



(10) **DE 10 2020 007 106 A1** 2022.05.25

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2020 007 106.6**

(22) Anmeldetag: **20.11.2020**

(43) Offenlegungstag: **25.05.2022**

(51) Int Cl.: **H01M 8/04 (2016.01)**

H01M 8/04298 (2016.01)

H01M 8/2465 (2016.01)

H01L 31/00 (2006.01)

H02S 99/00 (2014.01)

(71) Anmelder:
cellcentric GmbH & Co. KG, 73230 Kirchheim, DE

(72) Erfinder:
Hausmann, Philipp, 73230 Kirchheim, DE

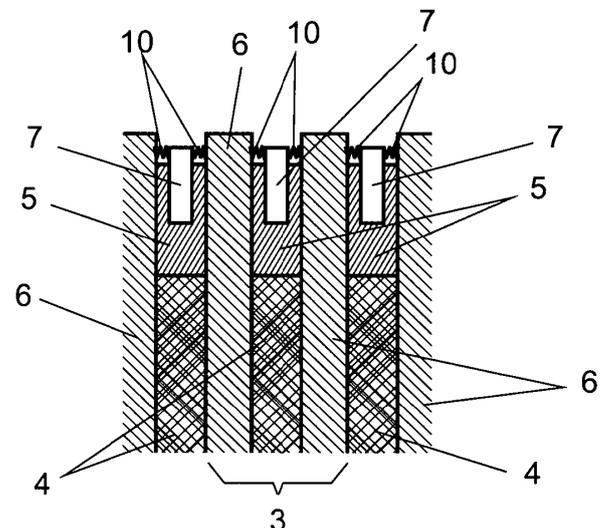
(74) Vertreter:
**Wallinger Ricker Schlotter Tostmann Patent- und
Rechtsanwälte Partnerschaft mbB, 80331
München, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Brennstoffzellenstapel und Verfahren zum Starten**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Brennstoffzellenstapel (1) mit einer Vielzahl von Einzelzellen (3), mit Bipolarplatten (6).

Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einigen der Einzelzellen (3) ein fotoelektrischer Spannungserzeuger (7) zugeordnet ist, wobei wenigstens eine Lichtquelle (9) zur Erzeugung von Spannung über die fotoelektrischen Spannungserzeuger (7) vorgesehen ist, und wobei über die erzeugte Spannung bei Bedarf eine Fremdstrom-Opferanode realisierbar ist. Außerdem gibt die Erfindung ein Verfahren für einen schonenden Luft/Luft-Start eines solchen Brennstoffzellenstapels (1) an.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Brennstoffzellenstapel nach der im Oberbegriff von Anspruch 1 näher definierten Art. Außerdem betrifft sie ein Verfahren zum Starten eines solchen Brennstoffzellenstapels mit einem Luft/Luft-Start.

[0002] Brennstoffzellen, insbesondere Brennstoffzellen in PEM-Technologie, welche zu sogenannten Brennstoffzellenstapeln oder -stacks mit einer Vielzahl von Einzelzellen aufgestapelt werden, sind soweit aus dem Stand der Technik bekannt. Derartige Brennstoffzellen werden beispielsweise zur Erzeugung von elektrischer Antriebsleistung in Kraftfahrzeugen, wie beispielsweise Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen, eingesetzt. Problematisch bei derartigen Brennstoffzellensystemen ist immer die Lebensdauer, was sich unter anderem dadurch ergibt, dass das Starten eines derartigen Brennstoffzellenstapels, je nach Stillstandszeit und Umgebungsbedingungen für die Lebensdauer des Brennstoffzellenstapels nachteilig sein kann. Dies gilt insbesondere für sogenannte Luft/Luft-Starts, welche häufig auch mit dem englischen Begriff Air/Air-Start bezeichnet werden. Darunter ist im Wesentlichen ein Start zu verstehen, bei welchem auf der Kathodenseite des Brennstoffzellenstapels ebenso wie auf der Anodenseite des Brennstoffzellenstapels Luft bzw. ein sauerstoffhaltiges Medium vorliegt. Aufgrund der Flüchtigkeit von Wasserstoff ist dies, insbesondere nach längeren Stillstandszeiten, und wenn aufwändige Gegenmaßnahmen vermieden werden sollen, in der Praxis nicht gänzlich zu vermeiden. Kommt es nun zu einem Start des Brennstoffzellenstapels bei solchen Bedingungen, dann liegt in der Kathode des Brennstoffzellenstapels, wie im Betrieb auch, Luft als Sauerstofflieferant vor. In der Anodenseite des Brennstoffzellenstapels wird der für den Betrieb der Brennstoffzelle benötigte Wasserstoff eingedüst. Dieser verdrängt den zuvor in der Anode befindlichen Sauerstoff der Luft, welche sich dort gesammelt hat. Entlang dieser Sauerstoff/Wasserstoff-Front, welche nun über die elektrochemisch aktive Fläche des Brennstoffzellenstapels läuft, entstehen sehr hohe Potenzialdifferenzen, da unmittelbar vor der Front die Brennstoffzelle noch nicht in Betrieb ist und im Bereich der Front dann die volle Spannung anliegt. Dies führt in der Praxis dazu, dass Kohlenstoff oxidiert wird. Dieser Kohlenstoff dient als Träger für die elektrochemischen Katalysatoren der Brennstoffzelle, meist Platin. Seine Oxidation führt letztlich dazu, dass das geträgerte Katalysatormaterial teilweise mit ausgeht. Ist eine entsprechende Menge an Katalysator in der Brennstoffzelle ausgeht, dann hat diese typischerweise das Ende ihrer Lebensdauer erreicht und kann die geforderte elektrochemische Performance nicht mehr bereitstellen. Dies ist in der typischen Pra-

