24 gelieferten Signale werden einem Steuergerät 26 zugeführt, das die Drehzahl des Kathodenluftgebläses 28 und die Einstellung des Volumenstromteilers 30 beeinflusst. Das Steuergerät kann andere Aufgaben übernehmen, beispielsweise die vollständige Steuerung des Brennstoffzellensystems.

Durch die so vorliegende Anordnung können zwei Regelkreise realisiert werden. Der eine Regelkreis beruht auf der von der Temperatursensor 22 gemessene Kathodenzulufttemperatur, wobei als Stellgröße die Einstellung des Volumenstromteilers dient. Ein weiterer Regelkreis kann auf der Grundlage der von der Temperatursensor 24 gemessene Kathodenablufttemperatur arbeiten, wobei hier als Stellgröße die Drehzahl des Kathodenluftgebläses 28 verwendet wird. Ebenfalls ist möglich, den die Drehzahl des Kathodenluftgebläses 28 verwendenden Regelkreis auf der Grundlage der Temperaturdifferenz zwischen den Temperatursensoren 22, 24 für die Kathodenzuluft und die Kathodenabluft zu betreiben. In jedem Fall stehen im Vergleich zu herkömmlichen Systemen des Standes der Technik, bei denen gewöhnlich eine Regelung der Kathodenluftmenge auf der Grundlage der Kathodenablufttemperatur erfolgt, zusätzliche Möglichkeiten zur Verfügung, um den Betrieb des Brennstoffzellensystems zu beeinflussen, insbesondere im Hinblick auf den Wärme- und Temperaturhaushalt des Brennstoffzellenstapels 10.

Mit dem in Figur 1 realisierten System wird eine Homogenisierung des Temperaturprofils im Brennstoffzellenstapel er-

reicht, die alternativ oder zusätzlich zu den nachfolgend beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung nützlich eingesetzt werden kann.

5 Figur 2 zeigt eine Veranschaulichung eines Brennstoffzellenstapels, der von Luft mit variablem Temperaturprofil angeströmt wird. Im vorliegenden Beispiel hat der Brennstoffzellenstapel 10 ein Temperaturprofil von beispielsweise 950 °C im Zentrum, während in den Außenbereichen nur 850 °C
10 vorliegen. Komplementär hierzu hat die anströmende Luft in ihrem zentralen Bereich eine niedrigere Temperatur von 700 °C als im Außenbereich, wo beispielsweise 800 °C herrschen. Im Ergebnis wird die Temperatur des Brennstoffzellenstapels auf diese Weise homogenisiert, was daran erkennbar ist,
15 dass die aus dem Brennstoffzellenstapel austretende Luft eine vergleichsweise homogene Temperaturverteilung von beispielsweise ca. 850 °C haben wird.

Figur 3 zeigt eine Veranschaulichung der apparativen Auslegung zur Erzeugung eines Luftstroms mit variablem Temperaturprofil. Hier ist zusätzlich zu der Darstellung gemäß Figur 2 gezeigt, wie ein Luftstrom mit variablem Temperaturprofil erzeugt werden kann. Beispielsweise kann ein Rohr 100 mit kühlerer Luft innerhalb eines Rohrs 102 mit wärmerer Luft angeordnet sein. Die aus dem Rohrsystem austretende Luft hat dann das erwünschte Temperaturprofil. Mit Bezug
20 auf das Brennstoffzellensystem gemäß Figur 1 können die Luftströme mit verschiedenen Temperaturen beispielsweise durch die verschiedenen Kathodenluftanteile gebildet sein.
25 Es ist weiterhin möglich, die Wärmeübertragungsflächen zwischen den ineinander angeordneten Rohren (100, 102) zu variieren, so dass sich auch komplexere Temperaturgradienten darstellen lassen.
30

Die Rohr-in-Rohr-Konstruktion kann auch zur Darstellung verschiedener Volumenströme an verschiedenen radialen Positionen dienen. Ebenfalls kann die Beeinflussung des Volumenstroms in den Brennstoffzellenstapel 10 verlagert werden, indem hier Luftführungen mit unterschiedlichen Querschnitten realisiert sind.

