

(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
26. Februar 2004 (26.02.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/017450 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01M 8/04**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/002200

(22) Internationales Anmeldedatum:
2. Juli 2003 (02.07.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 35 757.2 18. Juli 2002 (18.07.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): DAIMLERCHRYSLER AG [DE/DE]; Epplerstrasse
225, 70567 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

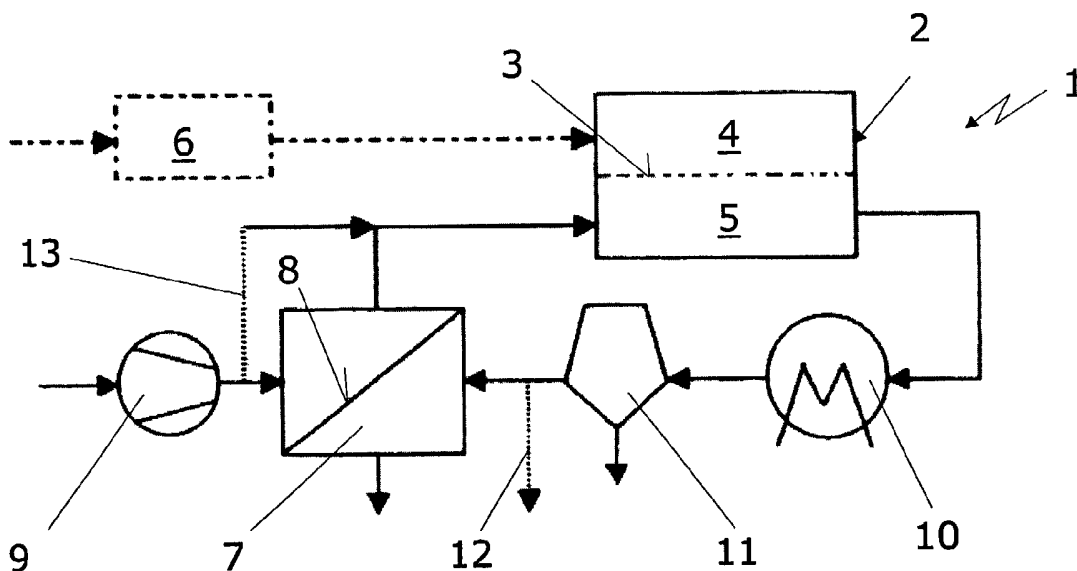
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BERGER, Gerhard**
[DE/DE]; Natternweg 3, 73061 Ebersbach (DE). **INTROP,
Jens** [DE/DE]; Friedenstrasse 6, 89073 Ulm (DE). **KON-
RAD, Gerhard** [DE/DE]; Mendelstrasse 16, 89081 Ulm
(DE). **LAMM, Arnold** [DE/DE]; Thalfinger Strasse 63,
89275 Elchingen (DE). **SCHNETZLER, Sven** [DE/DE];
Zwischenhausen 4, 35037 Marburg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, 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, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR HUMIDIFYING A GAS FLOW

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR BEFEUCHTUNG EINES GASSTROMS



(57) Abstract: A device used for humidifying the flow of a gas which is to be humidified, e.g., fed to a fuel cell system. A moist gas, e.g. a moist waste gas from said fuel cell system is used for said humidification, whereby said gas flows together with the gas flow in a humidifying device. The two gas flows are separated from each other by a membrane in the humidifying device. The membrane is exclusively permeable for water vapour. According to the invention, at least one bypass line is provided. At least one of the gas flows can be partially guided via said bypass line around the region of the membrane in the humidifying device. The saturation point can thus be freely adjusted in an advantageous manner in the gas which is to be humidified.

(57) Zusammenfassung: Eine Vorrichtung dient zum Befeuchten eines zu befeuchtenden Gasstroms, welcher z.B. einem Brennstoffzellensystem zugeführt wird. Zur Befeuchtung wird dabei ein feuchtes Gas, z.B. ein feuchtes Abgas aus dem Brennstoffzellensystem, genutzt, welches zusammen mit dem zu befeuchtenden Gasstrom in eine Befeuchtereinrichtung strömt. Die beiden Gasströme sind dabei durch

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/017450 A2



SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, 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, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

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.

eine Membran in der Befeuchtereinrichtung voneinander getrennt, wobei die Membran lediglich für Wasserdampf durchlässig ist. Erfindungsgemäss ist wenigstens eine Bypassleitung vorgesehen, durch welche zumindest einer der Gasströme teilweise um dem Bereich der Membran in der Befeuchtereinrichtung führbar ist. Dadurch kann der Taupunkt in dem zu befeuchtenden Gasstrom in vorteilhafter Weise frei eingestellt werden.

Vorrichtung und Verfahren zur Befeuchtung eines Gasstroms

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Befeuchtung wenigstens eines Gasstroms, insbesondere eines zu einem Brennstoffzellensystem strömenden Gasstroms, nach der im Oberbegriff von Anspruch 1 näher definierten Art.

Prinzipiell kennt der Stand der Technik zwei verschiedene Arten von PEM-Brennstoffzellensystemen (PEM = Polymer-Elektrolyt-Membran). Man unterscheidet dabei zwischen Brennstoffzellensystemen mit einer Gaserzeugungseinrichtung und solchen, welche unmittelbar mit Wasserstoff betrieben werden. Bei Brennstoffzellensystemen mit Gaserzeugungseinrichtung wird in der Gaserzeugungseinrichtung ein wasserstoffhaltiges Gas zum Betreiben der Brennstoffzelle erzeugt. Im allgemeinen wird dazu eine kohlenwasserstoffhaltige Verbindung, beispielsweise Alkohol, Benzin oder Diesel, zusammen mit Wasser und gegebenenfalls Luft in ein wasserstoffreiches Gas und Kohlendioxid umgewandelt.

Bei beiden oben beschriebenen Brennstoffzellensystemen muß die dem Kathodenbereich der PEM-Brennstoffzelle zugeführte Luft, oder ein anderes sauerstoffhaltiges Medium, entsprechend befeuchtet werden, um die PEM vor der Austrocknung zu bewahren. Zusätzlich muß bei Brennstoffzellensystemen mit einer Gaserzeugungseinrichtung die Wasserbilanz des Brennstoffzellensystems nach Möglichkeit in sich geschlossen sein, um einerseits die Befeuchtung der PEM sicherzustellen und andererseits ohne andauerndes Nachtanken genügend Wasser für den Betrieb der Gaserzeugungseinrichtung bereitzustellen. Das Wasser dient, insbesondere in flüssiger Form gespeichert,

dann für eine Heissdampfreformierung oder autothermen Reformierung der zur Wasserstoffgewinnung eingesetzten kohlenwasserstoffhaltigen Verbindung in der Gaserzeugungseinrichtung.

5 In der PEM-Brennstoffzelle selbst wird ein Anodenraum, welchem der Wasserstoff oder das wasserstoffhaltige Gas zugeführt wird, durch die PEM, welche üblicherweise im Rahmen einer Membran-Elektroden-Einheit (MEA - Membrane Elektrode Assembly) verbaut wird, von dem Kathodenraum getrennt, welchem
10 ein sauerstoffhaltiges Medium, insbesondere Luft, zugeführt wird. In der Brennstoffzelle wird bei den derzeit üblichen Aufbauten gleichzeitig Wasser von der Anodenseite auf die Kathodenseite der PEM transportiert. Ebenso entsteht bei der Umsetzung von Wasserstoff und Sauerstoff das Produktwasser.
15 Dieses Produktwasser wird üblicherweise durch einen Abgasstrom aus dem Kathodenraum abgeführt.