xis häufig schon nach einigen wenigen tausend Air/Air-Starts der Fall.

[0003] Der allgemeine Stand der Technik kennt daher Bauteile und verfahren, um Air/Air-Starts nach Möglichkeit zu vermeiden. Dazu gehören z.B. Verfahren um beim Abschalten den Sauerstoff gänzlich aufzubrechen und dann alles über Ventile möglichst dicht abzusperren, so dass nur noch Stickstoff vorhanden ist. Das ist aufwändig und teuer. Auch das Aufrechterhalten der Wasserstoffatmosphäre in der Anode ist eine Möglichkeit. Vor allem bei längeren Stillstandszeiten muss dafür aber immer wieder Wasserstoff nachdosiert werden, was aufwändig und wegen des Verbrauchs und der Emissionen ebenfalls nachteilig ist.

[0004] Zum weiteren Stand der Technik kann nun außerdem auf die DE 10 2007 015 735 A1 hingewiesen werden. Diese beschäftigt sich im Wesentlichen mit einer anderen Problematik. Durch eine Unterversorgung einzelner Bereiche oder einzelner Zellen in dem Brennstoffzellenstapel kann es nämlich zu einer Potenzialumkehr kommen, welche den Aufbau ebenfalls schädigt. Um einer solchen entgegenzuwirken, ist typischerweise eine aufwändige Einzelzellspannungsüberwachung notwendig, welche auch unter der am englischen Begriff Cell Voltage Monitoring angelehnten Abkürzung CVM für den Fachmann bekannt ist. Eine solche CVM geht normalerweise mit einem erheblichen Verkabelungsaufwand einher. Außerdem müssen die Leitungen durch einen Bereich geführt werden, in welchem potenziell zünd- oder explosionsfähige Gemische vorliegen können, wenn Undichtheiten in dem Brennstoffzellenstapel zu einer erhöhten Wasserstoffkonzentration in seinem Gehäuse führen. Die Schrift schlägt daher vor, über das Prinzip eines Optokopplers die Informationen ohne direkte elektrisch leitende Verbindung aus dem Brennstoffzellenstapel herauszuführen.

[0005] Eine verbesserte Variante hiervon ist in der nicht vorveröffentlichten deutschen Anmeldung mit dem Aktenzeichen 10 2020 006 353.5 beschrieben. Der dortige Aufbau reduziert die Informationen im Wesentlichen auf einen oder zwei Informationskanäle, um so mit relativ wenig Aufwand eine potenziell kritische Situation des Brennstoffzellenstapels oder einiger seiner Einzelzellen zu erkennen.

[0006] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht nun darin, einen Brennstoffzellenstapel sowie ein Startverfahren für einen solchen Brennstoffzellenstapel anzugeben, welcher bzw. welches gegenüber den für die Lebensdauer kritischen Air/Air-Starts eine weitaus höhere Toleranz aufweist.

