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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
13. Januar 2022 (13.01.2022)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/006605 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01M 8/04223 (2016.01) *H01M 8/04746* (2016.01)
H01M 8/04537 (2016.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT2021/060236

(22) Internationales Anmeldedatum:
05. Juli 2021 (05.07.2021)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
A50574/2020 05. Juli 2020 (05.07.2020) AT

(71) Anmelder: **AVL LIST GMBH** [AT/AT]; Hans-List-Platz 1, 8020 Graz (AT).

(72) Erfinder: **ALDRIAN, David**; Traungauergasse 7/57, 8020 Graz (AT). **KOGLER, Markus**; Feldriegelstraße 14, 8501 Lieboch (AT).

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

(54) **Title:** METHOD FOR CONTROLLING A FLUSHING VALVE OF AN ANODE SECTION OF AT LEAST ONE FUEL CELL STACK OF A PEM FUEL CELL SYSTEM

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN ZUR REGELUNG EINES SPÜLVENTILS EINES ANODENABSCHNITTES VON ZUMINDEST EINEM BRENNSTOFFZELLENSTAPEL EINES PEM-BRENNSTOFFZELLENSYSTEMS

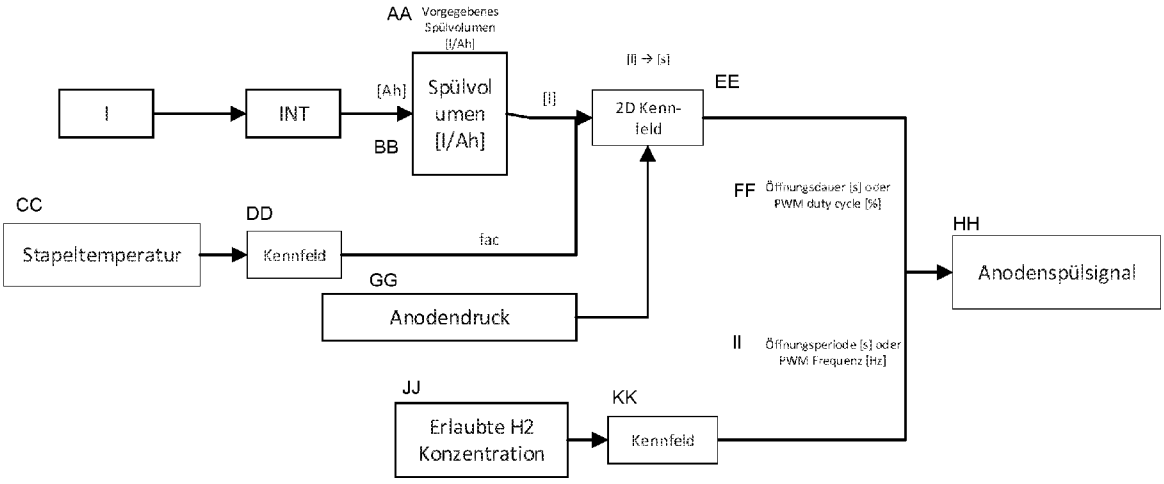


Fig. 1

AA specified flushing volume [l/Ah]
BB flushing volume [l/Ah]
CC stack temperature
DD, KK characteristic field
EE 2D characteristic field
FF open duration [s] or PWM duty cycle [%]
GG anode pressure
HH anode flushing signal
II open duration [s] or PWM frequency [Hz]
JJ permissible H2 concentration

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for controlling a flushing valve of an anode section of at least one fuel cell stack of a PEM fuel cell system, wherein the flushing valve is arranged downstream of the anode section and a flushing volume is specified. The invention is characterized in that an electric current of the fuel cell stack is continuously ascertained, and an open duration of the flushing valve is set on the basis of the ascertained electric current. The invention additionally relates to a PEM fuel cell system and to the use of such a PEM fuel cell system.