Die US 6,007,931 sowie die US 6,048,383 beschreiben nun entsprechende Verfahren, bei denen der feuchte Abgasstrom aus
20 dem Kathodenraum durch eine Befeuchtereinrichtung geführt wird, welche über eine für Wasserdampf durchlässige Membran verfügt. Der in dem Abgasstrom enthaltene Wasserdampf kann so durch Membran hindurchtreten und einen in der Befeuchtereinrichtung auf der anderen Seite der Membran strömenden Gasstrom befeuchten. Dieser Gasstrom kann dabei insbesondere die
25 im Kathodenraum zugeführte Luft sein.

Bei diesem Verfahren stellt sich nun in dem dem Kathodenraum zuströmenden, zu befeuchtenden Gasstrom ein Taupunkt ein,
30 welcher im wesentlichen von der Temperatur des Kathodenabgases, der Übertragungsleistung der Membran und dem Lastpunkt des Brennstoffzellensystems abhängt. Dabei kann es bei höherer Übertragungsleistung jedoch dazu kommen, dass sich in dem zu befeuchtenden, dem Kathodenraum zugeführten Gasstrom derart hohe Taupunkte einstellen, dass ein zuverlässiger Betrieb
35 der Brennstoffzelle nicht mehr gewährleistet ist. Anstatt einer sinnvollen Befeuchtung kommt es praktisch zu einer „Über-

flutung" der PEM bzw. der in ihrem Bereich angeordneten Elektronen/Katalysatoren und/oder des Kathodenraums, die elektrische Leistung der Brennstoffzelle fällt damit ab.

5 Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine einfache und kompakt auszuführende Vorrichtung und ein Verfahren zum Befeuchten wenigstens eines Gasstroms, insbesondere zu einem Brennstoffzellensystem strömenden Gasstroms, zu schaffen, bei dem die Möglichkeit besteht, den Taupunkt in
10 dem wenigstens einen zu befeuchtenden Gasstrom zu variieren und insbesondere auf einem jeweils vorgegebenen Wert einzustellen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die im Kennzeichnenden Teil von Anspruch 1 genannten Merkmale gelöst.
15

Ein Verfahren zur Lösung der oben genannten Aufgabe in Kombination mit der Vorrichtung gemäß Anspruch 1 ergibt sich aus dem kennzeichnenden Teil des Anspruchs 14.
20

Besonders günstige Verwendungen für die oben genannte erfindungsgemäße Vorrichtung und gegebenenfalls das oben genannte erfindungsgemäße Verfahren ergeben sich aus den Ansprüchen 15 oder 16.

25 Durch die wenigstens eine Bypassleitung lässt sich in besonders einfacher und effektiver Weise der Volumenstrom auf zumindest einer Seite der für Wasserdampf durchlässigen Membran beeinflussen.

30 So kann der Volumenstrom, welcher befeuchtet werden soll und den Wasserdampf aufnimmt, variiert werden. Dieser kann dann z.B. mit dem durch die Bypassleitung gelangenden Teil vermischt werden, wodurch sich in dem Gemisch der gewünschte
35 Taupunkt einstellen lässt. Eine Variation des Taupunkts wird so durch eine einfache Einrichtung, beispielsweise mittels Proportionalventilen oder dergleichen möglich.

Alternativ dazu kann auch ein Teil des feuchten Gases durch eine Bypassleitung um die Membran herumgeführt werden. Dadurch lässt sich über eine ebenfalls sehr einfache Beeinflussung der Volumenströme, z.B. durch eine Ventileinrichtung, 5 die Menge an angebotenem Wasserdampf verändern, wodurch sich auch die Befeuchtung des zu befeuchtenden Gasstroms variieren lässt. Auch so lässt sich mit sehr einfachen Mitteln der Taupunkt in dem zu befeuchtenden und später z.B. einer Brennstoffzelle zugeleiteten Gasstrom beeinflussen. 10

Gemäß einer besonders günstigen Weiterbildung der oben genannten Erfindung wird der feuchte Abgasstrom nach dem Durchströmen der Befeuchtereinrichtung und/oder der Bypassleitung 15 in eine weitere vergleichbar aufgebaute Befeuchtereinrichtung zur Befeuchtung eines weiteren Gasstroms geführt. In diesem Aufbau wird sichergestellt, dass die gesamte in dem Abgasstrom vorliegende Feuchte bzw. der Wasserdampf zurückgewonnen und dem System zur Verfügung gestellt wird. Dies wirkt sich 20 beispielsweise bei einem Brennstoffzellensystem besonders positiv auf dessen Wasserbilanz aus, so dass hier auf ein Nachtanken von Wasser zum Betreiben des Brennstoffzellensystems verzichtet werden kann.

25 Gemäß einer weiteren sehr günstigen Ausgestaltung der Erfindung ist die wenigstens eine Bypassleitung in die Befeuchtereinrichtung selbst integriert.

Dadurch entsteht ein sehr kompakter und platzsparender Aufbau, 30 welcher insbesondere bei der Verwendung der Erfindung in einem Brennstoffzellensystem in einem Kraftfahrzeug, Boot oder dergleichen von besonderem Vorteil ist.

In einer Weiterbildung der Erfindung lässt sich die erfindungsgemäße Vorrichtung auch zum Trocknen eines Gasstroms 35 nutzen.

Dafür ist lediglich eine Umkehrung von „Nutzgasstrom“ und „Abgas(Stripgas)-strom notwendig. So kann ein feuchter Gasstrom über einen zuerst trockenen und nach der Befeuchtereinrichtung dann feuchten Stripgasstrom in einem genau einstellbaren Verhältnis entfeuchtet werden.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den restlichen Unteransprüchen und werden anhand des nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert.

Dabei zeigen:

- Fig. 1 ein Brennstoffzellensystem in einer erfindungsgemäßen Ausführung;
- Fig. 2 ein möglicher Aufbau einer Befeuchtereinrichtung gemäß der Erfindung in einer Prinzipdarstellung;
- Fig. 3 ein Aufbau der Befeuchtereinrichtung gemäß Fig.2 mit einer Einrichtung zur Variation des Volumenstroms durch eine Bypassleitung;
- Fig. 4 ein weiterer möglicher Aufbau einer Einrichtung zur Variation des Volumenstroms durch die Bypassleitung;
- Fig. 5 ein weiterer Alternativer Aufbau einer Einrichtung zur Variation des Volumenstroms durch die Bypassleitung;
- Fig. 6 ein weiterer möglicher Aufbau einer Befeuchtereinrichtung gemäß der Erfindung in einer Prinzipdarstellung;
- Fig. 7 eine alternative Ausführungsform des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems; und

Fig. 8 eine weitere alternative Ausführungsform des erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems.

Nachfolgend ist die Erfindung anhand einer Vorrichtung zum Befeuchten eines Gasstroms für ein Brennstoffzellensystem
5 eingehend beschrieben, sie soll damit jedoch nicht auf diesen konkreten Anwendungsfall eingeschränkt sein.