[0007] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch einen Brennstoffzellenstapel mit den Merkmalen im

Anspruch 1, und hier insbesondere im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen ergeben sich aus den hiervon abhängigen Unteransprüchen. Außerdem löst ein Verfahren zum Starten eines derartigen Brennstoffzellenstapels mit den Merkmalen im Anspruch 9 die Aufgabe. Auch hier ergibt sich eine vorteilhafte Ausgestaltung aus dem abhängigen Unteranspruch.

[0008] Der erfindungsgemäße Brennstoffzellenstapel sieht eine Vielzahl von Einzelzellen vor, welche über Bipolarplatten voneinander getrennt aufgestapelt sind. Erfindungsgemäß ist es dabei vorgesehen, dass zumindest einige, vorzugsweise alle, der Einzelzellen über einen ihr zugeordneten fotoelektrischen Spannungserzeuger verfügen, wobei wenigstens eine Lichtquelle zur Erzeugung von Spannung über die fotoelektrischen Spannungserzeuger vorgesehen ist, wobei über die erzeugte Spannung bei Bedarf eine Fremdstrom-Opferanode realisierbar ist.

[0009] Die bahnbrechende Idee hinter dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellenstapel ist es also, dass über den Effekt eines Optokopplers, wie er aus dem Stand der Technik für die CVM prinzipiell bekannt ist, in umgekehrter Anwendung Energie in jede der Einzelzellen des Brennstoffzellenstapels eingespeist werden kann. Dies ist dabei unabhängig vom Betrieb des Brennstoffzellenstapels. Über eine geeignete Lichtquelle lässt sich über die fotoelektrischen Spannungserzeuger bei Bedarf die entsprechende Spannung erzeugen. Hierdurch lässt sich in jeder der Einzelzellen des Brennstoffzellenstapels eine Fremdstrom-Opferanode ausbilden, indem während eines Air/Air-Starts über die fotoelektrischen Spannungserzeuger und eine geeignete Lichtquelle eine Spannung erzeugt wird, welche der Spannung, die das Korrosionspotenzial für die kohlenstoffhaltigen Träger der Katalysatoren ausbildet, entgegenwirkt. Die Korrosion lässt sich damit vermeiden oder zumindest verringern, sodass ohne besondere Maßnahmen ein Air/Air-Start durchgeführt werden kann, welcher für den Brennstoffzellenstapel bei Weitem nicht so belastend hinsichtlich der Lebensdauer und der Korrosion ist, wie ohne den erfindungsgemäßen Aufbau mit dem fotoelektrischen Spannungserzeuger.

[0010] Als Lichtquelle lassen sich dabei passive Lichtquellen, also beispielsweise für lichtdurchlässige Fenster im Bereich eines Gehäuses um den Brennstoffzellenstapel realisieren, oder es lassen sich insbesondere aktive Lichtquellen ausbilden, welche das Licht beispielsweise über eine oder mehrere lichtemittierende Dioden, sowie gegebenenfalls Lichtleiter, in das Innere des Gehäuses und damit zu den fotoelektrischen Spannungserzeugern der Einzelzellen leiten. Prinzipiell wäre es dabei möglich, über ein geeignetes Mikroarray von LEDs, wie es

beispielsweise bei Pixelscheinwerfern heute schon gängig ist, und eine entsprechend große Anzahl von Lichtleitern einen Aufbau zu realisieren, bei dem jede Einzelzelle durch Ein- und Ausschalten von einzelnen Mikro-LEDs in dem Array gezielt angesteuert werden kann, sodass bei Bedarf nur in den jeweiligen Einzelzellen Spannung generiert wird.

[0011] Insbesondere kann es jedoch sinnvoll sein, über eine entsprechend starke, einfache und energiesparende Lichtquelle, wie beispielsweise einige zusammengefasste LEDs den gesamten Stapel und damit alle fotoelektrischen Spannungserzeuger des Brennstoffzellenstapels mit Licht zu versorgen. Dies kann insbesondere dann sehr effizient erfolgen, wenn gemäß einer außerordentlich günstigen Weiterbildung des erfindungsgemäßen Brennstoffzellenstapels dieser in einem innen verspiegelten Gehäuse angeordnet ist. Beispielsweise bei dem bevorzugten Einsatzzweck in Fahrzeugen ist es häufig so, dass ein Gehäuse um den Brennstoffzellenstapel aus entsprechend stabilen Materialien wie beispielsweise Aluminiumdruckguss ausgebildet ist. Dieser ist einerseits das den Brennstoffzellenstapel schützende Gehäuse und andererseits die ihn aufnehmende Tragstruktur. Ein solcher Aufbau kann beispielsweise durch eine Behandlung der inneren Oberflächen, beispielsweise durch ein Verchromen oder dergleichen, verspiegelt oder mit einem hohen Reflexionsgrad versehen werden. Es reicht dann, das Licht an einer Stelle dieses Gehäuses einzuleiten, sei es direkt oder über einen Lichtleiter, um so die fotoelektrischen Spannungserzeuger aller Einzelzellen relativ gleichmäßig mit Licht zu versorgen.

