



(10) **DE 10 2011 110 068 A1** 2013.02.14

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 110 068.0**  
(22) Anmeldetag: **12.08.2011**  
(43) Offenlegungstag: **14.02.2013**

(51) Int Cl.: **H01M 10/42 (2011.01)**  
**H01M 10/052 (2011.01)**  
**B64D 13/00 (2011.01)**

(71) Anmelder:  
**EADS Deutschland GmbH, 85521, Ottobrunn, DE**

(74) Vertreter:  
**Rösler Schick Rasch Patentanwälte  
Partnerschaftsgesellschaft, 81241, München, DE**

(72) Erfinder:  
**Stückl, Stefan, Dipl.-Ing., 80798, München, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

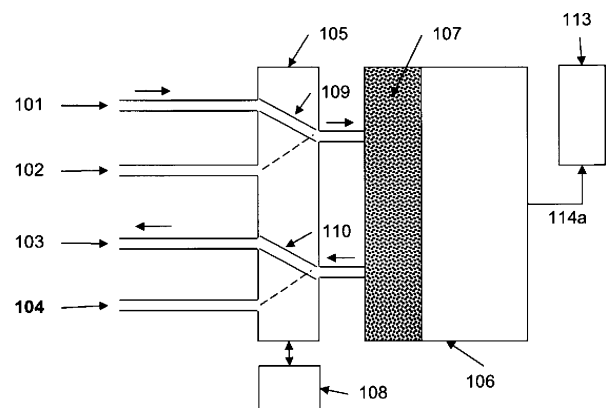
<b>DE</b>	<b>43 35 152</b>	<b>C1</b>
<b>DE</b>	<b>30 29 080</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>195 22 804</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2010 051 964</b>	<b>A1</b>

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Aufbereitung von Kabinenluft eines Luftfahrzeuges**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Aufbereitung von Kabinenluft aus einem Kabinenraum eines Luftfahrzeugs, das zumindest eine Lithium-Luft-Batterie (106) aufweist, mit einer ersten Zuleitung (101), mittels der der Batterie (106) Umgebungsluft von einer Umgebung außerhalb des Luftfahrzeugs zuführbar ist, einer zweiten Zuleitung (102), mittels der der Batterie (106) die Kabinenluft aus dem Kabinenraum zuführbar ist, einer ersten Ableitung (103), mittels der Luft aus der Batterie (106) in die Umgebung außerhalb der Luftfahrzeugs zuführbar ist, einer zweiten Ableitung (104), mittels der Luft aus der Batterie (106) in den Kabinenraum zuführbar ist, einem mit der ersten (101) und der zweiten (102) Zuleitung sowie mit der ersten (103) und zweiten (104) Ableitung verbundenen schaltbaren Mittel (105), das einen ersten und einen Schaltzustand einnehmen kann, und einem Steuergerät (108), mit dem das schaltbare Mittel (105) abhängig von einem aktuellen Ladezustand der Lithium-Luft-Batterie (106) steuerbar ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Aufbereitung von Kabinenluft aus einem Kabinenraum eines Luftfahrzeugs, das zumindest eine luftatmende Lithium-Luft Batterie aufweist, mit der zumindest ein mit der Lithium-Luft-Batterie verbindbarer elektrischer Verbraucher des Luftfahrzeuges mit elektrischer Energie versorgbar ist. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Luftfahrzeug mit einer ebensolchen Vorrichtung.

**[0002]** Die Kabinenbelüftung und Kabinenbedruckung erfordert in heutigen Verkehrsflugzeugen auf Grund der großen Reiseflughöhen ein aufwändiges Druck- und Temperaturregelsystem, mit dem in den in typischen Reiseflughöhen (7,5 bis 12 km) anzutreffenden Umgebungsbedingungen (Temperatur der Umgebungsluft ca.  $-30^{\circ}\text{C}$  bis  $-60^{\circ}\text{C}$ , Umgebungsdruck 540 bis 188 hPa) innerhalb der Druckkabine des Luftfahrzeugs für Passagiere angenehme Umgebungsbedingungen hergestellt werden können. Dabei wird die Kabinenluft typischerweise auf einer Temperatur von ca.  $22^{\circ}\text{C}$  aufgeheizt und auf einen Druck von mindestens 750 hPa verdichtet. Damit weiterhin innerhalb der Kabine eines Luftfahrzeugs immer eine ausreichende Sauerstoffmenge zur Verfügung steht, wird bei heutigen Verkehrsflugzeugen die gesamte Luftmasse der Kabine ca. sechs Mal pro Stunde durch entsprechend komprimierte Umgebungsluft ausgetauscht.

**[0003]** Bekanntermaßen wird die Erhitzung und Verdichtung der Umgebungsluft heute im Fluge weitgehend durch ein Zapfluftsystem dargestellt, das dem Verdichter der Triebwerke (Gasturbinen) den benötigten Luftmassenstrom (sogenannte Zapfluft, engl: „Bleed Air“) bei einer entsprechenden Temperatur und entsprechendem Druck entnimmt. Diese heiße, verdichtete Zapfluft wird je nach gewünschtem Kabinen-Druck und Temperatur mit kalter Umgebungsluft vermischt und in die Kabine geführt. Die Leckraten der Druckkabinen sind dabei üblicherweise vernachlässigbar gering, so dass die Druckkabine selbst als quasi fluiddicht angenommen werden kann. Die verbrauchte Kabinenluft wird heute über Auslassventile (sogenannte „Outflow Valves“) in die Flugzeugumgebung ausgestoßen. Dadurch ist ein kontinuierlicher Zapfluftmassenstrom erforderlich, dessen Verdichtung sowohl mechanische Leistung erfordert, den Treibstoffverbrauch der erhöht, als auch den thermodynamischen Kreislauf der Triebwerke negativ beeinflusst.

**[0004]** Bei heutigen Passagierflugzeugen wird somit Umgebungsluft mit einer vorgegebenen Temperatur unter einem vorgegebenen Druck in die Druckkabine geleitet und anschließend über das Outflow-Valve wieder in die Umgebung entlassen. Das Druck- und Temperaturregelsystem ist demzufolge ein offe-

nes System, bei dem die das Luftfahrzeug umgebende Luft entsprechend aufbereitet in die Flugzeugkabine geleitet und anschließend von dort wieder in die Flugzeugumgebung entlassen wird.