In Fig. 1 ist ein Brennstoffzellensystem 1 dargestellt. Das Brennstoffzellensystem 1 weist wenigstens eine Brennstoffzelle 2 auf, welche als einzelne Zelle oder insbesondere als ein
10 aus mehreren Einzelzellen bestehender Brennstoffzellenstack aufgebaut sein kann. Die Brennstoffzelle 2 weist eine Protonen leitende Membran 3, insbesondere eine PEM, auf, welche einen Anodenraum 4 von einem Kathodenraum 5 der Brennstoff-
15 zelle 2 trennt. In der Brennstoffzelle 2 wird nun aus einem wasserstoffhaltigen Medium, welches dem Anodenraum 4 zugeführt wird und einem sauerstoffhaltigen Medium, welches dem Kathodenraum 5 zugeführt wird, elektrische Leistung in an
sich bekannter Weise erzeugt. Für die hier dargestellten Vor-
20 richtungen zur Befeuchtung spielt dabei weder diese elektrische Leistung noch die Art und Weise, auf welche das wasserstoffhaltige Medium erzeugt und/oder zugeführt wird, eine Rolle.

25 Beispielhaft ist bei dem hier dargestellten Brennstoffzellensystem 1 eine optionale Gaserzeugungseinrichtung 6 angedeutet, in welcher aus einem Kohlenstoff und Wasserstoff aufweisenden Verbindung zusammen mit Wasser und gegebenenfalls einem sauerstoffhaltigen Medium ein wasserstoffreiches Gas erzeugt wird. Die Funktionsweise der Erfindung ist prinzipiell
30 jedoch auch bei anderen Brennstoffzellensystemen 1, beispielsweise bei solchen, welche in einem Tank gespeichertes Wasserstoffgas zugeführt bekommen, möglich.

35 Im hier dargestellten Brennstoffzellensystem 1 wird das von der Brennstoffzelle 2 erzeugte Produktwasser, üblicherweise

im Bereich des Kathodenraums 5, anfallen. Dieses Produktwasser wird dann zusammen mit einem Abgasstrom aus dem Kathodenraum 5 abgeführt. Gleichzeitig benötigt der Kathodenraum 5 bei der Zufuhr des sauerstoffhaltigen Mediums, insbesondere Luft, jedoch auch einen definierten Feuchtegehalt bzw. Taupunkt, um eine Austrocknung der beispielsweise als Polymer-elektrolytmembran aufgebauten Membran 3 zu verhindern.

Der Abgasstrom aus dem Kathodenraum 5 wird daher in eine Befeuchtereinrichtung 7 geleitet. In dieser Befeuchtereinrichtung 7 befindet sich wenigstens eine Membran 8, welche für das Abgas an sich undurchlässig und dem in dem Abgas enthaltenen Wasserdampf durchlässig ist. Derartige Membranen 8 sind aus dem Stand der Technik bekannt und können aus verschiedenen Polymerwerkstoffen, Hohlfasermembranen oder dergleichen, bestehen. Auf der anderen Seite der Membran 8 strömt ein zu befeuchtender Gasstrom, welcher den durch die Membran 8 gelangenden Wasserdampf aufnimmt und im hier dargestellten Ausführungsbeispiel dann dem Kathodenraum 5 als befeuchtete Zuluft zugeführt wird. Zur Förderung dieses Gasstromes befindet sich vor der Befeuchtereinrichtung 7 eine entsprechende Förderereinrichtung 9, z.B. ein Kompressor. Der Abgasstrom wird, bevor er aus dem Bereich des Kathodenraums 5 in die Befeuchtereinrichtung 7 gelangt, mittels eines Wärmetauschers 10 abgekühlt, so dass ein Teil des Produktwassers auskondensieren kann. Dieser auskondensierte und ein weiterer, von dem Abgasstrom flüssig mitgerissener Teil des Produktwassers der Brennstoffzelle wird zwischen dem Wärmetauscher 10 und der Befeuchtereinrichtung 7 in einem Flüssigkeitsabscheider 11 flüssig abgeschieden. Dieses flüssig abgeschiedene Wasser kann dann für andere Zwecke verwendet werden, worauf in den nachfolgend noch dargestellten Ausführungsbeispielen näher eingegangen wird.

In einem derartigen Brennstoffzellensystem 1 wird somit auf einfache und effektive Weise dafür gesorgt, dass zumindest der wenigstens annähernd größte Teil des in dem Abgasstrom

befindlichen Wassers zurückgewonnen wird. Insbesondere wird ein Teil des in dem Abgasstrom befindlichen Wasserdampfs zur notwendigen Befeuchtung eines Gasstroms, insbesondere der Zuluft zu dem Kathodenraum 5 genutzt. Nachteilig ist es nun, dass die Übertragung des Wasserdampfes und damit die Befeuchtung des zu befeuchtenden Gasstroms durch die Größe der Membran 8 fest vorgegeben ist. Um hier jedoch eine wünschenswerte Einstellung des Taupunkts in dem befeuchteten Gasstrom realisieren zu können, was bei bestimmten Lastzuständen notwendig ist, um einen zu hohen Wassergehalt im Bereich des Kathodenraums 5 zu verhindern, da dies der Leistungsfähigkeit der Brennstoffzelle 2 abträglich wäre.

Zur Beeinflussung des Taupunkts des zu befeuchtenden Gasstroms sieht das hier dargestellte Brennstoffzellensystem 1 nun wenigstens eine von zwei, hier gestrichelt dargestellten, Bypassleitungen 12, 13, vor. Prinzipiell ist dabei jede der beiden Bypassleitungen 12, 13 alleine in der Lage eine Einstellung des Taupunkts in dem zu befeuchtenden Gasstrom mit einfachsten Mitteln zu realisieren. Neben jeder einzelnen der Bypassleitungen 12, 13 kann darüber hinaus eine Kombination, also das Vorhandensein von beiden Bypassleitungen 12 und 13 in dem Brennstoffzellensystem 1, vorgesehen sein. Nachfolgend wird die Funktionsweise der Bypassleitungen im einzelnen erläutert.

Die Bypassleitung 12, welche über eine hier nicht dargestellte Einrichtung zur Variation des in ihr strömenden Volumenstroms verfügt, durch welche der Anteil des Volumenstroms des Abgases, welcher durch die Bypassleitung 12 strömt, einstellbar ist, funktioniert dabei folgendermaßen. Ein Teil des den Wasserdampf transportierenden Abgasstroms gelangt in die Bypassleitung 12, während nur der verbleibende Teil in die Befeuchtereinrichtung 7 gelangt. Damit lässt sich mit einfachsten Mitteln das Angebot an Wasserdampf in der Befeuchtereinrichtung 7 variieren, so dass der zu befeuchtende Gasstrom nur den zur Verfügung stehenden Wasserdampf aufnehmen kann

und somit der Taupunkt in dem zu befeuchtenden Gasstrom durch das Angebot an Wasserdampf eingestellt werden kann. Diese Variante hat dabei den Nachteil, dass ein Teil des feuchten Abgases bei dem Brennstoffzellensystem 1 gemäß Fig. 1 ungenutzt aus dem Brennstoffzellensystem 1 entweicht und damit auch Wasser ungenutzt an die Umgebung gelangt. Dies kann jedoch durch einen Aufbau, wie er in Fig. 8 nachfolgend beschrieben ist, vermieden werden.