[0012] Gemäß einer außerordentlich günstigen Weiterbildung des erfindungsgemäßen Brennstoffzellenstapels kann es dabei ferner vorgesehen sein, dass der fotoelektrische Spannungserzeuger als Fotovoltaik-Zelle ausgebildet ist. Über eine solche Fotovoltaik-Zelle lässt sich bei überschaubarer Fläche relativ effizient elektrische Spannung erzeugen. Anders als bei einer prinzipiell auch denkbaren Fotodiode, welche nur die Anwesenheit von Licht erkennt, können so auch höhere Leistungen übertragen werden. Das Einbringen von Leistungen in der Größenordnung von 2 bis 5 W je Einzelzelle bei einer Spannung in der Größenordnung von beispielsweise 0,5 V ist so einfach möglich.

[0013] Gemäß einer außerordentlich günstigen Weiterbildung dieser Idee kann es dazu vorgesehen sein, dass die Seitenkanten der Bipolarplatten und/oder andere quer zur Stapelrichtung liegende Flächen der Einzelzellen mit den entsprechenden Fotovoltaik-Zellen versehen sind. Dies kann beispielsweise in Form einer geeigneten Beschichtung mit einer Fotovoltaik-Zelle in Dünnschichttechnologie erfolgen.

[0014] Eine weitere außerordentlich günstige Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Brennstoffzellenstapels sieht es darüber hinaus vor, dass für jede der Einzelzellen mit einem fotoelektrischen Spannungserzeuger, besonders bevorzugt also für jede der Einzelzellen des Brennstoffzellenstapels, ein Kondensator vorgesehen ist, um eingetragene Energie zwischenspeichern. Dies erhöht die Flexibilität des Aufbaus bezüglich eines Air/Air-Starts, da beispielsweise im Rahmen der Startvorbereitung Energie eingetragen werden kann, welche dann im Augenblick des Starts abgerufen wird, um den Air/Air-Start für den Brennstoffzellenstapel in dem erfindungsgemäßen Aufbau schonend zu gestalten.

[0015] Neben dem Kondensator kann dabei weitere Elektronik vorhanden sein, welche insbesondere gemeinsam mit einer CVM genutzt werden kann, und welche über wenigstens eine lichtemittierende Diode Licht in die Gegenrichtung zu dem eben beschriebenen Aufbau liefert, wie es beispielsweise in der eingangs genannten noch nicht vorveröffentlichten Anmeldung der Anmelderin beschrieben ist. Der Kondensator und diese weitere Elektronik kann dabei gemäß einer außerordentlich günstigen Weiterbildung der Idee auf einer flexiblen Platine mit einer insbesondere flexiblen elektrischen Verbindung zu den beiden benachbarten Bipolarplatten oder im Falle von Endzellen zu der einen Bipolarplatte und der auf der anderen Seite liegenden Endplatte entsprechend ausgebildet sein.

[0016] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Starten eines derartigen Brennstoffzellenstapels mit einem Luft/Luft-Start sieht es dementsprechend vor, dass erfindungsgemäß in den Einzelzellen ein dem Korrosionspotenzial entgegengesetztes Potenzial mit der Spannung, welche über den fotoelektrischen Spannungserzeuger eingebracht worden ist, erzeugt wird. Dadurch wird eine Fremdstrom-Opferanode ausgebildet, sodass die erzeugte Spannung der kritischen Korrosion entgegenwirkt.