**[0005]** Bei künftigen Passagierflugzeugen, insbesondere bei Passagierflugzeugen, die ausschließlich mit Elektromotoren angetrieben werden, sind die vorbeschriebenen Druck- und Temperaturregelsysteme aus Energie- und Effizienzgründen nicht sinnvoll einsetzbar. Solche künftigen Luftfahrzeuge besitzen absehbar Druckkabinen, die druck- und gasdicht sind und daher den Bodenluftdruck (der beim Verschließen der Passagierkabine herrschende Luftdruck am Boden) während des Fluges konservieren (halten) können. Das heißt, dass die Passagierkabine zumindest ab einer vorgebbaren Flughöhe, ein geschlossenes System bildet, in dem die Kabinenluft der Kabine nicht wie bei heutigen Passagierflugzeugen kontinuierlich ausgetauscht wird, sondern als Luftmasse in der Kabine erhalten bleibt. Es besteht dabei jedoch das Problem der Aufbereitung und Umwälzung der Kabinenluft während des Fluges, insbesondere das Problem der Regelung des Kohlendioxidgehalts bzw. der kontinuierlichen Kohlendioxidabscheidung aus der Kabinenluft.

**[0006]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde eine Vorrichtung anzugeben, mit der auf zuverlässige und einfache Weise Kabinenluft eines Luftfahrzeugs, insbesondere eines Luftfahrzeugs mit einer druck- und gasdichten Druckkabine (geschlossenes System) aufbereitet werden kann

**[0007]** Die Erfindung ergibt sich aus den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche. Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche. Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, sowie der Erläuterung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Figuren dargestellt sind.

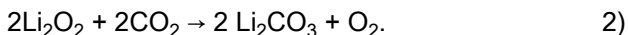
**[0008]** Die Aufgabe ist mit einer Vorrichtung zur Aufbereitung von Kabinenluft aus einem Kabinenraum eines Luftfahrzeugs gelöst, wobei das Luftfahrzeug zumindest eine Lithium-Luft Batterie aufweist, mit der zumindest ein mit der Lithium-Luft-Batterie verbindbarer elektrischer Verbraucher des Luftfahrzeuges mit elektrischer Energie versorgbar ist.

**[0009]** Ein solcher Verbraucher ist insbesondere ein Elektromotor zum Antrieb des Luftfahrzeugs in der Luft und/oder am Boden. Natürlich kann vorliegend unter dem Begriff „elektrischer Verbraucher“ auch jeglicher andere elektrische Verbraucher des Luftfahrzeugs verstanden werden, wie bspw. Avioniksysteme, Beleuchtungen, Bordnetz, Entertainmentsysteme etc.

**[0010]** Unter dem Begriff luftatmende „Lithium-Luft-Batterie“ wird bekanntermaßen eine Batterie verstanden, in der die Kathode durch Sauerstoff ersetzt wird, so dass zur Energieentnahme der Batterie Sauerstoff (bspw. Umgebungsluft) zugeführt werden muss, insofern ergibt sich das Attribut „luftatmend“. Als Anode der Batterie dient metallisches Lithium, das vollständig an der Reaktion teilhaben kann. Da der für die Reaktion benötigte Sauerstoff aus der Umgebungsluft entnommen werden kann, wird die Kapazität einer Lithium-Luft-Zelle alleine durch die Größe der Lithium-Anode bestimmt. Die theoretisch erreichbare Energiedichte liegt, wenn man die Masse des Sauerstoffs nicht berücksichtigt, bei rund 11.000 Wh/kg bei einer Nominalspannung von 2,96 V. Beim Entladeprozess trennt sich auf der Anoden-Seite der Batterie ein Lithium-Atom von einem Elektron, das über den Verbraucher zur Kathoden-Seite fließt. In der Batterie wandert das Lithium-Ion durch einen Elektrolyten zur Kathodenseite. Aus der Umgebungsluft diffundieren Sauerstoff-Atome in das poröse Kathodenmaterial, wo das Lithium-Ion oxidiert wird und wieder ein Elektron aufnimmt. Bei diesem Prozess entsteht Lithiumperoxid  $\text{Li}_2\text{O}_2$  gemäß der Formel:



**[0011]** Lithiumperoxid kann bekanntermaßen zur Aufbereitung von Atemluft verwendet werden, indem aus verbrauchter Atemluft verbrauchter Atemluft Kohlendioxid gemäß folgender Gleichung abgeschieden und unter Bildung von Lithiumcarbonat Sauerstoff erzeugt wird:



**[0012]** Die Lithium-Luft-Batterie ist luft- bzw. druckdicht ausgeführt bzw. gekapselt.

**[0013]** Erfindungsgemäß umfasst die Vorrichtung eine erste Zuleitung, mittels der der Lithium-Luft-Batterie Umgebungsluft von einer Umgebung außerhalb des Luftfahrzeugs zuführbar ist, eine zweite Zuleitung, mittels der der Lithium-Luft-Batterie die Kabinenluft aus dem Kabinenraum zuführbar ist, eine erste Ableitung, mittels der Luft aus der Lithium-Luft-Batterie in die Umgebung außerhalb der Luftfahrzeugs zuführbar ist, und eine zweite Ableitung, mittels der Luft aus der Lithium-Luft-Batterie in den Kabinenraum zuführbar ist. Die Zu- und Ableitungen sind jeweils gas- und druckdicht ausgeführt.

**[0014]** Weiterhin umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung ein mit der ersten und der zweiten Zuleitung sowie mit der ersten und zweiten Ableitung verbundenes schaltbares Mittel, das folgende zwei Schaltzustände aufweist. Das schaltbare Mittel kann bspw. ein in jede Zuleitung bzw. in jede Ableitung geschaltetes Ventil umfassen, das das Durchströmen der jeweiligen Zuleitung/Ableitung ermöglicht oder

luft- und druckdicht blockiert. Dem Fachmann sind natürlich weitere geeignete Ausführungsformen des schaltbaren Mittels im Stand der Technik bekannt.

