

(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
24. März 2005 (24.03.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/027253 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01M 8/24**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2004/002021

(22) Internationales Anmeldedatum:
9. September 2004 (09.09.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
103 42 493.8 12. September 2003 (12.09.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **CLAUSTHALER UMWELTECHNIK-
STITUT GMBH (CUTEC-INSTITUT)** [DE/DE];
Leibnizstrasse 21 + 23, 38678 Clausthal-Zellerfeld (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **LESSING, Helmut**
[DE/DE]; Altes Dorf 7, 31157 Sarstedt (DE). **BOR-
CHARDT, Günter** [DE/DE]; Berliner Strasse 37, 38678
Clausthal-Zellerfeld (DE).

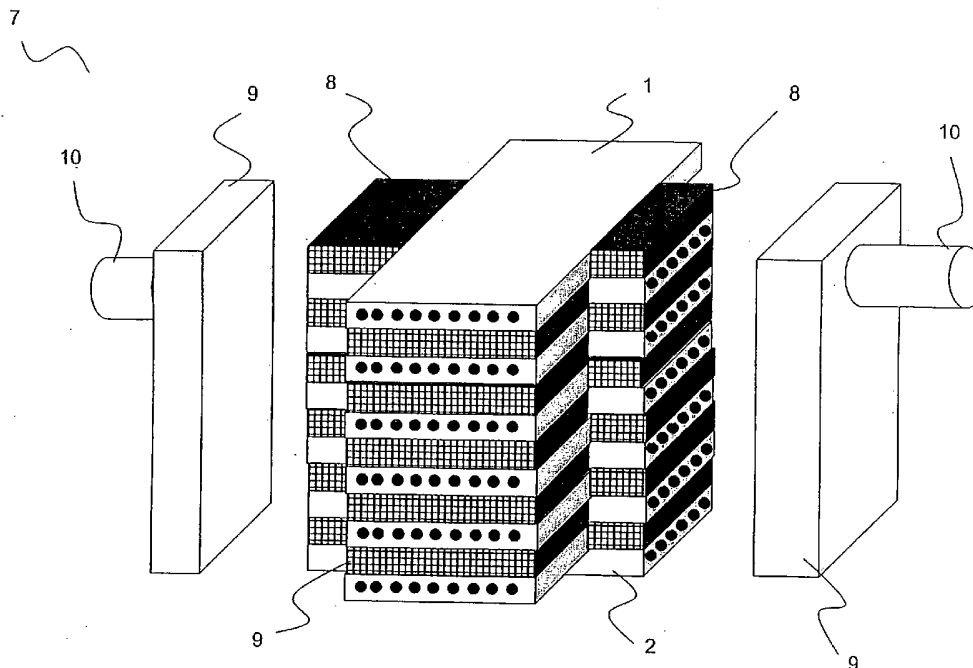
(74) Anwalt: **REHMANN, Thorsten**; Gramm, Lins & Part-
ner GbR, Theodor-Heuss-Strasse 1, 38122 Braunschweig
(DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: FUEL CELL AND FUEL CELL MODULE THEREFOR

(54) Bezeichnung: BRENNSTOFFZELLE UND BRENNSTOFFZELLENMODUL HIERZU



(57) Abstract: The invention relates to a fuel cell module (7) comprising: a multitude of permeable anode plates and cathode plates (1, 2), which are stacked one above the other in an alternating manner; electrolyte material (3) between adjacent anode plates and cathode plates (1, 2), and; connections to the anode plates and cathode plates (1, 2) for supplying and carrying away gas (G) and fuel (B). The anode plates (1) are electrically connected in parallel, and the cathode plates (2) are electrically connected in parallel.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/027253 A2



TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, 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, IT, LU, MC, 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).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,

MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW, ARIPO Patent (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)

- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

Veröffentlicht:

- ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Bei einem Brennstoffzellenmodul (7) mit einer Vielzahl alternierend übereinander gestapelter permeabler Anoden- und Kathodenplatten (1, 2) mit Elektrolytmaterial (3) zwischen benachbarten Anoden- und Kathodenplatten (1, 2), und mit Anschlüssen an den Anoden- und Kathodenplatten (1, 2) zur Zu- und Abfuhr von Gas (G) und Brennstoff (B) sind die Anodenplatten (1) elektrisch parallel und die Kathodenplatten (2) elektrisch parallel geschaltet.

Brennstoffzelle und Brennstoffzellenmodul hierzu

Die Erfindung betrifft ein Brennstoffzellenmodul mit einer Vielzahl übereinander gestapelter permeabler Anoden- und Kathodenplatten, mit Elektrolytmaterial
5 zwischen benachbarten Anoden- und Kathodenplatten, und mit Anschlüssen an den Anoden- und Kathodenplatten zur Zu- und Abfuhr von Gas und Brennstoff, wobei die Anodenplatten elektrisch parallel und die Kathodenplatten elektrisch parallel geschaltet sind.

10 Die Erfindung betrifft weiterhin eine aus mindestens zwei derartigen Brennstoffzellenmodulen gebildete Brennstoffzelle.

Brennstoffzellen zur Erzeugung elektrischer Energie durch elektrochemische Reaktion von Brennstoff und Gas sind hinreichend bekannt und werden beispielsweise zur Versorgung von Gebäuden oder Fahrzeugen eingesetzt. Bei
15 den sogenannten „Solid Oxide Fuel Cells“ SOFC wird eine Zelle eines Brennstoffzellenmoduls aus übereinandergeschichteter permeabler Anodenplatte, impermeabler Elektrolyt-Zwischenschicht und permeabler Kathodenplatte gebildet. Durch die Kathodenplatte wird Sauerstoff und durch die Anodenplatte
20 Brennstoff, z.B. $H_2 + CO$, geleitet. Dabei wandern negativ geladene Sauerstoffionen von der Kathodenplatte durch die ionenleitende Elektrolyt-Zwischenschicht und reagieren in der Anodenplatte mit dem Wasserstoff, wodurch Wasser gebildet wird ($2H_2 + 2O^{\ominus} \Rightarrow 4e^- + 2H_2O$). Von der Kathodenplatte werden entsprechend der vier an dem elektrischen Anschluss der Anoden-
25 platte abgegebenen Elektroden vier Elektroden aufgenommen ($O_2 + 4e^- \Rightarrow 2O^{\ominus}$). Das Wasser reagiert mit dem Methangas, wobei Wasserstoff und Kohlendioxid gebildet wird ($CO + H_2O \Rightarrow H_2 + CO_2$). Am Auslass der Anodenplatten wird Wasser und Kohlendioxid sowie Wärme abgegeben ($H_2O + CO_2$).