[0017] Gemäß einer außerordentlich günstigen Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann es dabei vorgesehen sein, dass elektrisches Potenzial an der ersten und letzten Zelle des Brennstoffzellenstapels durch das Brennstoffzellen-Interface, welches typischerweise einen DC/DC-Wandler umfasst, aufgebracht wird. Bei den bevorzugten Anwendungen in einem Fahrzeug kann die dafür erforderliche Spannung aus einer typischerweise vorhandenen Hybridbatterie genutzt werden. Gleichzeitig wird dann eine aktive Beleuchtung eingeschaltet, welche zur Erzeugung der entsprechenden Spannung über den fotoelektrischen Spannungserzeuger in den weiteren Einzelzellen geeignet ist. Nachdem diese Vorbereitungen getroffen sind, wird dann der Luft/Luft-Start durchgeführt und hat dann

bei Weitem nicht das sonst auftretende Schädigungspotenzial für den Brennstoffzellenstapel.

[0018] Der Brennstoffzellenstapel lässt sich so also schonend auch bei widrigen Bedingungen starten. Darüber hinaus erlaubt der Einsatz des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäße Aufbau des Brennstoffzellenstapels eine Reduktion der an sich bekannten Mechanismen, um Air/Air-Starts zu unterdrücken oder auf ein Minimum zu reduzieren. So kann beispielsweise auf ein längerfristiges immer wiederkehrendes Nachdosieren von Wasserstoff während des Stillstands des Brennstoffzellensystems verzichtet werden. Ebenso lassen sich entsprechende Strategien und dafür benötigte Bauteile, über die ansonsten die Anzahl der potenziell schädlichen Air/Air-Starts verringern werden sollen, entsprechend reduzieren, sodass neben der unmittelbaren Auswirkung auf die Lebensdauer der Brennstoffzelle auch zahlreiche Vorteile im Bereich der Systemtechnik und Ansteuerung derselben zu erreichen sind, welche in vielen Bereichen deutlich vereinfacht werden kann, wenn die potenzielle Schädlichkeit des Air/Air-Starts durch den erfindungsgemäßen Aufbau bzw. das erfindungsgemäße Verfahren entsprechend reduziert wird.

[0019] Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Brennstoffzellenstapels sowie des Verfahrens ergeben sich auch aus dem Ausführungsbeispiel, welches nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren näher beschrieben ist.

[0020] Dabei zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Brennstoffzellenstapels;

Fig. 2 einen Ausschnitt aus einem Brennstoffzellenstapel mit dem Aufbau gemäß der Erfindung; und

Fig. 3 einen möglichen Aufbau des erfindungsgemäßen Brennstoffzellenstapels mit einer Möglichkeit zur Spannungserzeugung in den Einzelzelle.

[0021] In der Darstellung der **Fig. 1** ist ganz allgemein ein mit 1 bezeichneter Brennstoffzellenstapel gezeigt. Zwischen zwei jeweils mit 2 bezeichneten Endplatten befindet sich dabei eine Vielzahl von mit 3 bezeichneten Einzelzellen, von welchen hier einerseits nicht alle dargestellt und andererseits nicht alle dargestellten mit einem Bezugszeichen versehen sind. Dem Fachmann ist der Aufbau eines solchen Brennstoffzellenstapels 1 jedoch bekannt. Bei dem hier dargestellten Brennstoffzellenstapel 1 soll es sich um einen Niedertemperaturbrennstoffzellenstapel mit Einzelzellen 3 in PEM-Technologie handeln, also um einen Brennstoffzellenstapel bzw. -stack, dessen Einzelzellen mit einer katalytisch beschichtete-

ten protonenleitenden Membran, Gasdiffusionslagen, Elektroden und Bipolarplatten aufgebaut sind.

[0022] In der Darstellung der **Fig. 2** ist ein vergrößerter Ausschnitt des Brennstoffzellenstapels 1 gezeigt. Im Wesentlichen ist dabei in der Mitte eine Einzelzelle 3 zu erkennen, von welcher lediglich der obere Teil dargestellt ist. Diese umfasst eine sogenannte Membranelektrodenanordnung 4, welche einerseits die katalytisch beschichtete Membran und andererseits die Gasdiffusionslagen und Elektroden umfasst. Diese Membranelektrodenanordnung ist hier mit einem Rahmen 5 verklebt. Dieser Aufbau wird auch als gerahmte Membranelektrodenanordnung oder Membrane Electrode Frame Assembly (MEFA) bezeichnet. Diese MEFA 4, 5 kann dabei mit geeigneten Dichtungen versehen sein, welche hier jedoch nicht dargestellt sind. Sie wird dann als Sealed MEFA (SMEFA) bezeichnet. Alternativ dazu könnten die Dichtungen auch beim Aufstapeln eingelegt werden oder sind in der jeweils benachbart zur MEFA 4, 5 angeordneten Bipolarplatte 6 angeordnet.