WO 2022/006605 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

— *in Schwarz-Weiss; die internationale Anmeldung enthielt in ihrer eingereichten Fassung Farbe oder Graustufen und kann von PATENTSCOPE heruntergeladen werden.*

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung eines Spülventils eines Anodenabschnittes von zumindest einem Brennstoffzellenstapel eines PEM-Brennstoffzellensystems, wobei das Spülventil stromabwärts des Anodenabschnittes angeordnet ist und ein Spülvolumen vorgegeben wird, dadurch gekennzeichnet, dass ein elektrischer Strom des Brennstoffzellenstapels kontinuierlich ermittelt wird, wobei eine Öffnungsdauer des Spülventils auf Basis des ermittelten elektrischen Stroms eingestellt wird. Weiter betrifft die Erfindung ein PEM-Brennstoffzellensystem sowie die Verwendung eines solchen PEM-Brennstoffzellensystems.

Verfahren zur Regelung eines Spülventils eines Anodenabschnittes von zumindest einem Brennstoffzellenstapel eines PEM-Brennstoffzellensystems

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung eines Spülventils eines Anodenabschnittes von zumindest einem Brennstoffzellenstapel eines PEM-Brennstoffzellensystems, wobei das Spülventil stromabwärts des Anodenabschnittes angeordnet ist und ein Spülvolumen vorgegeben wird.

Weiter betrifft die Erfindung ein PEM-Brennstoffzellensystem, welches zur Durchführung eines solchen Verfahrens ausgebildet ist.

Darüber hinaus betrifft die Erfindung eine Verwendung eines solchen PEM-Brennstoffzellensystems.

PEM-Brennstoffzellensysteme und deren Verwendung in Kraftfahrzeugen sind aus dem Stand der Technik bekannt. Weiter ist es bekannt, dass jedes PEM-Brennstoffzellensystem ein Spülventil umfassen soll, um einen Wasserstoffgehalt in einem Anodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels kontrollieren und regeln zu können. Im Betrieb des Brennstoffzellensystems nimmt ein Wasserstoffgehalt üblicherweise kontinuierlich ab, weil insbesondere Stickstoff in den Anodenabschnitt diffundiert. Um einen Wasserstoffgehalt wieder anzuheben und dadurch einen einwandfreien Betrieb des Brennstoffzellensystem zu gewährleisten, ist es bekannt, dass Spülventil für eine gewisse Zeitspanne, insbesondere periodisch zu öffnen, um Anodengas aus dem Anodenabschnitt abzuführen.

Wann und wie lange das Spülventil geöffnet wird, ist folglich insbesondere von einem Wasserstoffgehalt im Anodenabschnitt abhängig. Um diesen bestimmen zu können, ist es aus dem Stand der Technik bekannt, zumindest einen Sensor im Anodenabschnitt anzuordnen, sodass der Wasserstoffgehalt unmittelbar gemessen werden kann. Diese Lösung hat den Nachteil, dass entsprechende Sensoren sehr kostenintensiv und zugleich jedoch nicht wirklich zuverlässig sind. Um diesen Nachteil zu überwinden sind aus dem Stand der Technik auch sensorlose Verfahren zur Bestimmung einer Wasserstoffkonzentration bekannt geworden. Beispielsweise werden hierfür Simulationsmodelle verwendet. Dieses Verfahren hat den Nachteil, dass dabei eine Kalibration für einen ungünstigsten Fall durchgeführt werden muss, welche alle anderen Einflussfaktoren berücksichtigt. Dies kann zu einem zu hohen Wasser-

stoffgehalt im Anodenabschnitt führen, was zwar den Brennstoffzellenstapel nicht schädigt, aber ineffizient ist.

Hier setzt die Erfindung an. Aufgabe der Erfindung ist es, eine besonders effiziente Regelung eines Spülventils eines Anodenabschnittes bereit zu stellen, welche die oben beschriebenen Nachteile überwindet.

Weiter ist es ein Ziel ein PEM-Brennstoffzellensystem anzugeben, welches zur Durchführung eines solchen Verfahrens ausgebildet ist.

Ein weiteres Ziel ist es, eine Verwendung eines solchen Brennstoffzellensystems anzugeben.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass bei einem Verfahren der eingangs genannten Art ein elektrischer Strom des Brennstoffzellenstapels kontinuierlich ermittelt wird, wobei eine Öffnungsdauer des Spülventils auf Basis des ermittelten elektrischen Stroms eingestellt wird.