**[0015]** In einem ersten Schaltzustand des Mittels ist der Lithium-Luft-Batterie durch die erste Zuleitung ausschließlich die Umgebungsluft von außerhalb des Flugzeugs zuleitbar, welche nach einem Durchströmen der Lithium-Luft-Batterie ausschließlich durch die erste Ableitung in die Umgebung zurückführbar ist. In dem ersten Schaltzustand ist eine Zuführung von Kabinenluft zur Lithium-Luft-Batterie durch die zweite Zuleitung und eine Ableitung von Luft aus der Lithium-Luft-Batterie durch die zweite Ableitung unterbunden. In diesem ersten Schaltzustand kommt es somit weder zu einem Entweichen von Kabinenluft durch die zweite Zuleitung oder die zweite Ableitung und die Batterie in die Umgebung des Luftfahrzeugs, noch zu einer Zufuhr von Umgebungsluft in die Kabine. Ist der Kabinenraum selbst druckdicht, so bildet der Kabinenraum auch im ersten Schaltzustand einen geschlossenen Raum, der insbesondere seinen Kabinendruck hält, als auch keinen Gasaustausch mit der Umgebung des Luftfahrzeugs erlaubt.

**[0016]** Der Lithium-Luft-Batterie wird im ersten Schaltzustand lediglich die für eine Energieentnahme erforderliche sauerstoffhaltige Umgebungsluft zugeführt. Der zumindest eine Verbraucher kann nur in diesem ersten Schaltzustand mit der Lithium-Luft-Batterie einen geschlossenen Stromkreis bilden, d. h. elektrische Energie entnehmen.

**[0017]** Eine bevorzugte Weiterentwicklung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass in die erste Zuleitung ein Kompressor geschaltet ist, mit dem ein Druck, mit dem die Umgebungsluft der Lithium-Luft-Batterie zuführbar ist, einstellbar ist, insbesondere konstant haltbar ist, und/oder dass in die erste Zuleitung eine Temperaturregelvorrichtung geschaltet ist, mit der eine Temperatur mit der die Umgebungsluft der Lithium-Luft-Batterie zuführbar ist regelbar ist, insbesondere konstant haltbar ist. Dies hat den Vorteil, dass der bei einer Energieentnahme aus der Lithium-Luft-Batterie ablaufende Prozess (siehe Gleichung 2) unter für diesen Prozess optimalen (vorgebbaren) Bedingungen hinsichtlich Druck und Temperatur ablaufen kann.

**[0018]** Weiterhin bevorzugt ist die Lithium-Luft-Batterie derart ausgeführt, dass lediglich eine poröse Kathode der Lithium-Luft-Batterie von der Umgebungsluft und der Kabinenluft durchströmbar ist. Damit wird das durchströmbare Volumen der Lithium-Luft-Batterie verringert und auf den reaktionswesentlichen Teil begrenzt. Beides führt zu einer Erhöhung der Reaktionseffektivität und damit des Wirkungsgrades der Energieumsetzung.

**[0019]** In einem zweiten erfindungsgemäßen Schaltzustand des Mittels ist der Lithium-Luft-Batterie durch die zweite Zuleitung ausschließlich die Kabinenluft zuleitbar, welche nach einem Durchströmen der Lithium-Luft-Batterie ausschließlich durch die zweite Ableitung als aufbereitete Kabinenluft in den Kabinenraum zurückführbar ist, wobei im zweiten Schaltzustand eine Zuführung der Umgebungsluft zur Lithium-Luft-Batterie durch die erste Zuleitung und eine Ableitung von Luft aus der Lithium-Luft-Batterie durch die erste Ableitung unterbunden ist. Auch in diesem zweiten Schaltzustand kommt es somit weder zu einem Entweichen von Kabinenluft über die zweite Zuleitung oder die zweite Ableitung und die Batterie in die Umgebung des Luftfahrzeugs, noch zu einer Zufuhr von Umgebungsluft in die Kabine. Ist der Kabinenraum selbst druckdicht, so bildet der Kabinenraum zusammen mit der zweiten Zuleitung, der Lithium-Luft-Batterie und der zweiten Ableitung auch im zweiten Schaltzustand ein geschlossenes System, indem der Kabinendruck gehalten wird, und auch kein Gasaustausch mit der Umgebung des Luftfahrzeugs erfolgt.

**[0020]** In dem zweiten Schaltzustand dient die Lithium-Luft-Batterie ausschließlich der Aufbereitung der Kabinenluft, indem aus der Kabinenluft während ihres Durchströmens der Lithium-Luft-Batterie (bevorzugt deren poröser Kathode) Kohlendioxid abgeschieden und der Sauerstoffgehalt der Kabinenluft gemäß der vorstehend angegebenen Gleichung 2) angereichert wird. Eine Energieentnahme aus der Batterie durch den zumindest einen Verbraucher erfolgt im zweiten Schaltzustand nicht, d. h. ein geschlossener Stromkreis mit dem Verbraucher und der Batterie lässt sich im zweiten Schaltzustand nicht erzeugen.

**[0021]** Schließlich umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung ein Steuergerät, mit dem das schaltbare Mittel abhängig von einem aktuellen Lade-Zustand der Lithium-Luft-Batterie steuerbar ist. Das Steuergerät umfasst bevorzugt eine Prozessoreinheit, eine Speichereinheit, ein Programmmittel, sowie ein Eingabemittel, mittels der das Programmmittel veränderbar ist.

**[0022]** Die Erfindung eignet sich insbesondere für die Aufbereitung der Kabinenluft von künftigen Luftfahrzeugen, die Elektromotoren zusammen Lithium-Luft-Batterien zum Antrieb benutzen, und die eine druck- und gasdicht ausgeführte Druckkabine aufweisen. In diesem Fall kann die kontinuierliche Verdichter-Arbeit eines konventionellen Bedruckungssystems bzw. eines elektrisch betriebenen Bedruckungssystems entfallen, was die Energieeffizienz solcher Luftfahrzeuge deutlich erhöht. Weiterhin kann der Feuchtigkeitsgehalt in der Kabinenluft gesteigert werden, da diese nicht mit der in großer Flughöhe extrem trockenen Außenluft belüftet wird, sondern ein geschlossenes System vorliegt, aus dem

die Kabinenluft nicht entweicht sondern lediglich entsprechend aufbereitet wird. Ein höherer Feuchtegehalt der Kabinenluft steigert den Passagierkomfort spürbar. Zur weiteren Aufbereitung der Kabinenluft umfasst die Vorrichtung bevorzugt Filter (bspw. Aktivkohle enthaltende Filter) oder Filtersysteme zur Luftreinigung, insbesondere zur Entfernung von Gerüchen aus der Kabinenluft.