[0023] Von diesen Bipolarplatten 6 sind in der Darstellung der **Fig. 2** zwei Stück gezeigt. Sie weisen auf ihrer einen Seite ein hier nicht dargestelltes Strömungsfeld zur Verteilung von wasserstoffhaltigen Gasen und auf der anderen Seite ein hier ebenfalls nicht dargestelltes Strömungsfeld zur Verteilung von sauerstoffhaltigen Gasen auf die beiden jeweils benachbarten Einzelzellen auf. Sie bilden damit quasi den Anoden- und Kathodenraum benachbart zu der jeweiligen MEFA 4, 5 der Einzelzelle 3 aus. Im Inneren der Bipolarplatte kann außerdem ein hier ebenfalls nicht dargestelltes Strömungsfeld für Kühlmedium angeordnet sein. All dies ist dem Fachmann bekannt, sodass hierauf nicht weiter eingegangen werden muss. Die Bipolarplatten 6 selbst können dabei metallisch oder aus einem mit elektrisch leitenden Füllstoffen versehenem Kunststoff oder entsprechenden elektrisch leitenden beschichteten Kunststoffmaterialien hergestellt werden. All dies ist für die hier vorliegende Erfindung von untergeordneter Bedeutung, sodass darauf nicht weiter eingegangen werden muss.

[0024] In Verbindung mit oder als Teil des Rahmens 5 ist dabei eine hier nicht explizit dargestellte flexible Platine ausgebildet. Diese flexible Platine kann beispielsweise Messeinrichtungen für eine sogenannte Einzelzellüberwachung (CVM) tragen. Sie kann dabei verschiedene Bauteile wie beispielsweise Hochsetzsteller und dergleichen umfassen. Für die hier vorliegende Erfindung von Bedeutung ist die Anordnung wenigstens eines Kondensators im Bereich dieser Elektronik, sowie gegebenenfalls eines Hochsetzstellers, um die Spannung der im Kondensator zwischengespeicherten Energie bei Bedarf auf das benötigte Niveau anzupassen. Um diesen hier nicht dargestellten Kondensator nun mit

Energie zu versorgen, ist im Bereich dieser Elektronik jeder einzelnen Einzelzelle 3 ein fotoelektrischer Spannungserzeuger 7 angedeutet. Dieser kann beispielsweise aus einer Fotovoltaik-Zelle bestehen, welche entweder, wie hier angedeutet, im Bereich der Elektronik ausgebildet ist oder welche auch auf der gesamten Seitenfläche der Bipolarplatten 6 ausgebildet sein kann. Hierfür kann beispielsweise eine Dünnschichtsolarzelle eingesetzt werden. Über diese Fotovoltaik-Zelle kann nun durch eine Beleuchtung im Bereich jeder der Einzelzellen 3 eine elektrische Spannung erzeugt werden. Die so eingetragene Energie kann entweder direkt genutzt oder in dem vorzugsweise, aber nicht zwingend vorhandenen bereits angesprochenen Kondensator zwischengespeichert werden.

[0025] In der Darstellung der **Fig. 3** ist der Brennstoffzellenstapel 1 nochmals zu erkennen. Er befindet sich in einem mit 8 bezeichneten Gehäuse. Dieses kann insbesondere innen verspiegelt, beispielsweise an seinen inneren Oberflächen verchromt ausgebildet sein. Durch den prinzipiellen Mechanismus in der Art einer Totalreflexion im Inneren des Gehäuses 8 lässt sich nun über eine angedeutete Lichtquelle 10, welche hier als aktive Lichtquelle mit wenigstens einer lichtemittierenden Diode ausgebildet ist, bei Bedarf der Brennstoffzellenstapel 1 und damit die Fotovoltaik-Zellen 7 im Bereich seiner Einzelzellen 3 entsprechend beleuchten. Durch die Aktivierung der Beleuchtung mittels der Lichtquelle 9 lässt sich so also im Bereich jeder der Einzelzellen 3 eine entsprechende Spannung generieren.