Auf der Grundlage der vorliegenden Erfindung gelingt es somit, das Temperaturprofil im Brennstoffzellenstapel zu homogenisieren, wodurch ein leistungstärkerer Brennstoffzellenstapel zur Verfügung gestellt wird. Als weiterer positiver Effekt sinken die aufgrund von Temperaturinhomogenitäten auftretenden thermomechanischen Beanspruchungen des Brennstoffzellenstapels.

15

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.

20

25

30

Bezugszeichenliste:

	10	Brennstoffzellenstapel
	12	Nachbrenner
5	14	Abgasführung/Abgas
	16	Wärmetauscher
	18	Kathodenzuluftanteil
	20	zweiter Kathodenluftanteil
	22	Temperatursensor
10	24	Temperatursensor
	26	Steuergerät
	28	Kathodenluftgebläse
	30	Volumenstromteiler
	32	Brennstoffzuführung
15	34	Gebälse
	36	Reformat
	38	Kathodenabluft
	40	Anodenabgas
	42	Nachbrennerluftgebläse
20	44	Reformer
	100	Rohr
	102	Rohr

ANSPRÜCHE

5

1. Brennstoffzellensystem mit einem Brennstoffzellenstapel (10) und einer Einrichtung zum Zuführen eines Mediums zum Beeinflussen des Wärme- und Temperaturhaushaltes des Brennstoffzellenstapels, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem
10 Medium ein senkrecht zu dessen Strömungsrichtung variables Temperatur- und/oder Volumenstromprofil vermittelbar ist/sind.
2. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Temperatur- und/oder Volumenstrom-
15 profil einstellbar ist/sind.
3. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Medienführungen vorgesehen
20 sind, die geeignet sind, Medien mit jeweils unterschiedlichen Temperaturen und/oder Volumenströmen zu führen.
4. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Vermittlung eines variablen Temperatur-
25 turprofils den Medienführungen jeweils Medien mit unterschiedlichen Temperaturen zuführbar sind.
5. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Vermittlung eines variablen Volumen-
30 stromprofils Medienführungen mit unterschiedlichen Strömungswiderständen vorgesehen sind.
6. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Medienführungen mit unterschiedli-

chen Strömungswiderständen durch Kanäle im Brennstoffzellenstapel mit unterschiedlichen Strömungsquerschnitten realisiert sind.

5 7. Brennstoffzellensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Medium die dem Brennstoffzellenstapel zuzuführende Kathodenzuluft ist.

8. Verfahren zum Beeinflussen des Wärme- und Temperatur-
10 haushaltes eines Brennstoffzellenstapels (10) in einem Brennstoffzellensystem, **dadurch gekennzeichnet**, dass einem dem Brennstoffzellenstapel (10) zuzuführenden Medium ein senkrecht zu dessen Strömungsrichtung variables Temperatur- und/oder Volumenstromprofil vermittelt wird/werden.

15 9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Temperatur- und/oder Volumenstromprofil in Abhängigkeit des Temperaturprofils des Brennstoffzellenstapels (10) eingestellt wird/werden.