- Die alternative oder gegebenenfalls auch zusätzlich verwendbare Variante mit der Bypassleitung 13 sieht vor, dass nur ein Teil des zu befeuchtenden Gasstroms durch die Befeuchtereinrichtung 7 strömt. Dieser kann dann nach der Befeuchtereinrichtung 7 wieder mit dem durch die Bypassleitung 13 strömenden und damit trocken bleibenden Gasstrom vermischt werden. Durch eine entsprechende Einstellung des Volumenverhältnisses durch die Bypassleitung 13 einerseits und die Befeuchtereinrichtung 7 andererseits kann der Taupunkt in dem Gasstrom, welcher in dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel dann in den Kathodenraum 5 eintritt, variiert bzw. eingestellt werden.

- In Fig. 2 ist nun eine konkrete Ausführungsform der Befeuchtereinrichtung 7 im Querschnitt dargestellt. Auf die Darstellung einer Einrichtung zur Variation der Volumenströme durch den Bereich der Membran 8 einerseits und den Bereich der Bypassleitung 12, 13 andererseits ist hier noch verzichtet worden. Eine derartige Einrichtung ist jedoch vorhanden.

- Die Bypassleitung 12, 13 (es spielt für die Funktionsweise keine Rolle, welche der Bypassleitungen in der hier dargestellten Art ausgebildet ist) ist in die Befeuchtereinrichtung 7 integriert. Besonders günstig ist dies, wenn die Membran 8 als Bündel von Hohlfasern ausgebildet ist, da dann die Bypassleitung 12, 13 einfach als Rohrleitung in das Bündel integriert werden kann. Es sind jedoch auch alle anderen Varianten von Membranen 8 denkbar. Auch die geometrische Form

der Befeuchtereinrichtung 7 und/oder der Bypassleitung 12, 13 kann annähernd beliebig variiert werden.

Der eine der Gasströme strömt dann vom Eintrittsbereich 14
5 der Befeuchtereinrichtung 7 zum Austrittsbereich 15 derselben. Der andere strömt durch weitere Leitungselemente 16, welche hier nur prinzipmäßig angedeutet sind, in den Bereich der Membranen 8. Setzt man nun einen höheren Strömungsdruckverlust für den von dem Eintrittsbereich 14 zu dem Austrittsbereich 15 strömenden Gasstrom im Bereich der Membran 8 als
10 im Bereich der Bypassleitung 12, 13 voraus, so wird der Gasstrom überwiegend durch den Bereich der Bypassleitung 12, 13 strömen. Aufgrund der großen Oberflächen der Membranen 8 ist dies im allgemeinen immer gegeben.

15 Um nun eine Steuerung/Regelung der Volumenströme zu erreichen, wird der Querschnitt der Bypassleitung 12, 13 durch eine Einrichtung zur Variation des Volumenstroms verändert. In Fig. 3 ist diese Einrichtung als Ventilstößel 17 dargestellt.
20 Durch eine Bewegung in axialer Richtung kann der verbleibende Einström- oder Ausströmquerschnitt (Die Strömungsrichtung spielt für die Funktionsweise keine Rolle) in oder aus der Bypassleitung 12, 13 zwischen „Geschlossen“ und „Offen“ stufenlos variiert werden. Der dann nicht mehr durch die Bypassleitung 12, 13 strömende restliche Teil des Volumenstroms
25 durchströmt dann den Bereich der Membranen 8 und wird dort befeuchtet oder gibt den in ihm enthaltenen Wasserdampf ab.

In Fig. 4 ist eine weitere der Einrichtung in einer alternativen Ausführungsform dargestellt. Dies ist für eine runde
30 bzw. rohrförmige Ausführung der Befeuchtereinrichtung 7 geeignet. Die beiden dargestellten Scheiben 18 mit ihren Öffnungen 19 werden im Eintritts- oder Austrittsbereich 14, 15 konzentrisch in Strömungsrichtung unmittelbar nacheinander
35 angeordnet. Werden Sie nun gegeneinander verdreht, so geben durch die sich unterschiedlich stark überlappenden Öffnungen

19 unterschiedliche Bereiche der Membranen 8 und/oder der Bypassleitung 12, 13 zur Durchströmung frei.

In Fig. 5 ist eine weitere Möglichkeit einer Einrichtung dargestellt, bei der die Variation des durchströmbaren Querschnitts über eine auf der Scheibe 18 exzentrisch befestigte Blendenscheibe 20 erfolgt, welche in den Bereich des durchströmbaren Querschnitts gebracht werden kann. Zur Variation des durchströmbaren Querschnitts im Bereich der Membranen 8, kann hier wieder eine zweite Scheibe im Sinne der Figur 4 Verwendung finden.

Neben diesen hier dargestellten Einrichtungen zur Variation des durchströmbaren Querschnitts können auch alle weiteren Varianten, Kombinationen aus denkbaren und geeigneten Einrichtung eingesetzt werden, insbesondere Blenden und dergleichen, welche axial und/oder in ihren Durchmesser variiert werden können. Der besondere Vorteil der kompakten Bauweise erschließt sich dabei mit allen Ausführungsformen, welche so ausgebildet sind, dass eine Integration in den Eintritts- oder Austrittsbereich möglich wird.

In Fig. 6 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der Befeuchtereinrichtung 7 dargestellt. Abweichend von dem in Fig. 2 dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Bypassleitung 12, 13 hier exzentrisch angeordnet. Wird die Bypassleitung 12, 13 nun gegenüber dem Rest der Befeuchtereinrichtung 7 in Richtung der Schwerkraft nach unten angeordnet, so kann sich im Bereich der Befeuchtereinrichtung ggf. sammelndes auskondensierendes Wasser durch die Bypassleitung 12, 13 ideal angeführt werden. Das Wasser kann dann durch die Bypassleitung 12, 13 selbst oder durch eine optionale Abflussöffnung 21 abgeführt und dem System wieder zur Verfügung gestellt werden, analog zu dem im Flüssigkeitsabscheider 11 anfallenden Wasser.

Fig. 7 zeigt eine alternative Variante des Brennstoffzellensystems 1, wobei hier vergleichbare Bauteile mit den analogen Bezugszeichen wie in Fig. 1 versehen sind. Die Gaserzeugungseinrichtung 6 ist in dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel des Brennstoffzellensystems 1 dabei eine notwendige Einrichtung und nicht, wie bei dem oben gezeigten Ausführungsbeispiel, als Option zu sehen. Bei dem Brennstoffzellensystem 1 in dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 7 ist dabei ausschließlich die Bypassleitung 13 zur Einstellung des Taupunkts in dem zu befeuchtenden Gasstrom vorhanden, wobei diese nach dem oben bereits beschriebenen Prinzip arbeitet. Außerdem wird das in dem Flüssigkeitsabscheider 11 in flüssiger Form abgeschiedene Wasser über eine Leitung 21 wieder der Gaserzeugungseinrichtung 6 zugeführt.