Herkömmlicherweise werden zur Erhöhung der Ausgangsspannung die einzelnen Zellen der Brennstoffzellenmodule sowie die Brennstoffzellenmodule einer Brennstoffzelle in Reihe geschaltet.

5

Bei den erforderlichen Stapeln mit etwa 30 und mehr Zellschichten und den auftretenden hohen Temperaturen und Temperaturschwankungen treten Probleme mit der Gasdichtigkeit und der elektrischen Leistungsabnahme durch Degradation auf. Zudem ist die Temperatursteuerung von etwa 850 bis 950°C

10 problematisch. In den unterschiedlichen Metall- und Keramikschichten kann es zudem zu Spannungsrissen aufgrund von Temperaturschwankungen kommen.

In der EP 0 947 019 B1 und DE 40 11 506 A1 ist eine Brennstoffzelle beschrieben, bei der Gas- und Brennstoff durch einen gesamten Plattenstapel zugeführt wird.

15

Die WO 01/29923 A1 beschreibt Einzel-Brennstoffzellen, die mit Rohranschlüssen für die Gaszufuhr und Gasabfuhr miteinander verbunden werden können. Unabhängig davon sind an den Stirnseiten elektrische Anschlüsse vorgesehen.

20

In dem US-Patent 5,069,985 ist ein kreuzweise gestapeltes Brennstoffzellenmodul beschrieben, das seriell verschaltet ist und an jeder Stirnseite eine gemeinsame Gaszufuhr, Gasabfuhr, Brennstoffzufuhr oder Brennstoffabfuhr hat. Die Brennstoffzellen sind elektrisch in Serie verschaltet, so dass die Zu- und

25 Abfuhranschlüsse elektrisch isoliert an den Stirnseiten angeschlossen sind.

In der US 2003/0044657 A1 ist ein Brennstoffzellenstapel mit jeweils elektrisch parallel geschalteten Anoden- und Kathodenplatten beschrieben. Mit der Parallelschaltung wird erreicht, dass Wasserdampf nicht in dem Maße verdampft, wie bei der Serienschaltung. Die Gas- und Brennstoffzufuhr und -abfuhr erfolgt an der Ober- und Unterseite des Brennstoffzellenstapels. Dabei wird Gas und

30

Brennstoff nachteilig durch den gesamten Stapel durchgeleitet, was zu unterschiedlichen Gas- und Brennstoffverteilungen führen kann.

5 Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein verbessertes Brennstoffzellenmodul mit einer Vielzahl übereinander gestapelter permeabler Anoden- und Kathodenplatten, mit Elektrolytmaterial zwischen benachbarten Anoden- und Kathodenplatten, und mit Anschlüssen an den Anoden- und Kathodenplatten zur Zu- und Abfuhr von Gas und Brennstoff sowie eine aus mindestens zwei solchen Brennstoffzellenmodul gebildete Brennstoffzelle zu schaffen.

10

Die Aufgabe wird mit dem gattungsgemäßen Brennstoffzellenmodul erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Anodenplatten und Kathodenplatten jeweils sich in Längsrichtung erstreckende parallele Röhren zur Durchleitung von Gas oder Brennstoff haben. Die Längsachsen der Anodenplatten sind im Winkel
15 versetzt zu den Längsachsen der Kathodenplatten ausgerichtet und an den Stirnseiten der Anoden- und Kathodenplatten sind metallische Anschlussstutzen angeordnet. Die Röhren münden an den Stirnseiten der Anoden- und Kathodenplatten aus und können dort mittels der metallischen Anschlussstutzen mit Zufuhr- oder Abfuhranschlüssen für Gas oder Brennstoff kommunizieren.
20 Die an einer gemeinsamen Stirnseite jeweils befindlichen Anschlussstutzen sind dabei mit den Anschlussstutzen elektrisch parallel geschaltet und an eine gemeinsame Zuleitung oder Ableitung angeschlossen.

Im Unterschied zu den üblichen Brennstoffzellenmodulen mit seriell geschalteten Zellen sind, wie aus der US 2003/0044657 A1 bekannt ist, die Zellen parallel geschaltet. Dies hat zwar zunächst den Nachteil, dass die Spannung des Brennstoffzellenmoduls geringer als bei der herkömmlichen Serienschaltung ist. Der mit der Parallelschaltung verbundene Vorteil ergibt sich jedoch in Verbindung mit der an sich aus der US 5,069,985 bekannten Anordnung daraus, dass
30 nunmehr sowohl die Gas- und Brennstoffzufuhr und -abfuhr als auch der elektrische Anschluss an den jeweiligen Stirnseiten der Anoden- und Kathodenplatten jeweils zusammengefasst werden kann.

Durch das Übereinanderstapeln mehrerer Anoden- und Kathodenplatten werden im Vergleich zu Einzellenmodulen die funktionellen Flächen verdoppelt, da die Ober- und Unterseite der Anoden- und Kathodenplatten für die elektrochemische Kopplung genutzt werden.

Vorzugsweise haben die Anoden- und Kathodenplatten eine rechteckige Grundfläche mit im Verhältnis zu den Stirnseiten längeren Längsseite, wobei die Anodenplatten parallel zueinander und die Kathodenplatten parallel zueinander ausgerichtet sind. Die Anoden- und Kathodenplatten sind zentriert angeordnet und die Längsachsen der Anodenplatten im Winkel versetzt zu den Längsachsen der Kathodenplatten ausgerichtet. Damit kann an jeder Seitenfläche des Brennstoffzellenmoduls eine einzige Zu- oder Abfuhrleitung für Gas oder Brennstoff angeordnet werden.