**[0023]** Eine bevorzugte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass das Steuergerät derart ausgeführt und eingerichtet ist, dass sofern der aktuelle Ladezustand der Lithium-Luft-Batterie über einem vorgegebenen Wert liegt, das Mittel in den ersten Schaltzustand geschaltet wird/ist, und erst, wenn der aktuelle Ladezustand diesen vorgegebenen Wert unterschreitet, das Mittel in den zweiten Schaltzustand schaltbar ist.

**[0024]** Damit steht die Lithium-Luft-Batterie im ersten Schaltzustand nur zur Energieversorgung des zumindest einen Verbrauchers zur Verfügung. Wie vorstehend erläutert, wird der Lithium-Luft-Batterie (der Kathode) hierfür über die erste Zuleitung Umgebungsluft zugeführt, wobei sich beim Durchströmen in der Batterie Lithiumperoxid anreichert. Nach dem Durchströmen der Lithium-Luft-Batterie wird die Luft durch die erste Ableitung wieder in die Umgebung des Flugzeugs zurückgeführt. Der für die Energieentnahme erforderliche Massendurchsatz an Umgebungsluft hängt von der Batteriegröße wie auch von der Energieentnahme ab und ist entsprechend zu wählen. Erst wenn durch die Energieentnahme in der Lithium-Luft-Batterie eine ausreichende Menge an Lithiumperoxid gebildet wurde, kann die Lithium-Luft-Batterie grundsätzlich für die Aufbereitung der Kabinenluft gemäß Gleichung 2) genutzt werden.

**[0025]** Die Zunahme der Lithiumperoxidmenge in der Lithium-Luft-Batterie geht einher mit einer entsprechenden Abnahme der in der Lithium-Luft-Batterie gespeicherten Energie, d. h. einer Abnahme des Ladezustands der Batterie. Der Ladezustand (Ladezustandswert) wird vorliegend in Prozent des maximalen Ladezustands angegeben. Bei vollständiger Ladung der Batterie beträgt der Ladezustandswert 100%, bei vollständiger Entladung beträgt der Ladezustandswert 0%. Je geringer der Ladezustandswert, desto höher ist die Lithiumperoxidkonzentration in der Lithium-Luft-Batterie.

**[0026]** Die Umschaltung des Mittels in den zweiten Schaltzustand erfolgt in dieser Weiterbildung sobald der vorgegebene Wert des Ladezustands der Lithium-Luft-Batterie unterschritten wird. Der Wert ist je nach Anwendung geeignet zu wählen. Der vorgegebene Wert liegt bevorzugt 0 bis 90% des maximalen Ladezustandswertes, insbesondere beträgt der Wert bevorzugt 80%, 70%, 60%, 50%, 40%, 30%, 20%, 10%, oder 5% des maximalen Ladezustandswertes.

Für die Aufbereitung der Kabinenluft sind natürlich kleine Ladezustandswerte günstig, da hier die größte Menge an Lithiumdioxid in der Batterie vorliegt, so dass die Aufbereitungseffektivität am höchsten ist.

**[0027]** In einer bevorzugten Weiterbildung ist das Steuergerät derart ausgeführt und eingerichtet, dass sobald der aktuelle Ladezustand den vorgegebenen Wert unterschreitet, das Mittel automatisch in den zweiten Schaltzustand schaltet. Bei geeigneter Wahl des vorgegebenen Wertes kann sichergestellt werden, dass die Umschaltung von erstem Schaltzustand in den zweiten Schaltzustand immer im optimalen Ladezustandswert erfolgt.

**[0028]** Das Scheitern in den zweiten Schaltzustand kann zusätzlich in Abhängigkeit eines Luftfahrzeugzustandes erfolgen. Unter dem Begriff „Zustand des Luftfahrzeugs“ wird vorliegend weit gefasst verstanden, er umfasst bspw. folgende Zustände: das Luftfahrzeug ist noch am Boden, das Flugzeug rollt, das Flugzeug beschleunigt, das Flugzeug fliegt, Zustände der Konfiguration des Luftfahrzeugs wie Fahrwerk aus/eingefahren, Klappen gesetzt etc. In dieser Weiterbildung ist es bspw. möglich zwei oder mehrere Bedingungen für das Umschalten vom ersten Schaltzustand des Mittels in den zweiten Schaltzustand des Mittels zu definieren. So kann bspw. ein automatisches Umschalten vom ersten Schaltzustand in den zweiten Schaltzustand dann automatisch erfolgen, wenn folgende Bedingungen vorliegen:

- der Ladezustandswert beträgt weniger als 60%,
- das Flugzeug fliegt, und
- die Flughöhe überschreitet 3.000 ft.

**[0029]** Damit kann eine erste von mehreren Lithium-Luft-Batterien eines Elektropassagierflugzeugs für alle Bodenaktivitäten inklusive des Startvorgangs und ersten Steigfluges genutzt werden, um den Elektromotor zum Antrieb des Luftfahrzeugs und ggf. weitere Systeme mit elektrischer Energie zu versorgen, bevor die Energieversorgung bei oder vor Eintreten der obigen Bedingungen von einer der weiteren Batterien übernommen wird und die erste Batterie zur Aufbereitung der Kabinenluft genutzt wird.

**[0030]** Die Aufbereitung der Kabinenluft setzt, wie beschrieben, eine ausreichende Menge an Lithiumperoxid in der Batterie voraus, das durch die Aufbereitung der Kabinenluft verbraucht wird. Bevorzugt ist daher vorgesehen, dass die Lithium-Luft-Batterie nur solange zur Aufbereitung der Kabinenluft genutzt wird, solange genügend Lithiumperoxid in der Batterie vorhanden ist. Ist dies nicht mehr der Fall, wird bevorzugt eine weitere an Bord vorhandene Lithium-Luft-Batterie zur Luftaufbereitung genutzt, sofern diese bspw. die obigen Bedingungen erfüllt.