15 In der Gaserzeugungseinrichtung 6 wird dieses Wasser zusammen mit einer kohlenwasserstoffhaltigen Verbindung, beispielsweise Benzin, Diesel, Alkohol oder dergleichen, in an sich bekannter Weise zu einem wasserstoffreichen Gas zum Betreiben der Brennstoffzelle 2 umgesetzt. Zusätzlich zu dem Wasser, 20 welcher über die Leitung 22 der Gaserzeugungseinrichtung 6 zugeführt wird, und der kohlenwasserstoffhaltigen Verbindung, deren Zuführung hier nicht dargestellt ist, wird der Gaserzeugungseinrichtung 6 ein sauerstoffhaltiges Medium zugeführt, welches über eine Fördereinrichtung 23 durch eine weitere Befeuchtereinrichtung 24 zu der Gaserzeugungseinrichtung 6 gefördert wird. Auch diese weitere Befeuchtereinrichtung 23 ist im Prinzip analog zu der Befeuchtereinrichtung 7 aufgebaut. Auch sie weist vergleichbare Membranen 8 auf, welche 30 lediglich für Wasserdampf durchlässig sind. Die Feuchtigkeit zur Befeuchtung der Zuluft zu der Gaserzeugungseinrichtung 6 stammt dabei ebenfalls von dem Abgasstrom, welcher nach der Befeuchtereinrichtung 7 noch eine gewisse Restfeuchte enthält, welche er in der weiteren Befeuchtereinrichtung 24 an 35 die Zuluft zu dem Gaserzeugungssystem 6 abgibt. In diesem Aufbau kann bei durch die Bypassleitung 13 weiterhin gegebener Möglichkeit der Einstellung des Taupunkts in der Zuluft

zu dem Kathodenraum 5 die ideale Ausnutzung der in dem Abgasstrom enthaltenen Feuchte sichergestellt werden. Eine Variation des Taupunkts ist bei der Zuluft zu der Gaserzeugungseinrichtung 6 dabei nicht notwendig, da hier durch die geregelte Zufuhr von flüssigem Wasser die für die ideale Umsetzung der Ausgangsstoffe benötigte Wasseranteil ohnehin nachträglich eingestellt wird und der Anteil an Wasserdampf in der befeuteten Zuluft nur einen vergleichsweise geringen Teil des benötigten Wassers bereitstellt.

In Fig. 8 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel dargestellt, wobei auch hier die Bezugszeichen von vergleichbar funktionierenden Bauelementen analog zu den vorhergehenden Figuren gewählt wurden.

Das in Fig. 8 dargestellte Brennstoffzellensystem 1 weist zum Einstellen des Taupunkts in dem dem Kathodenraum 5 zugeführten Zuluftstrom die oben bereits beschriebene Variante unter Verwendung der Bypassleitung 12 auf. Wie oben bereits erwähnt, hat diese Variante den prinzipiellen Nachteil, dass ein Teil des feuchten Abgases um die Befeuchtereinrichtung 7 strömt und die in ihm enthaltene Feuchte damit prinzipiell verloren geht. Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 8 ist dieser Nachteil nun so vermieden, dass der Anteil des Abgasstroms, welcher durch die Bypassleitung 12 strömt, nicht unmittelbar mit dem Abgasstrom nach der Befeuchtereinrichtung 7 vermischt wird, sondern dass dazwischen die weitere Befeuchtereinrichtung 24 angeordnet ist. Die in dem Abgasstrom, welcher durch die Bypassleitung 12 strömt, enthaltene Feuchte kann somit in der weiteren Befeuchtereinrichtung 24, analog zu Fig. 7, in die Zuluft für die Gaserzeugungseinrichtung 6 übertragen werden. Analog zu Fig. 7 ist auch hier wieder eine Fördereinrichtung 23 dargestellt, welche für die Förderung der Zuluft zu der Gaserzeugungseinrichtung 6 benötigt wird. Das Brennstoffzellensystem 1 gemäß Fig. 8 weist nun eine weitere optionale Fördereinrichtung 25 auf. Diese ist notwendig bzw. kann notwendig sein, wenn in der Gaserzeugungseinrich-

tung 6 ein deutlich höherer Druck vorliegt als im Bereich der weiteren Befeuchtereinrichtung 24. In diesem Fall wäre die Fördereinrichtung 23 als Niederdruckverdichter und die Fördereinrichtung 25 dementsprechend als Hochdruckverdichter
5 ausgelegt, um den für die Gaserzeugungseinrichtung 6 gegebenenfalls notwendigen Systemdruck sicherzustellen.

Auch bei dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel wird der annähernd größte Teil der Feuchte in dem Abgasstrom genutzt,
10 um die entsprechenden zu befeuchtenden Gasströme zu befeuchten und oder das für die Gaserzeugungseinrichtung 6 benötigte Wasser bereitzustellen.

Neben den hier diskret dargestellten Ausführungsbeispielen
15 sind selbstverständlich auch alle denkbaren und sinnvollen Kombinationen hieraus sowie die Verwendung mit einer Gaserzeugungseinrichtung 6 oder mit in entsprechenden Speichereinrichtungen gespeichertem Wasserstoff denkbar. Für sämtliche Brennstoffzellensysteme 1 gilt dabei, dass mit dem in dem Ab-
20 gas vorhandenen Wasserdampf eine ideale Befeuchtung von zu befeuchtenden Gasströmen, und hier insbesondere von der Zuluft zu dem Kathodenraum 5, gewährleistet werden kann, wobei der Taupunkt in diesem Gasstrom frei eingestellt werden kann. Die Ausführungsbeispiele der Fig. 7 und 8 zeigen darüber hin-
25 aus Möglichkeiten, auch die in dem Abgasstrom verbleibende Restfeuchte zurückzugewinnen, z.B. zum Betreiben der Gaserzeugungseinrichtung 6, sofern vorhanden.

Aufgrund der besonders kompakten und robusten Bauweise sind
30 die Vorrichtung zum Befeuchten besonders für Brennstoffzellensysteme 1 in Fahrzeugen zu Lande, zu Wasser und in der Luft geeignet, und hierbei sowohl für Brennstoffzellensysteme 1, welche Energie zu Antriebszwecken bereitstellen, als insbesondere auch für als Hilfsenergieerzeuger (APU / Auxiliary
35 Power Unit) genutzte Brennstoffzellensysteme 1.

Patentansprüche

- 5 1. Vorrichtung zur Befeuchtung wenigstens eines Gasstroms,
insbesondere eines zu einem Brennstoffzellensystem strö-
menden Gasstroms, wobei dieser Gasstrom durch eine Be-
feuchtereinrichtung strömt, durch welche ausserdem ein
10 feuchter Gasstrom, insbesondere ein feuchter Abgasstrom
aus dem Brennstoffzellensystem, strömt, und wobei die
beiden Gasströme durch eine oder mehrere für Wasserdampf
durchlässige Membran(en) voneinander getrennt sind,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
15 dass wenigstens eine Bypassleitung (12, 13) vorgesehen ist,
durch welche zumindest einer der Gasströme teilweise so
geführt ist, dass er nicht mit der Membran (8) in Kontakt
kommt.
- 20 2. Vorrichtung nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass ein Teil des zu befeuchtenden Gasstroms in der By-
passleitung (13) geführt ist, wobei dieser Teil des zu
befeuchtenden Gasstroms nach der Bypassleitung (13) wie-
25 der mit dem die Befeuchtereinrichtung (7) durchströmenden
Teil des zu befeuchtenden Gasstroms zusammengeführt ist.
- 30 3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass ein Teil des feuchten Abgasstroms in der Bypasslei-
tung (12) geführt ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass der zu befeuchtende Gasstrom die Zuluft zu einem Ka-
thodenraum (5) einer Brennstoffzelle (2) eines Brenn-
5 stoffzellensystems (1) ist.
5. Vorrichtung nach eine der Ansprüche 1 bis 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
10 dass der zu feuchte Gasstrom zumindest einen Teil der Ab-
gase aus einer Brennstoffzelle (2) eines Brennstoffzel-
lensystems (1) enthält.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die wenigstens eine Bypassleitung (12,13) in die Be-
feuchtereinrichtung (7) selbst integriert ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 6,
20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die wenigstens eine Bypassleitung (12,13) in die Be-
feuchtereinrichtung (7) so angeordnet ist, dass sich ge-
gebenenfalls sammelndes Kondensat durch die Bypassleitung
(12,13) abfließt.
25
8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass eine Einrichtung zur Variation des Volumenstroms
durch die wenigstens eine Bypassleitung (12,13) ebenfalls
30 in die Befeuchtereinrichtung (7) integriert ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Einrichtung zur Variation des Volumenstroms
35 durch die wenigstens eine Bypassleitung (12,13) in der Art
eines Ventilstößels (17) ausgebildet ist, welcher je nach
Abstand zu einer Ein- oder Austrittsöffnung der Bypass-