Besonders vorteilhaft für die getrennte Anordnung der Zu- und Abfuhranschlüsse ist es, wenn die Anoden- und Kathodenplatten kreuzartig zentriert angeordnet sind, wobei die Längsachsen der Anodenplatten im rechten Winkel zu den Längsachsen der Kathodenplatten ausgerichtet sind.

Es ist vorteilhaft, wenn an den Stirnseiten in den Räumen zwischen den übereinander liegenden Anschlussenden der Anoden- oder Kathodenplatten elektrisch leitendes Füllmaterial eingebracht ist, das die Räume vollständig ausfüllt. Dann kann die gemeinsame Zuleitung oder Ableitung einen sich über die Höhe des Brennstoffzellenmoduls und die Breite der zugeordneten Stirnseite erstreckenden Anschlussstutzen haben, so dass die Anoden- und Kathodenplatten trotz möglicher Temperaturschwankungen zuverlässig gasdicht angeschlossen werden können.

Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die Anodenplatten und die Kathodenplatten auf den Oberflächen der rechteckigen Grundfläche eine elektrisch isolierende ionenleitende Elektrolytschicht haben. Die Elektrolytschicht kann beispielsweise

aus der Brennstoffzellentechnologie hinreichend bekanntes 8YSR oder ScSZ aufweisen.

- 5 Zwischen übereinander angeordneten Anodenplatten und Kathodenplatten kann zudem jeweils eine elektrisch isolierende, ionenleitende Zwischenschicht angeordnet sein. Damit wird die Permeabilität für Ionen erhöht und eine „Sollbruchstelle“ im thermischen Gradienten geschaffen. Die Zwischenschicht kann beispielsweise aus der Brennstoffzellentechnologie bekanntes Nickel-8YSR oder CeO_x/Ni aufweisen.

10

Die Anodenplatten können in bekannter Weise aus Cermet-Material, insbesondere Nickel-Cermet, und die Kathodenplatten aus Keramik-Material, insbesondere Perowskit (LSM bzw. $\text{La}_x\text{Sr}_y\text{Ca}_z\text{MnO}_3$) durch Brennen nach dem Formen von mit parallelen Röhren versehenen Plattenrohlingen gebildet werden.

15

Das Problem der relativ geringen Spannung der Brennstoffzellenmodule kann mit einer Leistungselektronikschaltung mit einem Strom-Spannungswandler zur Spannungsanhebung gelöst werden.

- 20 Die Aufgabe wird weiterhin mit einer Brennstoffzellenbatterie gelöst, indem mindestens zwei Brennstoffzellenmodule der vorhergehend beschriebenen Art elektrisch in Reihe geschaltet sind. Dabei werden die Brennstoffzellenmodule vorzugsweise übereinander gestapelt.

Die Erfindung wird nachfolgend beispielhaft anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- 5 Fig. 1 - eine perspektivische Ansicht des Schichtaufbaus einer Einzelzelle aus Anodenplatte, Kathodenplatte, Elektrolytmaterial und Zwischenschichten;
- 10 Fig. 2 - eine perspektivische Ansicht eines Brennstoffzellenmoduls mit einer Vielzahl alternierend kreuzweise übereinandergestapelter Einzelzellen;
- 15 Fig. 3 - eine perspektivische Ansicht eines Brennstoffzellenmoduls mit kreuzweise übereinander gestapelten, parallel geschalteten Anoden- und Kathodenplatten und mit Anschlussstutzen an den Stirnseiten des Brennstoffzellenmoduls für die Gas- und Brennstoffzufuhr;
- 20 Fig. 4 - eine perspektivische Ansicht einer Brennstoffzelle mit einer Vielzahl übereinander gestapelter in Reihe geschalteter Brennstoffzellenmodule.

Die Figur 1 lässt eine perspektivische Ansicht des Schichtaufbaus einer Einzelzelle als Grundeinheit eines Brennstoffzellenmoduls erkennen, das im Wesentlichen aus einer kreuzweise übereinandergeschichteten Anodenplatte 1 und
25 Kathodenplatte 2 mit dazwischen angeordnetem Elektrolytmaterial 3 aufgebaut ist.

Es ist jeweils eine Zwischenschicht 4 auf der Fläche zwischen Elektrolytmaterial 3 und Anodenplatte 1 bzw. Kathodenplatte 2 vorgesehen. Durch die Zwischen-
30 schichten 4 werden die Grenz Widerstände zwischen Elektrolytmaterial 3 und Anodenplatte 1 bzw. Kathodenplatte 2 reduziert, die Permeabilität erhöht und eine „Sollbruchstelle“ im thermischen Gradienten geschaffen, so dass die Ano-

den- und Kathodenplatten 1, 2 bei unterschiedlicher Ausdehnung aufgrund thermischer Belastung unbeeinträchtigt bleiben.

Die Anoden- und Kathodenplatten 1, 2 haben in bekannter Weise integrierte parallel verlaufende Röhren 5 zur Durchleitung von Gas G oder Brennstoff B. Die Anodenplatten 1 können beispielsweise aus Ni-8YSZ-Cermet und die Kathodenplatten 2 aus Perowskit (LaSrCaMnO_3) gebrannt sein. Die Zwischenschicht 4 kann beispielsweise als Mischkathode aus 8YSZ-Perowskit oder ScSZ-Perowskit gebildet sein. Als Elektrolytmaterial 3 ist 8 YSR oder ScSZ geeignet. Die genannten Materialien sind aus der Brennstoffzellentechnologie hinreichend bekannt.

Mit Hilfe eines metallischen Leitgitters 6 auf der Oberseite der oberen Kathodenplatte 2 und auf der Unterseite der unteren Kathodenplatte 2 kann die effektive Leitfähigkeit σ_K der Kathode erhöht und in Balance zur Leitfähigkeit σ_A der Anodenplatte 1 gebracht werden. Als Leitgitter 6, sogenannte Interkonnektoren, können beispielsweise chromhaltige Stähle eingesetzt werden.