Ein dadurch erzielter Vorteil ist insbesondere darin zu sehen, dass durch die erfindungsgemäßen Verfahrensschritte eine Effizienz deutlich erhöht ist und weiter eine Kalibration einer erlaubter Wasserstoffkonzentration erleichtert wird.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird ein Brennstoffzellenstapelstrom kontinuierlich, sprich ein Strom, welcher vom Brennstoffzellenstapel gezogen wird, mitgeschrieben und/oder aufgezeichnet. Folglich steht eine Stromhistorie zur Verfügung. Aufgrund des aufgezeichneten Stroms über eine vorbestimmte Zeitdauer wird eine Öffnungsdauer des Spülventils eingestellt. Im Rahmen der Erfindung wurde festgestellt, dass eine Wasserstoffkonzentration und insbesondere auch eine Stickstoffkonzentration davon abhängig ist, wieviel Strom von der Brennstoffzelle gezogen wird. D. h. wenn über einen längeren, vorbestimmten Zeitraum überdurchschnittlich viel Strom gezogen wird, steigt ein Stickstoffanteil im Anodenabschnitt und in Wasserstoffanteil sinkt. Das Spülventil muss geöffnet werden, um den Stickstoff aus dem Anodenabschnitt zu spülen, sodass eine notwendige Wasserstoffkonzentration im Anodenabschnitt wiederhergestellt wird.

Erfindungsgemäße ist im Rahmen der Erfindung unter einem Strom stets ein elektrischer Strom zu verstehen. Im Gegensatz dazu ist beispielsweise ein Massenstrom ein Strom eines Betriebsfluides.

Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist insbesondere eine Steuereinrichtung vorgesehen, welche aufgezeichnete Daten wie den Strom und/oder eine Spannung weiterverarbeitet und eine Öffnungsdauer und/oder Öffnungsperiode des Spülventils vorgibt.

Unter Öffnungsdauer des Spülventils ist im Rahmen jene Zeit zu verstehen, innerhalb welcher das Spülventil offen ist. Es kann vorgesehen sein, dass das Spülventil mehrmals hintereinander, insbesondere periodisch, geöffnet und geschlossen wird. Dabei kann auch vorgesehen sein, dass die Öffnungsdauer immer gleich lang oder auch unterschiedlich lang ist.

Günstig ist es, wenn das Spülventil als eigenes, sogenanntes Purge-Ventil ausgebildet und/oder angeordnet ist. Dabei ist mit Vorteil ein weiteres Ventil, ein sogenanntes Wasserabscheideventil oder Drain-Ventil vorgesehen. Ein kombiniertes Purge/Drain-Ventil wird vorteilhaft nicht verwendet, sondern es werden zwei voneinander getrennte (ein Purge- und ein Drain-Ventil) verwendet, wobei das Spülventil das Purge-Ventil ist.

Im Rahmen der Erfindung kann der Strom direkt durch einen oder mehrere Sensoren gemessen werden. Der Strom kann allerdings auch indirekt durch eine Spannungs- und/oder Leistungsmessung festgestellt werden. Zur Zellspannungsmessung kann beispielsweise ein CVM-Verfahren verwendet (Cell Voltage Monitoring) werden, wofür bevorzugt jede einzelne Zelle des Brennstoffzellenstapels mit einem Sensor zur Ermittlung einer Zellspannung verbunden wird. Es kann allerdings auch von Vorteil sein, wenn nicht die Spannung jeder einzelnen Zelle, sondern Zellen paarweise vermessen oder beispielsweise eine Spannung von vier oder fünf Zellen gemeinsam ermittelt wird. Wird die Spannung von mehr als einer Zelle bzw. von mehreren Zellen eins Brennstoffzellenstapels gemeinsam gemessen, wird anschließend ein Mittelwert davon gebildet. Stromabwärts des Brennstoffzellenstapels ist insbesondere ein DC/DC-Wandler angeordnet, welcher Spannungswerte und/oder Stromwerte ausgibt und insbesondere an beiden (Plus und Minus) Leitungen mit dem Brennstoffzellensystem verbunden. Grundsätzlich ist es auch möglich, den Strom über THDA oder einen externen Strommesser zu ermitteln.