leitung (12,13) einen unterschiedlichen Querschnitt der Bypassleitung (12,13) freigibt.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8,
5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 dass die Einrichtung zur Variation des Volumenstroms durch die wenigstens eine Bypassleitung(12,13) in der Art einer variablen Blende ausgebildet ist, welche je nach Position und Öffnungsdurchmesser einen unterschiedlichen
10 Querschnitt der Bypassleitung (12,13) freigibt.
11. Vorrichtung nach Anspruch 8,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 dass die Einrichtung zur Variation des Volumenstroms
15 durch die wenigstens eine Bypassleitung(12,13) in der Art zweier relativ zueinander drehbarer mit Öffnungen (19) versehener Scheiben (18) ausgebildet ist, welche je nach Drehwinkel zueinander einen unterschiedlichen Querschnitt der Bypassleitung (12,13) und/oder des Bereichs mit der
20 Membran (8) freigeben.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 dass der feuchte Gasstrom nach dem Durchströmen der Be-
25 feuchtereinrichtung (7) und/oder der Bypassleitung (12) in eine weitere vergleichbar aufgebaute Befeuchtereinrichtung (24) zur Befeuchtung eines weiteren zu befeuchtenden Gasstroms geführt ist.
- 30 13. Vorrichtung nach Anspruch 12,
 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
 dass der weitere zu befeuchtende Gasstrom die Zuluft in eine Gaserzeugungseinrichtung (6) des Brennstoffzellensystems (1) ist.
- 35 14. Verfahren zur Befeuchtung eines Gasstroms mit einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass zum Einstellen eines vorgegebenen Taupunkts in dem
wenigstens einen zu befeuchtenden Gasstrom, wobei die
Menge an durch die wenigstens eine Bypassleitung (12, 13)
5 geführten zu befeuchtenden Gas und/oder feuchtem Gas ent-
sprechend variiert wird.

15. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis
13 zum Trocknen eines feuchten Gasstroms.

10

16. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis
13 zum Befeuchten und/oder Trocknen eines Gasstroms in
einem Brennstoffzellensystem, zusammen mit dem Verfahren
nach Anspruch 15.

15

17. Verwendung nach Anspruch 16, wobei das Brennstoffzellen-
system (1) als elektrischer Energieerzeuger in einem
Fahrzeug zu Lande, zu Wasser oder in der Luft eingesetzt
wird.

20

18. Verwendung nach Anspruch 17, wobei der elektrische Ener-
gieerzeuger zur Bereitstellung von Antriebsenergie ge-
nutzt wird.

25 19. Verwendung nach Anspruch 17 oder 18, wobei der elektri-
sche Energieerzeuger als Hilfsenergieerzeuger (APU) ge-
nutzt wird.