**[0031]** Ein Unterschreiten einer vorgebbaren Lithiumperoxidkonzentration in der Lithium-Luft-Batterie,

die eine weitere Nutzung dieser Batterie zur Luftaufbereitung nicht mehr erlaubt, kann bspw. anhand der Überwachung der Differenz der Kohlendioxid- und/oder Sauerstoffkonzentration in der zweiten Zuleitung und der Kohlendioxid- und/oder Sauerstoffkonzentration in der zweiten Ableitung erfolgen. Entsprechende Messmittel sind dem Fachmann bekannt.

**[0032]** In einer weiteren Ausführungsform ist das Steuergerät derart ausgeführt und eingerichtet, dass sobald der aktuelle Ladezustand den vorgegebenen Wert unterschreitet, das Mittel erst durch eine manuelle Betätigung eines Eingabemittels in den zweiten Schaltzustand schaltbar ist. In dieser Variante ist es bspw. möglich die Flugzeugbesatzung, insbesondere den Piloten die letztliche Entscheidung darüber zu überlassen, wann die Umschaltung von Nutzung einer Lithium-Luft-Batterie als Energiequelle bzw. zur Luftaufbereitung erfolgt. Denkbar ist auch eine sogenannte „Override“-Funktion mit der eine automatische Umschaltung wieder rückgängig oder vorzeitig erfolgen kann. Dadurch ergeben sich für die Crew des Luftfahrzeugs direkte Eingriffsmöglichkeiten, so dass die entsprechende Nutzung der Lithium-Luft-Batterien an eine vorherrschende Situation gezielt angepasst werden kann. Typischerweise sind mehrere Lithium-Luft-Batterien im Luftfahrzeug vorhanden, wobei bevorzugt sowohl eine automatische Nutzungssteuerung aller Batterien, als auch die Möglichkeit der gezielten Steuerung jeder einzelnen Batterie möglich ist.

**[0033]** Eine weitere besonders bevorzugte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass in die erste Zuleitung ein Kompressor geschaltet ist, mit dem ein Druck mit dem die Umgebungsluft der Lithium-Luft-Batterie zuführbar ist einstellbar ist, insbesondere konstant haltbar ist, und/oder dass in die erste Zuleitung eine Temperaturregelvorrichtung geschaltet ist, mit der eine Temperatur mit der die Umgebungsluft der Lithium-Luft-Batterie zuführbar ist regelbar ist, insbesondere konstant haltbar ist. Mit der Regelbarkeit der Temperatur und/oder des Drucks mit der Umgebungsluft der Lithium-Luft-Batterie zugeführt werden, können die Reaktionsbedingungen für die Reaktion gemäß Gleichung 2) optimal eingestellt werden und somit die Reaktionseffektivität erhöht werden.

**[0034]** Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein Luftfahrzeug, insbesondere Luftfahrzeug, das zu dessen Antrieb zumindest einen Elektromotor vorhanden ist, mit einer vorstehend beschriebenen Vorrichtung. Bevorzugt weist das Flugzeug eine druck- und gasdichte Druckkabine auf.

**[0035]** Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezug auf die Zeichnungen ein Ausführungsbeispiel im Einzelnen beschrieben ist. Be-

schriebene und/oder bildlich dargestellte Merkmale bilden für sich oder in beliebiger, sinnvoller Kombination den Gegenstand der Erfindung, gegebenenfalls auch unabhängig von den Ansprüchen, und können insbesondere zusätzlich auch Gegenstand einer oder mehrerer separaten Anmeldung/en sein. Gleiche, ähnliche und/oder funktionsgleiche Teile sind mit gleichen Bezugszeichen versehen.

[0036] Es zeigen:

[0037] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung in einem ersten Schaltzustand, und

[0038] [Fig. 2](#) eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung in einem zweiten Schaltzustand.

[0039] Dem beschriebenen Ausführungsbeispiel in [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) liegt ein rein elektromotorisch angetriebenes Luftfahrzeug zugrunde, das eine im verschlossenen Zustand vollständig gas- und druckdichte Druckkabine aufweist.

[0040] [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Aufbereitung von Kabinenluft aus einem Kabinenraum (nicht dargestellt) des Luftfahrzeugs (nicht dargestellt), das mehrere Lithium-Luft-Batterien aufweist, von denen nur eine **106** dargestellt ist. Mit der Batterie **106** ist in [Fig. 1](#) ein Elektromotor (Verbraucher) versorgbar, der einen Propeller (nicht dargestellt) zum Antrieb des Luftfahrzeugs antreibt. Die vorliegende Vorrichtung umfasst: eine erste Zuleitung **101**, mittels der der Lithium-Luft-Batterie **106** Umgebungsluft von einer Umgebung außerhalb des Luftfahrzeugs zuführbar ist (die Strömungsrichtungen werden in den Figuren durch Pfeile angedeutet), eine zweite Zuleitung **102**, mittels der der Lithium-Luft-Batterie **106** die Kabinenluft aus dem Kabinenraum (nicht dargestellt) zuführbar ist, eine erste Ableitung **103**, mittels der Luft aus der Lithium-Luft-Batterie **106** in die Umgebung außerhalb der Luftfahrzeugs zuführbar ist, und eine zweite Ableitung **104**, mittels der Luft aus der Lithium-Luft-Batterie **106** in den Kabinenraum zuführbar ist. Weiterhin umfasst die dargestellte Vorrichtung ein mit der ersten **101** und der zweiten **102** Zuleitung sowie mit der ersten **103** und zweiten **104** Ableitung verbundenes schaltbares Mittel **105**, mit dem in dem dargestellten ersten Schaltzustand des Mittels **105** der Lithium-Luft-Batterie **106** durch die erste Zuleitung **101** ausschließlich die Umgebungsluft von außerhalb des Flugzeugs zuleitbar ist, welche nach einem Durchströmen einer porösen Kathode **107** der Lithium-Luft-Batterie **106** ausschließlich durch die erste Ableitung **103** in die Umgebung zurückführbar ist. Im dargestellten ersten Schaltzustand ist eine Zuführung von Kabinenluft zur Lithium-Luft-Batterie **106** durch die zweite Zuleitung **102** und eine Ableitung von Luft aus der