Das Problem besteht nämlich darin, dass die Leistungsfähigkeit einer Einzelzelle maßgeblich durch die geringe Elektronenleitfähigkeit einer rein keramischen Kathode aus LSM bestimmt und begrenzt ist. Der Stromfluss durch das Elektrolytmaterial 4 und durch eine Kathodenplatte 2 kann mit Hilfe der spezifischen Leitfähigkeiten σ wie folgt gefasst werden:

für das Elektrolytmaterial: $I_E = U_E / R_E = (\sigma_E \times A_E / d_E) \times U_E$

für die Kathodenplatte: $I_K = U_K / R_K = (\sigma_K \times A_K / d_K) \times U_K$

mit den Variablen

I = Strom,

U = Spannungsabfall,

R = elektrischer Widerstand,

σ = spezifische elektrische Leitfähigkeit,

A = elektrisch leitende Querschnittsfläche, und

d = Wegstrecke des elektrischen Widerstandes.

5

Da beide Ströme I_E durch das Elektrolytmaterial 4 und I_K durch die Kathodenplatte 2 identisch sein müssen, gilt nach Auflösung der obigen Gleichungen nach der elektrisch wirksamen Fläche der Kathodenplatte 2:

10

$$A_K = (\sigma_E / \sigma_K) \times (d_K / d_E) \times (U_E / U_K) \times A_E.$$

Für den Fall, dass die Kathodenplatte 2 nur aus LSM (z.B. Perowskit) hergestellt würde, ergäbe sich mit dem entsprechenden Werten für typische Leitfähigkeiten bei 1.000°C

15

$$\sigma_E = \sigma_{YSZ} \approx 20 \text{ S/m}$$

$$\sigma_K = \sigma_{LSM} \approx 20 \cdot 10^{-3} \text{ S/m}$$

und den geometrischen Daten der Einzelzelle

20

$$d_E = 100 \text{ } \mu\text{m}$$

$$d_K \approx 10 \text{ cm}$$

sowie einem typischen Verhältnis von

25

$$U_E / U_K \approx 1 \dots 10$$

ein Wert von:

$$30 \quad A_{LSM} = (20 \text{ S/m} / 20 \cdot 10^{-3} \text{ S/m}) \times (10 \cdot 10^{-4} \text{ m} / 10^{-2} \cdot 10^{-6} \text{ m}) \times (U_E / U_K) \times A_{YSZ}$$

$$A_{\text{LSM}} = (10^{-3-1+2} \times (U_E / U_K) \times A_{\text{YSZ}}$$

$$A_{\text{LSM}} / A_{\text{YSZ}} \approx 1 \dots 10.$$

- 5 Der leitende Querschnitt einer Kathodenplatte 2 aus LSM sollte somit etwa zehnmal größer sein, als der leitende Querschnitt des Elektrolytmaterials 4, um denselben Strom I durchleiten zu können. Es müsste also entweder der Querschnitt A_K der Kathodenplatte 2 oder ihre spezifische Leitfähigkeit σ_K um mehrere Größenordnungen angehoben werden. Da eine Vergrößerung des Querschnitts der Kathodenplatte 2 alleine nicht möglich ist, muss die effektive Leitfähigkeit $\sigma_{K,\text{eff}}$ der Kathodenplatte 2 erhöht und in Balance zur Leitfähigkeit der Anodenplatte 1 gebracht werden. Hierzu können hoch chromhaltige Stähle als metallische Leitgitter 6 eingesetzt werden. Für solche Stähle ergeben sich Werte von $\sigma_K = 2 \cdot 10^6 \text{ S/m}$ bei 1.000°C . Daraus folgt, dass der relevante Term in der
- 10
- 15 oben genannten Gleichung

$$A_K = (\sigma_E / \sigma_K) \times (d_K / d_E) \times (U_E / U_K) \times A_E.$$

akzeptable Größenordnungen erreicht:

20

$$A_K = 10^{-5-1+4} \times (U_E / U_K) \times A_{\text{YSZ}}$$

$$A_{\text{LSM}} / A_{\text{YSZ}} \approx 10^{-1} \dots 10^{-2}.$$

- 25 Das bedeutet, dass bei einer typischen Elektrolytfläche von etwa 100 cm^2 das metallische Leitgitter 6 eine Querschnittsfläche von etwa 1 bis 10 cm^2 annehmen müsste.

- Die Figur 2 lässt eine Ausführungsform eines Brennstoffzellenmoduls mit einer
- 30 Vielzahl kreuzweise gestapelter Anoden- und Kathodenplatten 1, 2 mit dazwi-

schen liegender Elektrolytmaterial-Schicht 3 erkennen. In dem Ausführungsbeispiel sind jeweils zwei Kathodenplatten 2 mit einer zwischenliegenden nicht elektronenleitenden Schicht übereinander angeordnet, um die Leitfähigkeit anzupassen.

5

Aus den Figuren 1 und 2 ist erkennbar, dass die Anodenplatten 1 mit ihrer Längsachse in einem Winkel von etwa 90° gedreht zu der Längsachse der Kathodenplatten 2 angeordnet sind, so dass im Uhrzeigersinn gesehen die Stirnseiten der Anodenplatten 1 mit den Zufuhranschlüssen zu den Röhren 5, die
10 Stirnseiten der Kathodenplatten 2 mit den Zufuhranschlüssen zu den Röhren 5, die Stirnseiten der Anodenplatten 1 mit den Abfuhranschlüssen zu den Röhren 5, und die Stirnseiten der Kathodenplatten 2 mit den Abfuhranschlüssen zu den Röhren 5 jeweils um 90° versetzt zueinander sind. Es ist also möglich auf jeder Stirnseite eines Brennstoffzellenmoduls jeweils einen einzigen Anschlussstutzen für die Gaszufuhr, die Gasabfuhr, die Brennstoffzufuhr oder die Brennstoffabfuhr vorzusehen. Zudem können die Anodenplatten 1 elektrisch parallel geschaltet und die Kathodenplatten 2 ebenfalls parallel zueinander geschaltet werden.

20 Die daraus resultierende geringe Ausgangsgleichspannung des Brennstoffzellenmoduls mit hoher Stromstärke im Vergleich zur herkömmlichen Serienschaltung kann durch eine Leistungselektronikschaltung mit Leistungshalbleitern kompensiert werden.