Das Spülvolumen wird insbesondere vom Brennstoffzellenstapel und/oder vom Brennstoffzellenstapelhersteller selbst vorgegeben. Das vorgegebene Spülvolumen

bezeichnet ein Gasvolumen, welches vom Anodenabschnitt über das Spülventil abgelassen werden soll.

Es ist von Vorteil, wenn eine Temperatur des Brennstoffzellenstapels von zumindest einem Sensor gemessen wird. Vom Sensor wird dabei insbesondere eine Wasserstofftemperatur des Anodenabschnittes gemessen, wofür zumindest ein Sensor im Anodenabschnitt angeordnet ist. Es kann allerdings auch vorteilhaft sein, wenn eine Kühlmitteltemperatur gemessen wird. Kühlmittel durchströmt bevorzugt das Brennstoffzellensystem und insbesondere auch den Brennstoffzellenstapel, weshalb eine Temperatur des Kühlmittels im Wesentlichen gleich jener des Wasserstoffs ist.

Vorteilhaft ist es, wenn der Strom des Brennstoffzellenstapels über eine vorgegebene Zeitdauer integriert wird. Dadurch wird also die Strommenge, welche über die Zeitdauer gezogen wird in Amperestunden berechnet. Dieser berechnete Wert wird anschließend mit dem Faktor des vorgegebenen Spülvolumens (Liter/Amperestunde) oder einem an einem Prüfstand ermittelten Faktor (Liter/Amperestunde) multipliziert. Der daraus resultierende Wert (Liter) wird als erster Referenzwert in einem zweidimensionalen Kennfeld bevorzugt in der Steuereinheit oder einer Speichereinheit gespeichert. Dieses Kennfeld und/oder einzelne Daten werden in weiterer Folge zur Regelung des Spülventils verwendet.

Dabei ist es weiter günstig, wenn die Öffnungsdauer des Spülventils durch die gemessene Temperatur mitbestimmt wird, wobei insbesondere ein zu spülende Anodenvolumen mit einem temperaturabhängigem Faktor multipliziert wird. Die Temperatur des Brennstoffzellenstapels ist insbesondere ein Hinweis, darauf wieviel Wasser sich im Brennstoffzellenstapel befindet. Je höher die Temperatur ist, d. h. je mehr Wasserdampf und/oder Stickstoff im Brennstoffzellenstapel ist, desto öfter muss gespült oder ein Spülvolumen erhöht werden.

Dabei ist es weiter günstig, wenn das Integrieren gestoppt und zurückgesetzt wird, sobald das Spülventil geschlossen wird. Das Integrieren startet dann bevorzugt von Neuem. Das Ermitteln des Stroms wird allerdings bevorzugt weder gestoppt noch zurückgesetzt.

Es ist von Vorteil, wenn ein Anodendruck durch zumindest einen Sensor bestimmt wird, wobei die Öffnungsdauer des Spülventils durch den Anodendruck mitbestimmt wird. Zur Bestimmung des Anodendrucks ist insbesondere im Anodenabschnitt, be-

vorzugt in einer Anodenzuführleitung insbesondere unmittelbar vor dem Brennstoffzellenstapel, ein Sensor angeordnet. Der Anodendruck wird bevorzugt direkt mit einem Drucksensor gemessen oder indirekt über beispielsweise eine Messung eines Massenstroms bestimmt. Es wurde festgestellt, dass ein Anodendruck Einfluss auf das Öffnen des Spülventils hat: Je höher der Anodendruck ist desto kürzer kann die Öffnungsdauer des Spülventils sein, da in der gleichen Zeit mehr Volumen durch den Anodenabschnitt gefördert wird. Der gemessene Anodendruck wird bevorzugt auch im zweidimensionalen Kennfeld gespeichert, welches in weiterer Folge für die Regelung des Spülventils verwendet.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Öffnungsdauer des Spülventils vom Anodendruck und die gemessene Temperatur des Brennstoffzellenstapels bestimmt wird. Günstig ist es dabei, wenn der aktuelle Strom integriert und ein zu spülendes Volumen dadurch berechnet wird. In Abhängigkeit der Temperatur und des Anodendrucks wird dann die Öffnungsdauer des Spülventils berechnet.