Lithium-Luft-Batterie **106** durch die zweite Ableitung **104** unterbunden ist, was durch die gestrichelten Linien angedeutet ist. Das Mittel **105** ist mit einem Steuergerät **108** verbunden, mit dem das schaltbare Mittel **105** abhängig von einem aktuellen Lade-Zustand der Lithium-Luft-Batterie **106** steuerbar ist. In dem dargestellten ersten Schaltzustand des Mittels **105** kann die Lithium-Luft-Batterie ausschließlich zur Energieversorgung des Verbrauchers **113** genutzt werden. Die elektrische Verbindung **114a** zwischen Batterie **106** und Verbraucher **113** ist daher geschlossen. Im schaltbaren Mittel **105** ist weiterhin die erste Zuleitung über die Verbindung **109** mit der Batterie **106** verbunden. Weiterhin ist die Batterie **106** über die Verbindung **110** mit der ersten Ableitung **103** verbunden, so dass die Umgebungsluft, die in die Batterie **106** hineinströmt auch wieder aus der Batterie herausströmt.

[0041] [Fig. 2](#) basiert auf der [Fig. 1](#) und zeigt einen zweiten Schaltzustand des Mittels **105** bei dem der Lithium-Luft-Batterie **106** durch die zweite Zuleitung **102** ausschließlich die Kabinenluft zuleitbar ist, welche nach einem Durchströmen der Lithium-Luft-Batterie **106** ausschließlich durch die zweite Ableitung **104** als aufbereitete Kabinenluft in den Kabinenraum zurückführbar ist. Im dargestellten zweiten Schaltzustand ist eine Zuführung der Umgebungsluft zur Lithium-Luft-Batterie **106** durch die erste Zuleitung **101** und eine Ableitung von Luft aus der Lithium-Luft-Batterie **106** durch die erste Ableitung **103** unterbunden, was durch die gestrichelten Linien angedeutet ist. Im schaltbaren Mittel **106** ist weiterhin die zweite Zuleitung **102** über die Verbindung **111** mit der Batterie **106** verbunden. Weiterhin ist die Batterie **106** über die Verbindung **112** mit der zweiten Ableitung **104** verbunden, so dass die Kabinenluft, welche in die Batterie **106** hineinströmt auch wieder aus der Batterie herausströmt. Der dargestellte zweite Schaltzustand des Mittels ermöglicht eine Aufbereitung der Kabinenluft beim Durchströmen der Lithium-Luft-Batterie **106** durch eine Kohlendioxidabscheidung aus der Kabinenluft und eine Sauerstoffzufuhr, insbesondere durch Reaktion der Kabinenluft mit dem in der Lithium-Luft-Batterie **106** vorhandenen Lithiumperoxid  $\text{Li}_2\text{O}_2$ . Im zweiten Schaltzustand kann der elektrische Verbraucher **113** nicht mit elektrischer Energie versorgt werden, was durch die offene elektrische Verbindung **114b** angedeutet ist.

[0042] Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann bspw. derart gesteuert werden, dass folgendes Betriebsszenario des Luftfahrzeugs realisiert wird:

1. Das Luftfahrzeug rollt am Boden aus eigener Kraft (Schub durch den vom Elektromotor **113** angetriebene Propeller) zur Startbahn und startet. Die Außenluft wird in geringer Flughöhe noch zur direkten Belüftung der Kabinen ohne Verdichtung der Außenluft genutzt. Während des Rollens und des Startvorgangs wird ein Teil der Batterien entladen und mit Lithiumperoxid angereichert.

2 Das Luftfahrzeug erreicht eine Flughöhe, in der eine Bedruckung der Kabine notwendig wird. Dafür werden die Batterien, die für den Start und frühen Steigflug verwendet wurden von der Außenluft abgeschottet und durch das schaltbare Mittel mit der Kabine verbunden. Das Umschalten vom ersten Schaltzustand in den zweiten Schaltzustand für diese Batterien erfolgt derart, dass in der Kabine kein Druckstoß bemerkbar ist. Die Kabine ist nunmehr als geschlossenes System mit den Batterien verbunden, die bereits durch genügende Entladung eine ausreichende Menge an Lithiumperoxid aufweisen und somit zur Aufbereitung der Kabinenluft verwendet werden. Durch Umwälzung der Kabinenluft wird die verbrauchte Kabinenluft aus dem Kabinenraum durch die porösen Kathoden der Batterien geführt, von CO<sub>2</sub> gereinigt, mit O<sub>2</sub> angereichert wieder in den Kabinenraum zurückgeführt.

3. Im weiteren Verlauf des Fluges werden jeweils weitere entladene Batterien vom schaltbaren Mittel **105** von der Außenluft abgetrennt und in das Klimasystem eingebunden.

4 Nachdem im Sinkflug wieder eine geeignete geringe Höhe erreicht ist (bspw. 2.500 m NN), wird die Druckkabine mit Außenluft versorgt, während bspw. alle Batterien vom schaltbaren Mittel **104** in einen ersten Schaltzustand geschaltet werden, und somit zur Energienutzung, bspw. für ein Durchstartmanöver verfügbar sind.

**[0043]** Um die benötigten Mengen von Lithiumperoxid an Bord des Luftfahrzeugs zu erzeugen sind entsprechend große Batterien gefordert. Daher eignet sich die beschriebene Vorrichtung vor allem für elektrisch angetriebene Luftfahrzeuge, deren Energie hauptsächlich oder teilweise in einer luftatmenden Lithium-Batterie gespeichert ist.