25 Die Figur 3 lässt ein Brennstoffzellenmodul 7 in perspektivischer Explosionsansicht erkennen, bei dem eine Vielzahl (vorzugsweise etwa jeweils 7) Anodenplatten 1 und Kathodenplatten 2 kreuzweise übereinandergestapelt sind. Die Elektrolyt- und Zwischenschichten 3, 4 sind nicht dargestellt. Es wird deutlich, dass in den Räumen zwischen den übereinanderliegenden Anschlussenden der
30 Anoden- und Kathodenplatten 1, 2 elektrisch leitendes Füllmaterial 8 eingebracht ist, dass die Räume vollständig ausfüllt. Als Füllmaterial kann ein den

Anoden- bzw. Kathodenplatten 1, 2 entsprechendes Material oder ein metallischer Schwamm oder metallischer Filz eingesetzt werden.

5 Durch die kreuzartige Architektur des Brennstoffzellenmoduls können die Anodenplatten 1 und Kathodenplatten 2 durch Anschlussstutzen 9 beispielsweise in Form metallischer Buchsen (ferritische Stähle) kompakt einheitlich versorgt sowie jeweils elektrisch parallel geschaltet werden. Dabei erfolgt die Zu- und Ab-
10 leitung der Gase bzw. Brennstoffe für die Anodenplatten 1 und Kathodenplatten 2 getrennt mit Zu- und Abluftleitungen 10. Dies ist bei Brennstoffzellen systembedingt erforderlich. Die Anschlussstutzen der Anodenplatten 1 sind der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt, entsprechen aber den skizzierten Anschlussstutzen 9 für die Kathodenplatten 2. Die Anschlussstutzen 9 sollten korrosionsfest sein, obwohl das Produktwasser in den Anodenplatten 1 bei den im Betrieb vorherrschenden hohen Temperaturen kontinuierlich ausgetragen wird.

15 Vorteilhaft ist es, wenn eine Luftkühlung zum Austrag des Produktwassers genutzt würde. Dabei könnte auch eine Nutzung der Kondensationsenergie erfolgen.

20 Die Figur 4 lässt eine perspektivische Ansicht einer Brennstoffzelle mit einer Vielzahl übereinander gestapelter in Reihe geschalteter Brennstoffzellenmodule 7 erkennen. Es wird deutlich, dass die Zufuhr B-IN von Brennstoff, beispielsweise von H_2CO , Methan oder Methanol o.ä., durch die Zufuhrleitung 10 des
25 Anschlussstutzens 9 der Anodenplatten 1 erfolgt. Die Abfuhr des Brennstoffs nach der Reaktion, d.h. $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{Wärme}$ erfolgt an der gegenüberliegenden Stirnseite der Anodenplatten 1. Die Zufuhr von Luft (O_2) erfolgt durch die Zufuhrleitung 10 des Anschlussstutzens 9 der Kathodenplatten 2 und die Abfuhr von entreicherter Luft O_2 und von Wärme erfolgt an der gegenüberliegenden
30 Stirnseite der Kathodenplatten 2.

Damit ist eine einfache Gasversorgung der Brennstoffzellenmodule 7 mit Luft von der einen Stirnseite und mit Brennstoff von der anderen um 90° versetzten

- Stirnseite auf nur zwei unterschiedlichen Wegen und eine entsprechende Abfuhr von Luft und Produktgas möglich. Hierdurch wird eine erhebliche Reduktion der Problematik der Gasdichtigkeit durch Reduzierung der Anzahl von Anschlüssen erreicht, da nicht mehr jede Anoden- und Kathodenplatte 1, 2 einzeln
- 5 versorgt werden muss. Zudem können die Brennstoffzellenmodule 7 in der Brennstoffzelle in einem Gehäuse so untergebracht werden, dass eine permanente äußere Spülung um die Anschlussstutzen 9 herum nicht nur eine Kühlung – ein Energiemanagement – ermöglicht, sondern auch leichte, betriebsphasenbedingte Undichtigkeiten der Anschlussstutzen 9 tolerabel sein lässt.
- 10
- Die Abnahme der elektrischen Leistung kann über die metallischen Anschlussstutzen 9 beispielsweise mit Druckkontakten realisiert werden. Die Spannung beträgt dabei etwa 0,7 bis 1 Volt pro Brennstoffzellenmodul mit parallel geschalteten Einzelzellen. Der Strom beträgt etwa 50 Ampere pro Brennstoffzellenmo-
- 15 dul. Durch eine Reihenschaltung einer Vielzahl von Brennstoffmodulen 7 in einer Brennstoffzelle kann die Spannung auf etwa 10 Volt angehoben werden, ohne dass erhebliche strukturelle Probleme hinsichtlich Montage, Wartung und Betriebssicherheit in Kauf genommen werden müssen. Da die Parallelschaltung in den Brennstoffzellenmodulen 7 einen vollständigen Ausfall sehr unwahr-
- 20 scheinlich sein lässt, gewährleistet die Reihenschaltung der Brennstoffzellenmodule 7 dennoch einen relativ stabilen Betrieb.

Patentansprüche

1. Brennstoffzellenmodul (7) mit einer Vielzahl übereinander gestapelter permeabler Anoden- und Kathodenplatten (1, 2), mit Elektrolytmaterial (3) zwischen benachbarten Anoden- und Kathodenplatten (1, 2), und mit Anschlüssen an den Anoden- und Kathodenplatten (1, 2) zur Zu- und Abfuhr von Gas (G) und Brennstoff (B), wobei die Anodenplatten (1) elektrisch parallel und die Kathodenplatten (2) elektrisch parallel geschaltet sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anodenplatten (1) und Kathodenplatten (2) jeweils sich in Längsrichtung erstreckende parallele Röhren (5) zur Durchleitung von Gas (G) oder Brennstoff (B) haben, die Längsachsen der Anodenplatten (1) im Winkel versetzt zu den Längsachsen der Kathodenplatten (2) ausgerichtet sind, und metallische Anschlussstutzen (9) an den Stirnseiten der Anodenplatten (1) und Kathodenplatten (2) angeordnet sind, die mit den parallelen Röhren (5) jeweils zur Zufuhr (IN) oder Abfuhr (OUT) von Gas (G) oder Brennstoff kommunizieren, wobei die an einer gemeinsamen Stirnseite jeweils befindlichen Anodenplatten (1) oder Kathodenplatten (2) mit den Anschlussstutzen (9) elektrisch parallel geschaltet und an eine gemeinsame Zu- oder Ableitung (10) angeschlossen sind.
2. Brennstoffzellenmodul (7) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anoden- und Kathodenplatten (1, 2) eine rechteckige Grundfläche mit im Verhältnis zu den Stirnseiten längeren Längsseiten haben, wobei die Anodenplatten (1) parallel zueinander und die Kathodenplatten (2) parallel zueinander ausgerichtet sind, und wobei die Längsachsen der Anodenplatten (1) im Winkel versetzt zu den Längsachsen der Kathodenplatten (2) ausgerichtet sind.
3. Brennstoffzellenmodul (7) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anoden- und Kathodenplatten (1, 2) kreuzartig zentriert ange-

ordnet sind, wobei die Längsachsen der Anodenplatten (1) im rechten Winkel zu den Längsachsen der Kathodenplatten (2) ausgerichtet sind.