[0026] Jede einzelne Elektronik jeder der Einzelzellen 3 ist nun über federnde Kontakte 10, welche hier beispielhaft zwischen der Fotovoltaik-Zelle 7 und den Bipolarplatten 6 angedeutet sind, mit diesen verbunden. Die federnden Kontakte haben dabei den Vorteil, dass Längenänderungen beispielsweise durch Temperatur und/oder Druck entsprechend ausgeglichen werden. Vergleichbar wie im eingangs geschilderten Stand der Technik könnte dabei auch eine fixe Anbindung auf einer Seite, also an einer der Bipolarplatten 6 und eine federnde Anbindung an der entsprechend anderen Bipolarplatte 6 realisiert werden. Ungeachtet dessen kann über diese Anbindung nun die erzeugte und/oder zwischengespeicherte Spannung auf die Bipolarplatten 6 aufgebracht werden.

[0027] Wird der Brennstoffzellenstapel 1 entsprechend gestartet und es kommt zu einem Air/Air-Start, dann kann durch eine Aktivierung der Lichtquelle 9 in jeder der Einzelzellen 3 eine entsprechende Spannung erzeugt werden, welche auf die Bipolarplatten 6 aufgebracht wird und der als Korrosionspotenzial wirkenden Spannung entgegenwirkt. Damit wird quasi das Prinzip einer Fremdstrom-Opferanode während des Air/Air-Starts umgesetzt, um so die Korrosion der kohlenstoffhaltigen Träger der für die

elektrochemischen Abläufe notwendigen Katalysatoren wie beispielsweise Platin zu verhindern oder zumindest in seinem Ausmaß deutlich zu reduzieren. Hierdurch lässt sich, wie es oben bereits mehrfach beschrieben worden ist, der Air/Air-Start beim beschriebenen Brennstoffzellenstapel 1 im Vergleich zu einem Air/Air-Start bei einem herkömmlichen Brennstoffzellenstapel außerordentlich schonend für den Katalysatorträger und damit letztlich für die Lebensdauer des Brennstoffzellenstapels 1 durchführen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Zitierte Patentliteratur

- DE 102007015735 A1 [0004]
- DE 102020006353 [0005]

Patentansprüche

1. Brennstoffzellenstapel (1) mit einer Vielzahl von Einzelzellen (3), mit Bipolarplatten (6), **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest einigen der Einzelzellen (3) ein fotoelektrischer Spannungserzeuger (7) zugeordnet ist, wobei wenigstens eine Lichtquelle (9) zur Erzeugung von Spannung über die fotoelektrischen Spannungserzeuger (7) vorgesehen ist, und wobei über die erzeugte Spannung bei Bedarf eine Fremdstrom-Opferanode realisierbar ist.

2. Brennstoffzellenstapel (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lichtquelle (9) als passive Lichtquelle und/oder als aktive Lichtquelle ausgebildet ist.

3. Brennstoffzellenstapel (1) nach Anspruch 1 oder 2, ferner mit einem Gehäuse (8), **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gehäuse (8) an zumindest einigen seiner dem Brennstoffzellenstapel (1) zugewandten Innenflächen verspiegelt ist.

4. Brennstoffzellenstapel (1) nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Lichtquelle (9) Licht in wenigstens einen Lichtleiter einkoppelt.

5. Brennstoffzellenstapel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der fotoelektrische Spannungserzeuger (7) als Fotovoltaik-Zelle ausgebildet ist.

6. Brennstoffzellenstapel (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Bereich der mit den fotoelektrischen Spannungserzeugern (7) versehenen Einzelzellen (3) jeweils wenigstens ein Kondensator vorgesehen ist.

7. Brennstoffzellenstapel (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kondensator sowie weitere elektronische Bauteile im Bereich einer flexiblen Platine in jeder der Einzelzellen (3), insbesondere im Bereich eines Rahmens (5) einer Membranelektrodenanordnung (4), angeordnet sind.

8. Brennstoffzellenstapel (1) nach Anspruch 5, 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Seitenkanten der Bipolarplatten (6) die Fotovoltaik-Zelle aufweisen oder mit einem als Fotovoltaik-Zelle geeigneten Aufbau beschichtet sind.