#### Bezugszeichenliste

<b>101</b>	erste Zuleitung
<b>102</b>	zweite Zuleitung
<b>103</b>	erste Ableitung
<b>104</b>	zweite Ableitung
<b>105</b>	schaltbares Mittel
<b>106</b>	Lithium-Luft-Batterie
<b>107</b>	poröse Kathode
<b>108</b>	Steuergerät
<b>109</b>	Verbindung der ersten Zuleitung mit der Batterie gemäß erstem Schaltzustand
<b>110</b>	Verbindung der ersten Ableitung mit der Batterie gemäß erstem Schaltzustand
<b>111</b>	Verbindung der zweiten Zuleitung mit der Batterie gemäß zweitem Schaltzustand
<b>112</b>	Verbindung der zweiten Ableitung mit der Batterie gemäß zweitem Schaltzustand
<b>113</b>	elektrischer Verbraucher, elektrischer Motor zum Antrieb eines Propellers

- 114a** elektrische Verbindung zwischen Lithium-Luft-Batterie und Verbraucher geschlossen
- 114b** elektrische Verbindung zwischen Lithium-Luft-Batterie und Verbraucher offen

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Aufbereitung von Kabinenluft aus einem Kabinenraum eines Luftfahrzeugs, das zumindest eine Lithium-Luft Batterie (**106**) aufweist, mit der zumindest ein mit der Lithium-Luft-Batterie (**106**) verbindbarer elektrischer Verbraucher (**113**) des Luftfahrzeugs mit elektrischer Energie versorgbar ist, mit:

- einer ersten Zuleitung (**101**), mittels der der Lithium-Luft-Batterie (**106**) Umgebungsluft von einer Umgebung außerhalb des Luftfahrzeugs zuführbar ist,
- einer zweiten Zuleitung (**102**), mittels der der Lithium-Luft-Batterie (**106**) die Kabinenluft aus dem Kabinenraum zuführbar ist,
- einer ersten Ableitung (**103**), mittels der Luft aus der Lithium-Luft-Batterie (**106**) in die Umgebung außerhalb des Luftfahrzeugs zuführbar ist,
- einer zweiten Ableitung (**104**), mittels der Luft aus der Lithium-Luft-Batterie (**106**) in den Kabinenraum zuführbar ist,
- einem mit der ersten (**101**) und der zweiten (**102**) Zuleitung sowie mit der ersten (**103**) und zweiten (**104**) Ableitung verbundenen schaltbaren Mittel (**105**), mit dem in einem ersten Schaltzustand des Mittels (**105**) der Lithium-Luft-Batterie (**106**) durch die erste Zuleitung (**101**) ausschließlich die Umgebungsluft von außerhalb des Flugzeugs zuleitbar ist, welche nach einem Durchströmen der Lithium-Luft-Batterie (**106**) ausschließlich durch die erste Ableitung (**103**) in die Umgebung zurückführbar ist, wobei im ersten Schaltzustand eine Zuführung von Kabinenluft zur Lithium-Luft-Batterie (**106**) durch die zweite Zuleitung (**102**) und eine Ableitung von Luft aus der Lithium-Luft-Batterie (**106**) durch die zweite Ableitung (**104**) unterbunden ist, und mit dem in einem zweiten Schaltzustand des Mittels (**105**) der Lithium-Luft-Batterie (**106**) durch die zweite Zuleitung (**102**) ausschließlich die Kabinenluft zuleitbar ist, welche nach einem Durchströmen der Lithium-Luft-Batterie (**106**) ausschließlich durch die zweite Ableitung (**104**) als aufbereitete Kabinenluft in den Kabinenraum zurückführbar ist, wobei im zweiten Schaltzustand eine Zuführung der Umgebungsluft zur Lithium-Luft-Batterie (**106**) durch die erste Zuleitung (**101**) und eine Ableitung von Luft aus der Lithium-Luft-Batterie (**106**) durch die erste Ableitung (**103**) unterbunden ist, und
- einem Steuergerät (**108**), mit dem das schaltbare Mittel (**105**) abhängig von einem aktuellen Ladezustand der Lithium-Luft-Batterie (**106**) steuerbar ist,
- wobei:
  - der elektrische Verbraucher (**113**) nur im ersten Schaltzustand mit der Lithium-Luft-Batterie (**106**) mit elektrischer Energie versorgbar ist, und

– die Aufbereitung der Kabinenluft im zweiten Schaltzustand beim Durchströmen der Lithium-Luft-Batterie (106) durch eine Kohlendioxidabscheidung aus der Kabinenluft und eine Sauerstoffzufuhr, insbesondere durch Reaktion der Kabinenluft mit dem in der Lithium-Luft-Batterie (106) vorhandenen Lithiumperoxid  $\text{Li}_2\text{O}_2$  erfolgt.

2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuergerät (108) derart ausgeführt und eingerichtet ist, dass sofern der aktuelle Ladezustand der Lithium-Luft-Batterie (106) über einem vorgegebenen Wert liegt, das Mittel (105) in den ersten Schaltzustand geschaltet wird/ist, und erst, wenn der aktuelle Ladezustand diesen vorgegebenen Wert unterschreitet, das Mittel (105) in den zweiten Schaltzustand schaltbar ist.

3. Vorrichtung gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der vorgegebene Wert zwischen 0 bis 90% des maximalen Ladezustandswertes liegt, insbesondere: 80%, 70%, 60%, 50%, 40%, 30%, 20%, 10%, oder 5% des maximalen Ladezustandswertes beträgt.

4. Vorrichtung gemäß Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuergerät (108) derart ausgeführt und eingerichtet ist, dass sobald der aktuelle Ladezustand den vorgegebenen Wert unterschreitet, das Mittel (105) automatisch in den zweiten Schaltzustand schaltet.

5. Vorrichtung gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass Schalten in den zweiten Schaltzustand zusätzlich in Abhängigkeit eines Luftfahrzeugzustandes erfolgt.

6. Vorrichtung gemäß Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuergerät (108) derart ausgeführt und eingerichtet ist, dass sobald der aktuelle Ladezustand diesen vorgegebenen Wert unterschreitet, das Mittel (105) erst durch eine manuelle Betätigung eines Eingabemittels in den zweiten Schaltzustand schaltbar ist.

7. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Verbraucher (113) ein Elektromotor zum Antrieb des Luftfahrzeugs ist.

8. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass in die erste Zuleitung (101) ein Kompressor geschaltet ist, mit dem ein Druck mit dem die Umgebungsluft der Lithium-Luft-Batterie (106) zuführbar ist einstellbar ist, insbesondere konstant haltbar ist, und/oder dass in die erste Zuleitung (101) eine Temperaturregelvorrichtung geschaltet ist, mit der eine Temperatur mit der die Umgebungsluft der Lithium-Luft-Batterie (106) zuführbar ist regelbar ist, insbesondere konstant haltbar ist.

9. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Lithium-Luft-Batterie (106) eine poröse Kathode (107) aufweist, und die Lithium-Luft-Batterie (106) derart ausgeführt ist, dass lediglich die poröse Kathode (107) von der Umgebungsluft und der Kabinenluft durchströmbar ist.

10. Luftfahrzeug, insbesondere Luftfahrzeug, das zu dessen Antrieb ausschließlich zumindest einen Elektromotor aufweist, mit einer Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen



Anhängende Zeichnungen

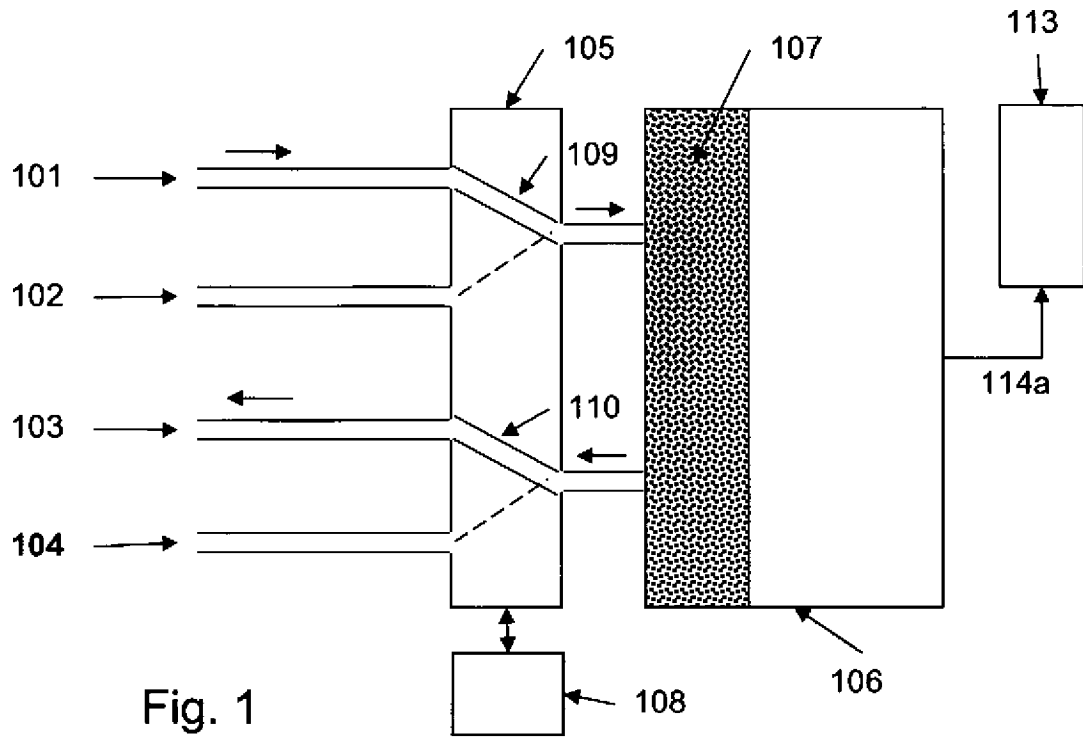


Fig. 1

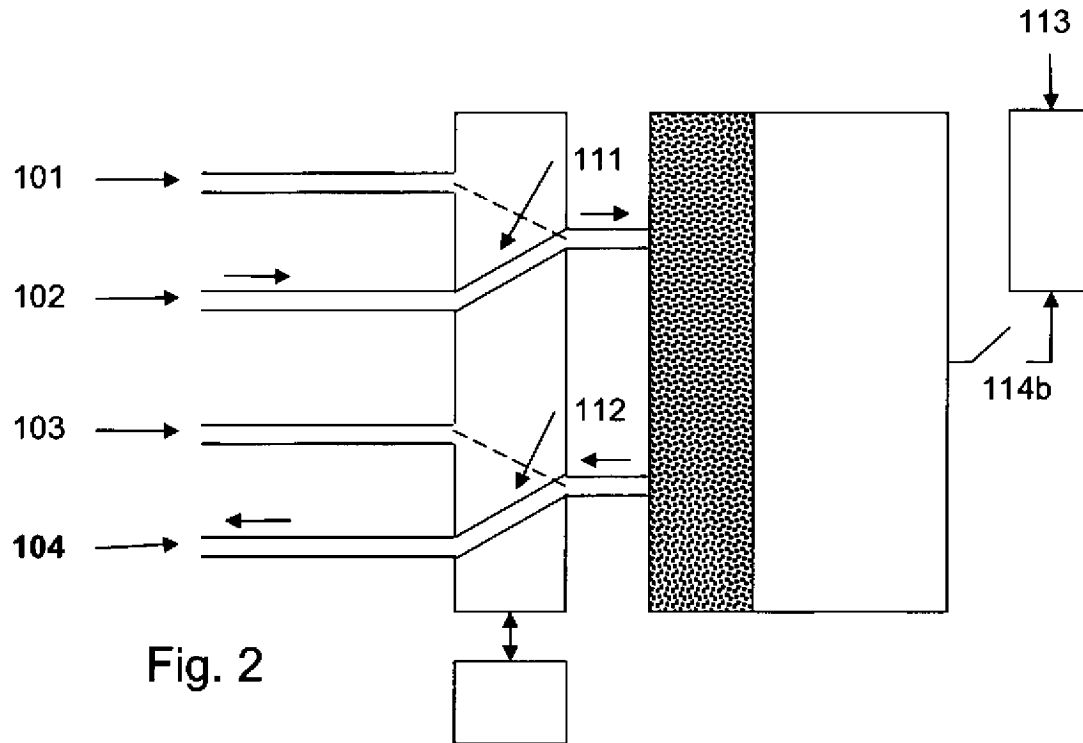


Fig. 2