- 5 4. Brennstoffzellenmodul (7) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an den Stirnseiten in den Räumen zwischen den übereinanderliegenden Anschlüssen der Anoden- oder Kathodenplatten (1, 2) elektrisch leitendes Füllmaterial (8) eingebracht ist, das die Räume vollständig ausfüllt.
- 10 5. Brennstoffzellenmodul (7) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gemeinsame Zu- oder Ableitung (10) einen sich über die Höhe des Brennstoffzellenmoduls (7) und über die Breite der zugeordneten Stirnseite erstreckenden Anschlussstutzen (9) hat.
- 15 6. Brennstoffzellenmodul (7) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anodenplatten (1) und die Kathodenplatten (2) auf den Oberflächen der rechteckigen Grundfläche eine elektrisch isolierende, ionenleitende Elektrolytschicht (3) haben.
- 20 7. Brennstoffzellenmodul (7) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Elektrolytschicht (3) 8YSR oder ScSZ aufweist.
- 25 8. Brennstoffzellenmodul (7) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen übereinander angeordneten Anodenplatten (1) und Kathodenplatten (2) jeweils eine elektrisch isolierende, ionenleitende Zwischenschicht (4) angeordnet ist.
9. Brennstoffzellenmodul (7) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zwischenschicht (4) Nickel-8YSR oder CeO_x/Ni aufweist.

10. Brennstoffzellenmodul (7) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anodenplatten (1) Nickel-Cermet aufweisen.
- 5 11. Brennstoffzellenmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kathodenplatten Perowskit ($\text{La}_x\text{Sr}_y\text{Ca}_z\text{MnO}_3$) aufweisen.
- 10 12. Brennstoffzellenmodul (7) nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit einer Leistungselektronikschaltung mit einem Strom-Spannungswandler zur Spannungsanhebung.
- 15 13. Brennstoffzellenbatterie mit mindestens zwei Brennstoffzellenmodulen (7) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennstoffzellenmodule (7) elektrisch in Reihe geschaltet sind.
- 20 14. Brennstoffzellenbatterie nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennstoffzellenmodule (7) übereinander gestapelt sind.