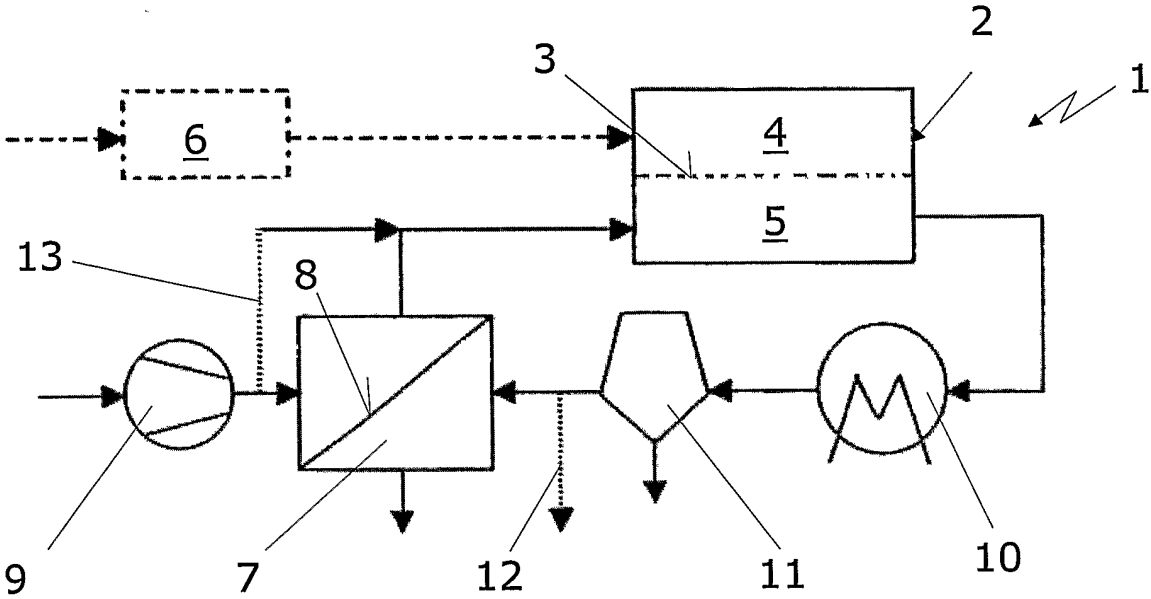


Fig. 1

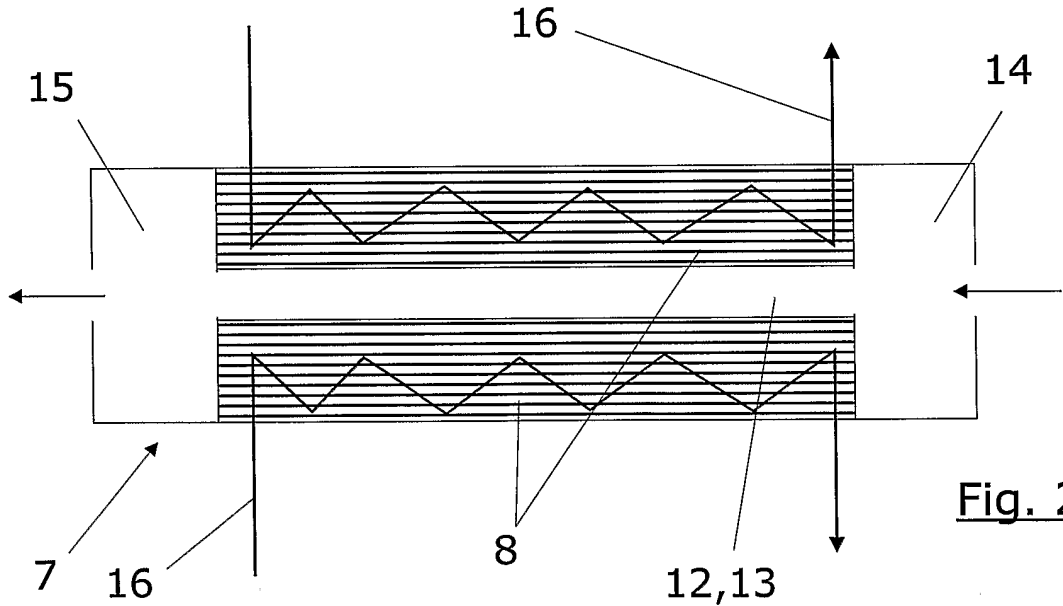


Fig. 2

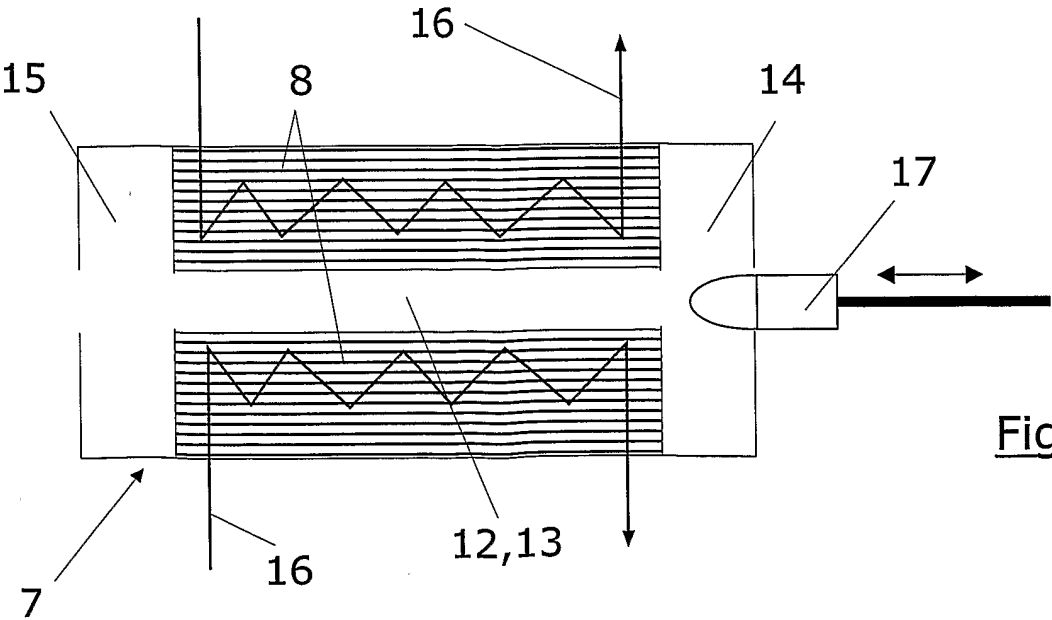


Fig. 3

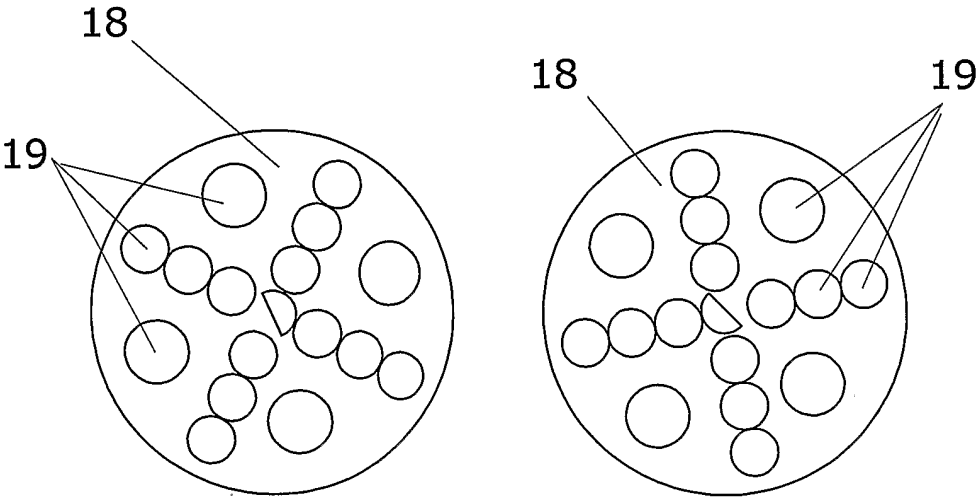


Fig. 4