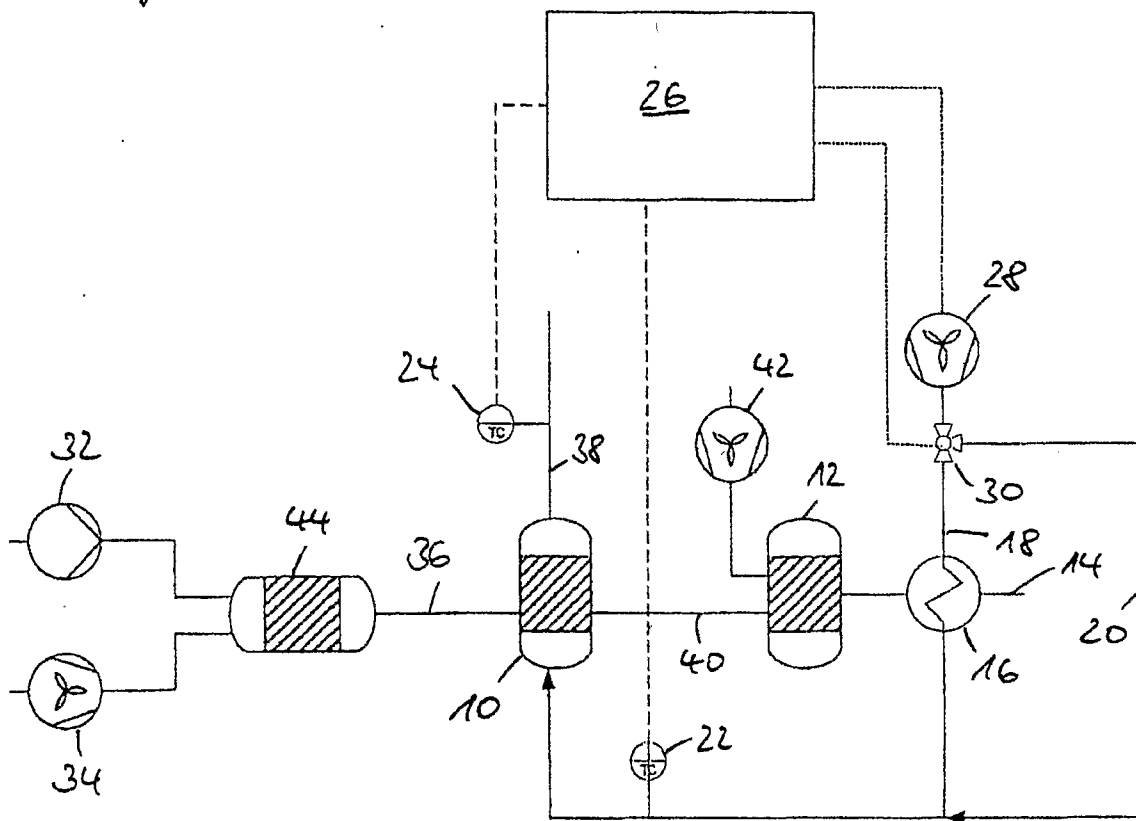
20 10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Temperaturprofil des dem Brennstoffzellenstapel (10) zuzuführenden Mediums zu dem Temperaturprofil des Brennstoffzellenstapels komplementär ist.

25 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Volumenstromprofil des dem Brennstoffzellenstapel (10) zuzuführenden Mediums zu dem Temperaturprofil des Brennstoffzellenstapels komplementär ist,
30 in dem Sinne, dass Bereichen des Brennstoffzellenstapels mit niedrigeren Temperaturen ein geringerer Volumenstrom zugeführt wird als Bereichen mit höheren Temperaturen.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Medium die dem Brennstoffzellenstapel zuzuführende Kathodenzuluft verwendet wird.

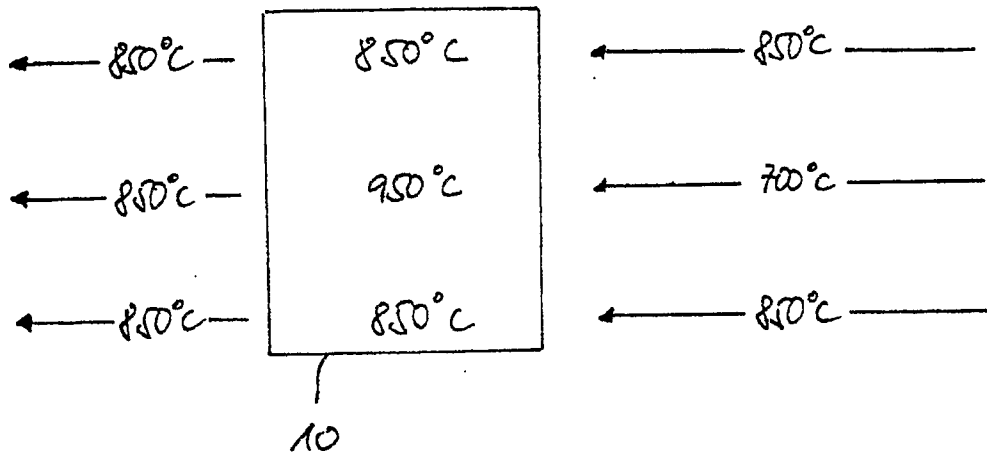
1/3

Fig. 1



2/3

Fig. 2



3/3

Fig. 3