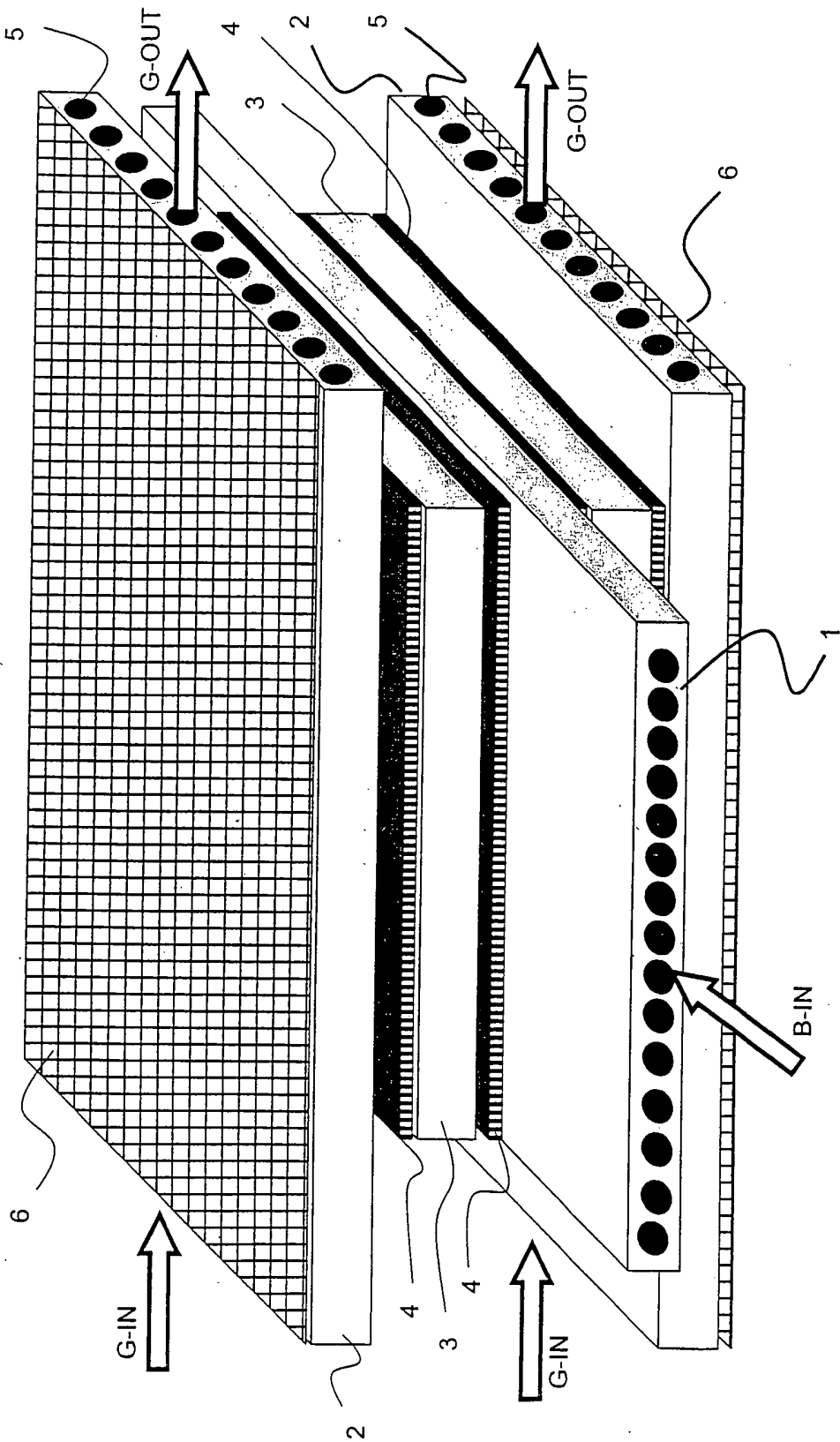


Fig. 1

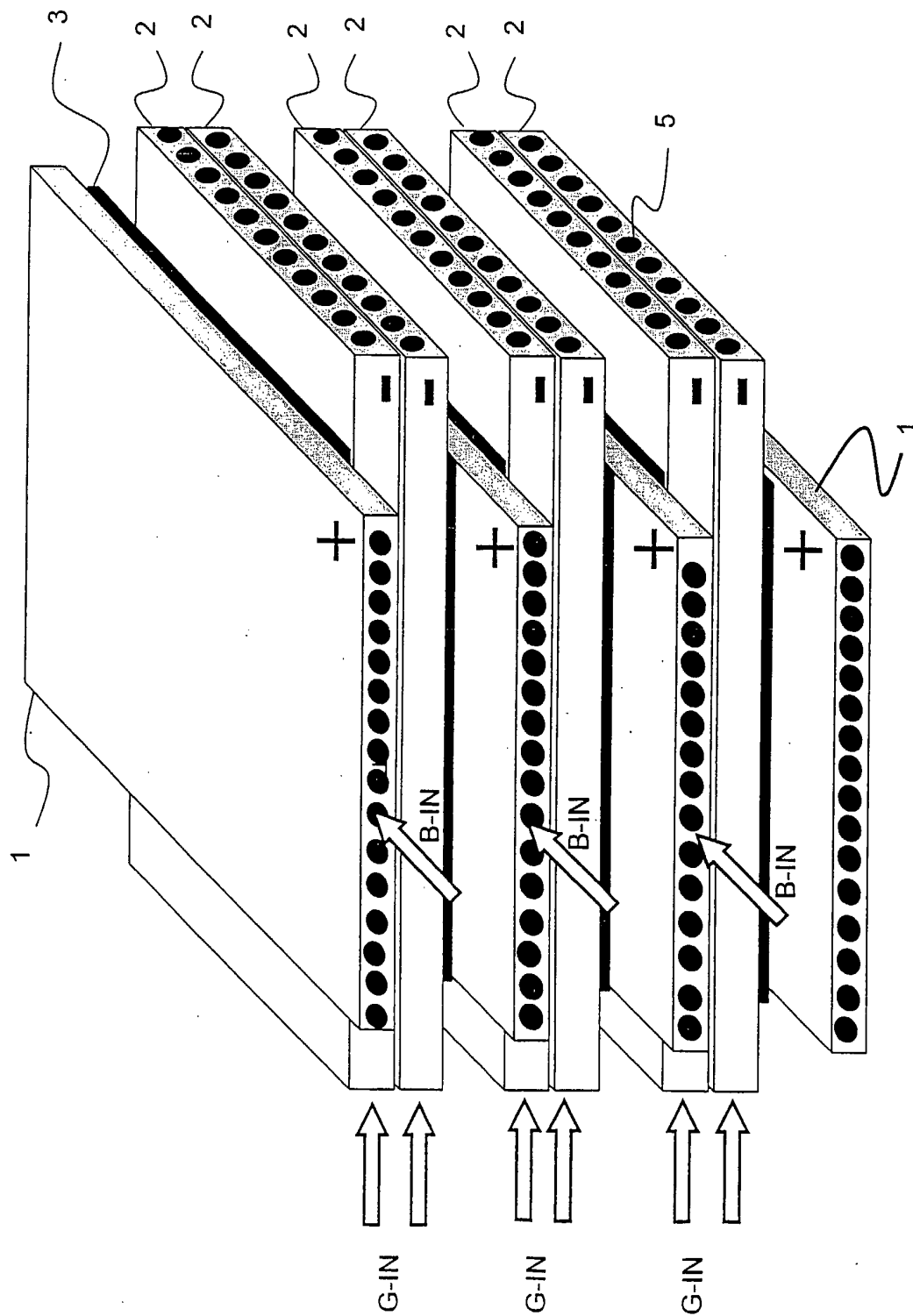


Fig. 2