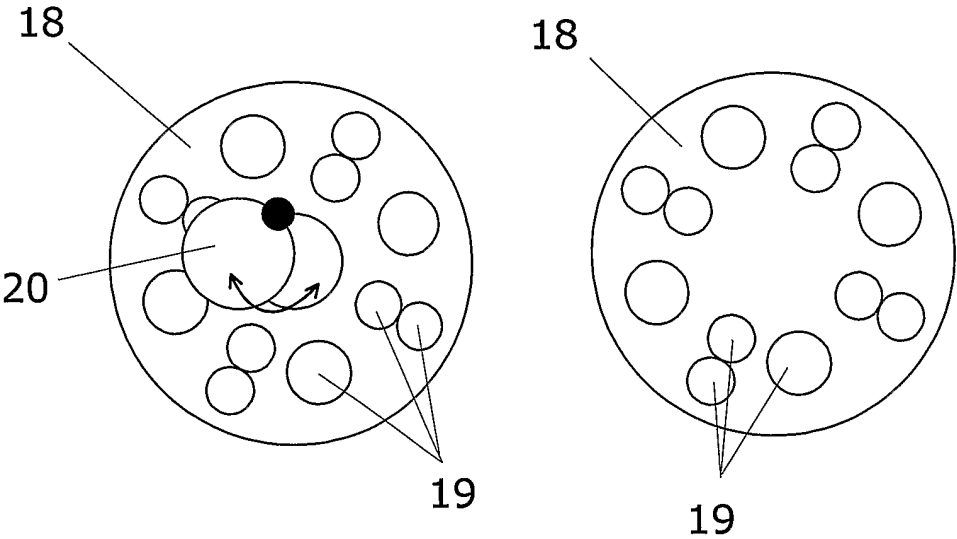


Fig. 5

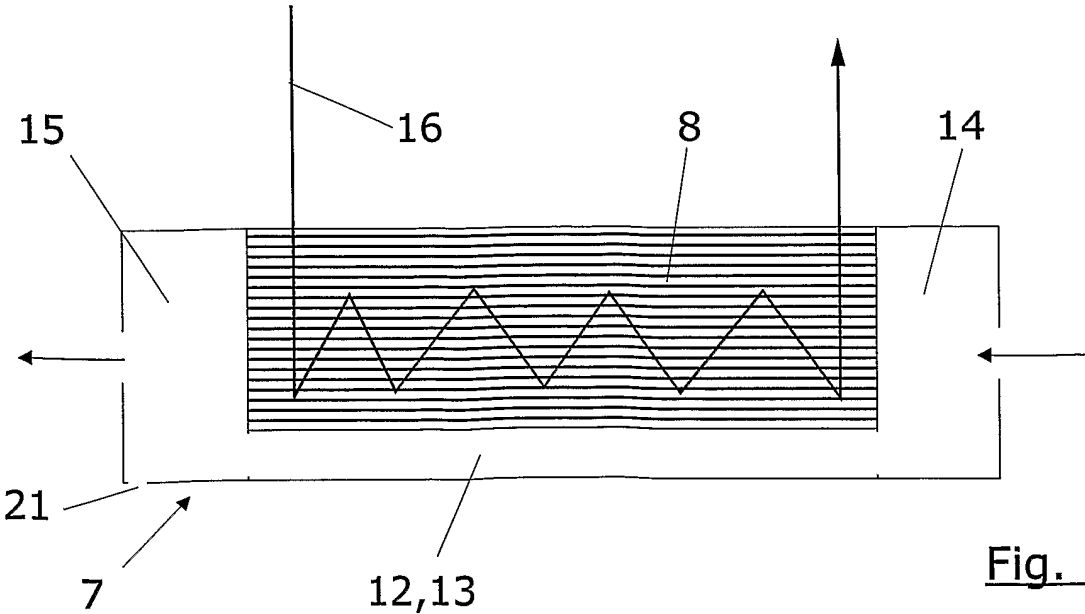


Fig. 6

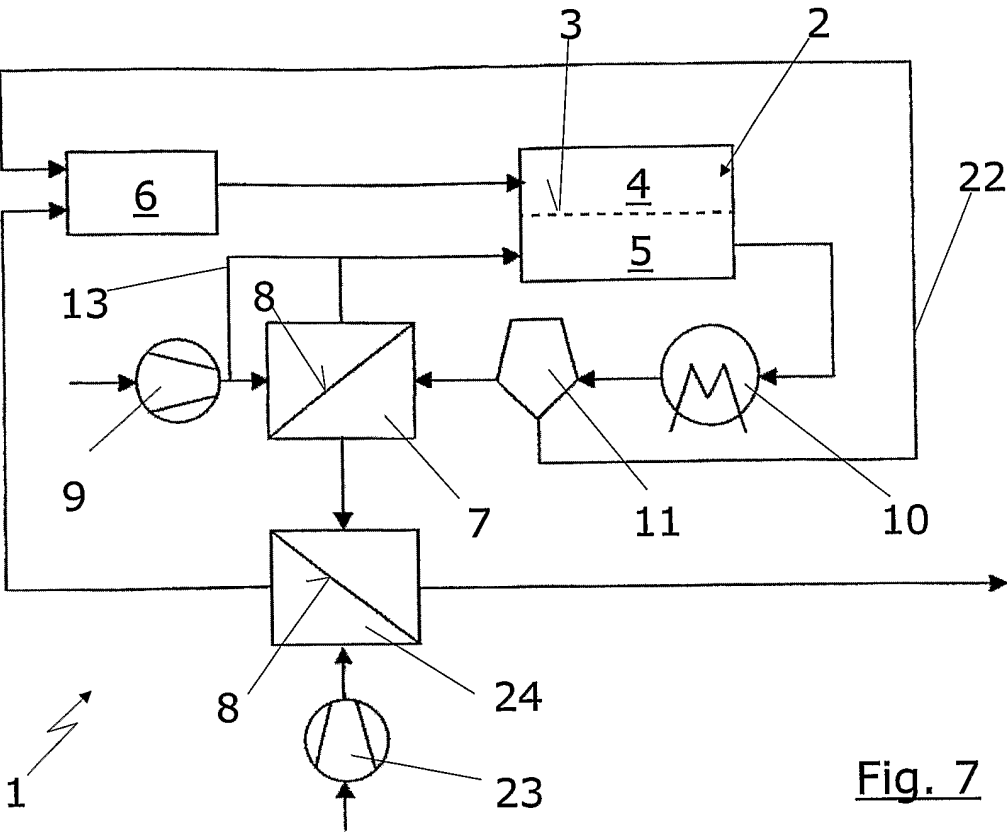


Fig. 7

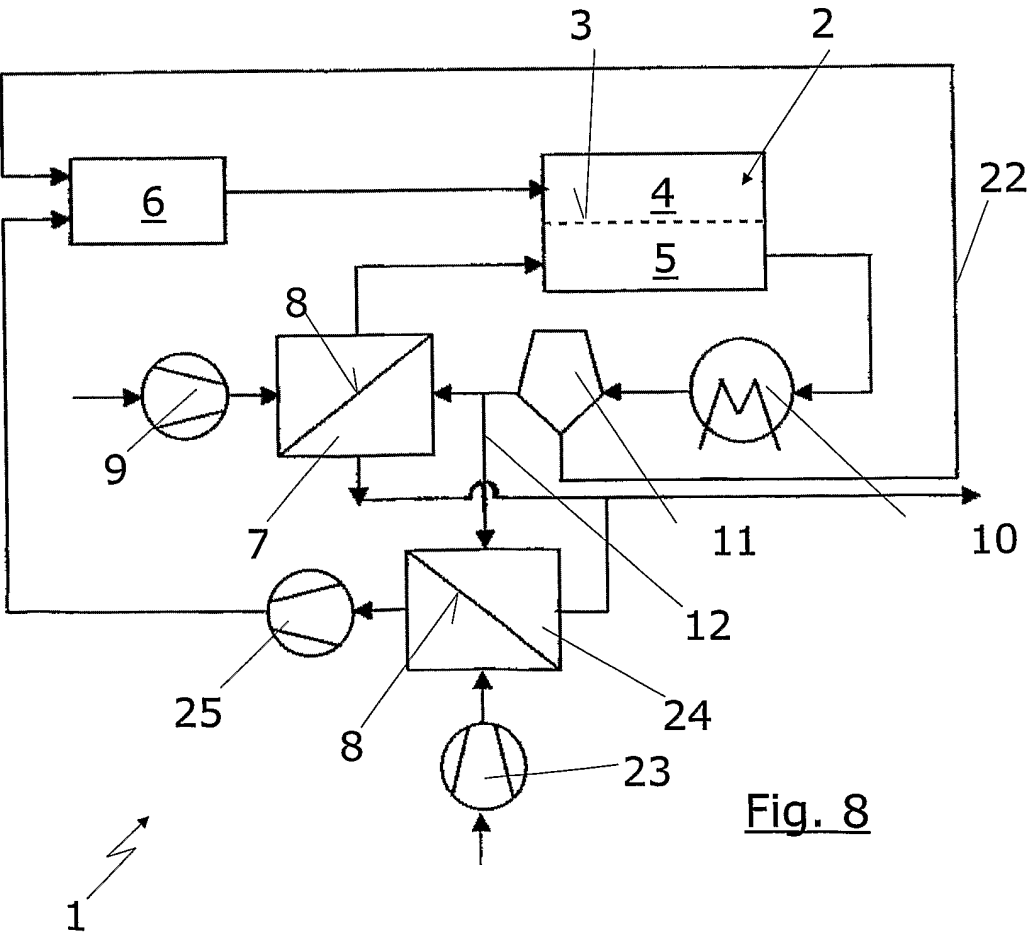


Fig. 8