9. Verfahren zum Starten eines Brennstoffzellenstapels (1) mit einem Luft/Luft-Start in einer Ausführung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass während des Starts in den Einzelzellen (3) des Brennstoffzellenstapels (1) eine dem Korrosionspotenzial entgegengesetzte Spannung über durch den fotoelektrischen Spannungserzeuger (7) eingetragene und gegebene

nenfalls zwischengespeicherte Energie erzeugt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein externes Potenzial an die erste und letzte der Einzelzellen (3) des Brennstoffzellenstapels (1) angelegt und durch eine aktive Beleuchtung ein entsprechendes Potenzial an den weiteren der Einzelzellen (3) erzeugt wird.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

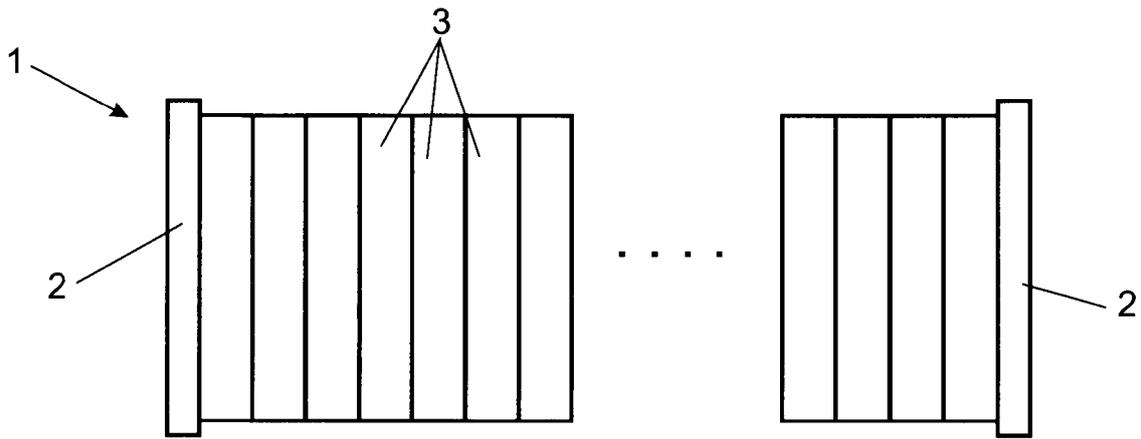


Fig. 1

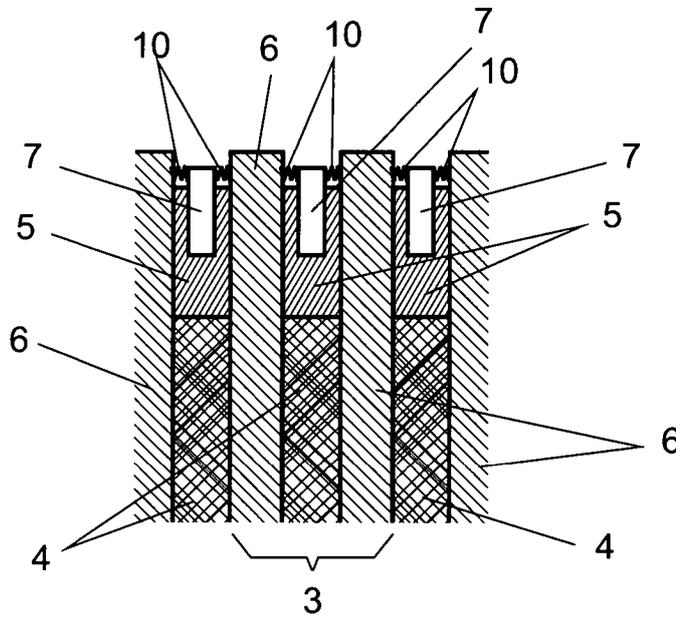


Fig. 2

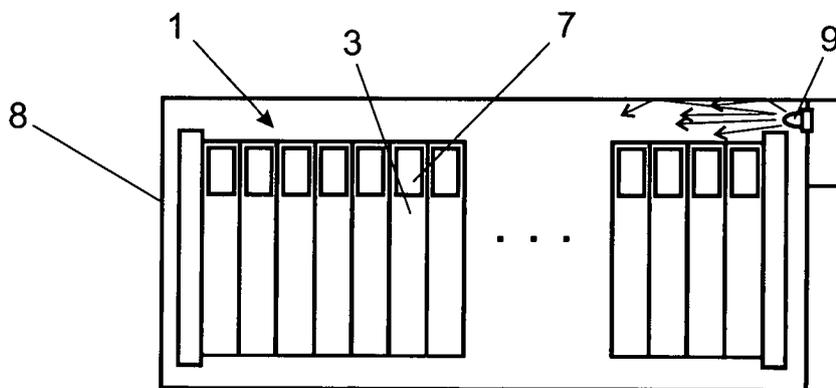


Fig. 3