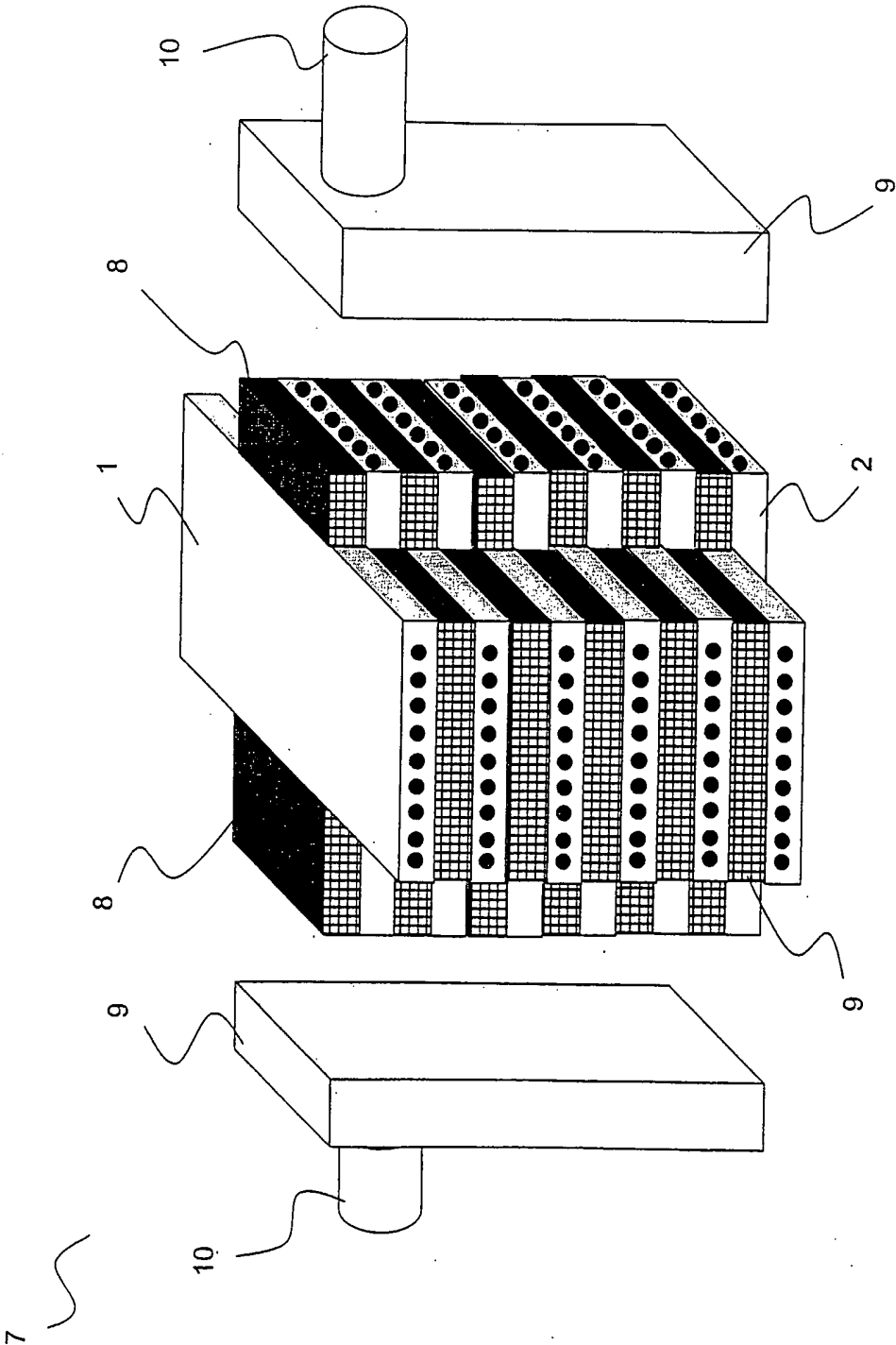


Fig. 3

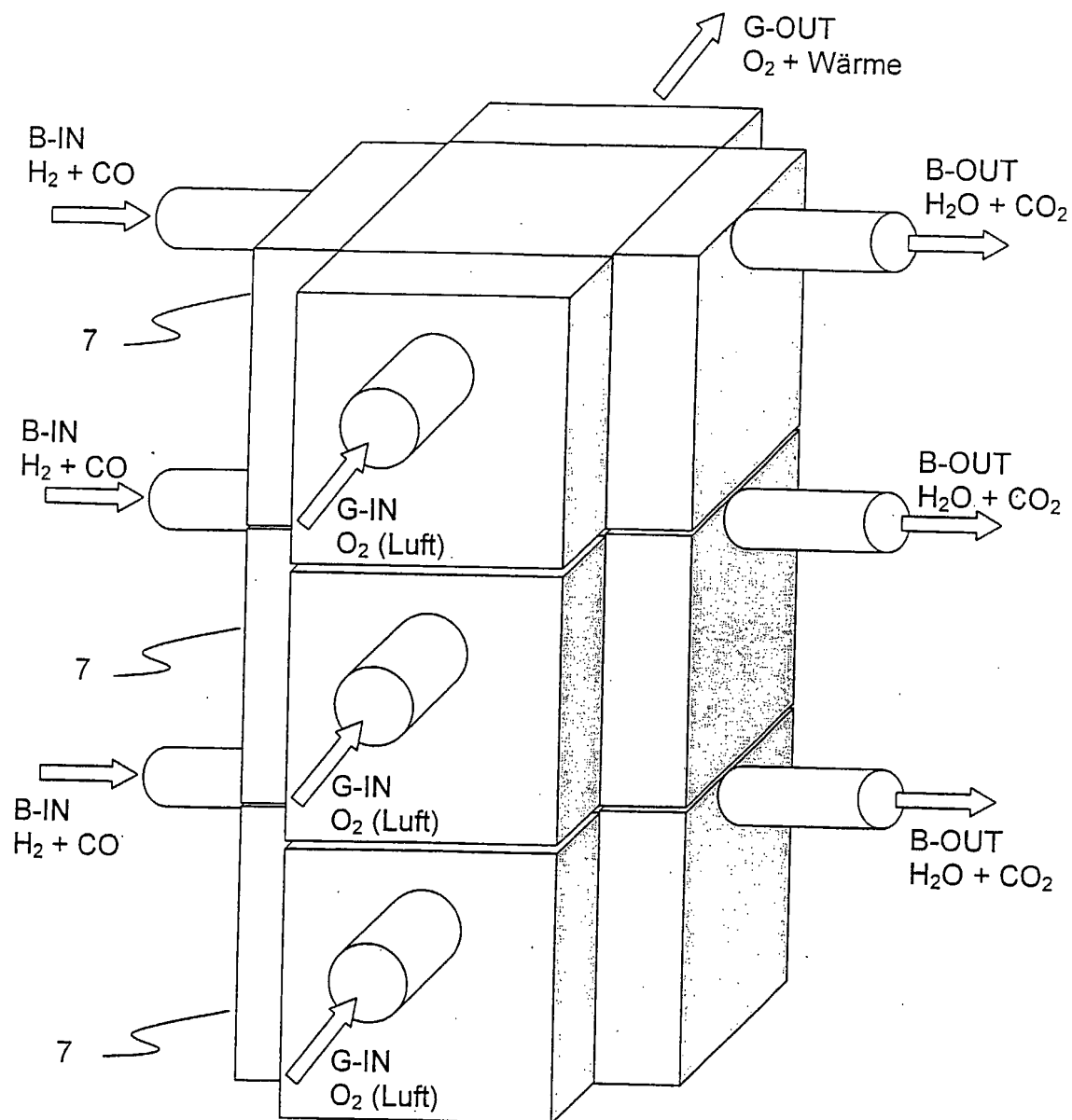


Fig. 4