Die Öffnungsperiode wird also bevorzugt in Abhängigkeit der gewünschten Wasserstoffkonzentration, des Stapelstroms und der Temperatur eingestellt. Der Vorteil hierbei ist, dass eine Empfehlung eines Stackherstellers (insbesondere hinsichtlich eines Spülvolumens), der Stromgeschichte (nicht nur der aktuelle Wert) mit Korrekturfaktoren von Stack Temperatur und Druck berücksichtigt werden kann. All diese Faktoren beeinflussen das Stickstoffvolumen in der Anode und somit die Spüldauer.

Zweckmäßig ist es, wenn eine an eine Umgebung abgebbare Menge an Wasserstoff vorbestimmt wird, wobei die Öffnungsdauer des Spülventils durch die Menge an Wasserstoff mitbestimmt wird. Es kann vorgesehen sein, dass eine Menge an Wasserstoff, welche an eine Umgebung insbesondere von einem Brennstoffzellen-Kraftfahrzeug abgegeben werden darf, durch Gesetze geregelt wird. Diese vorgegebene Menge wird insbesondere in einem weiteren Kennfeld gespeichert, wobei dieses weitere Kennfeld ein vom zweidimensionalen, oben beschriebenen, Kennfeld verschieden ist. Daten aus dem weiteren Kennfeld und dem zweidimensionalen Kennfeld werden in weiterer Folge bevorzugt zusammengeführt und dadurch wird eine Öffnungsdauer des Spülventils bestimmt.

Vorteilhaft ist es, wenn ein Spülintervall bestimmt wird. Es wird also zusätzlich zur Spüldauer auch eine Spülperiode bestimmt, d. h. wie groß ein zeitlicher Abstand zwi-

schen einem wiederholten Öffnen des Spülventils ist. Die Spülperiode ist insbesondere davon abhängig, wie groß eine zulässige maximale Menge an Wasserstoff im Anodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels ist. Dieser Wert ist insbesondere vom Brennstoffzellenstapelhersteller selbst vorgegeben und kann beispielsweise vorgeben, dass eine Wasserstoffkonzentration im Anodenabschnitt stets zwischen 70 % und 90 % sein. Um dies zu erreichen, kann es notwendig sein, den Anodenabschnitt durch ein periodisches Öffnen des Spülventils zu spülen.

Das weitere Ziel wird erreicht, wenn das PEM-Brennstoffzellensystem der eingangs genannten Art, zumindest einen Brennstoffzellenstapel, einen Anodenabschnitt und einen Kathodenabschnitt sowie ein Spülventil umfasst, wobei das Spülventil an einem Anodenausgang angeordnet ist.

Damit ergeben sich die gleichen Vorteile, welche im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ausführlich beschrieben worden sind. Alle diesbezüglichen Merkmale, Vorteile und Wirkungen gelten selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen PEM-Brennstoffzellensystem. Das erfindungsgemäße PEM-Brennstoffzellensystem weist zumindest einen Brennstoffzellenstapel mit beispielsweise mehreren 100 einzelnen Brennstoffzellen umfassend einen Kathoden- und einen Anodenabschnitt auf. Weiter ist vorteilhaft ein Anodenzuführabschnitt zum Einbringen von Anodenzuführgas (Wasserstoff) in den Anodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels und ein Kathodenzuführabschnitt zum Einbringen von Kathodenzuführgas (Luft) in den Kathodenabschnitt vorgesehen. Die Luftfördereinrichtung ist insbesondere als Kompressor ausgebildet. Verbrauchtes Anodenabgas wird bevorzugt über einen Anodenabführabschnitt abgeführt und läuft durch einen Wasserabscheider. Neben einer Abfuhr über das Spülventil, ein sogenanntes Purgeventil, an die Umgebung und/oder in den Kathodenabführabschnitt kann auch eine Rezirkulation des Anodenabgases über eine passive Rezirkulationsvorrichtung, beispielsweise in Form einer Ejektorvorrichtung, erfolgen. Der Wasserabscheider kann auch im Rezirkulationsabschnitt oder im Anodenzuführabschnitt stromabwärts der Ejektorvorrichtung angeordnet sein. Weiter ist vorteilhaft ein Kompresser zur Förderung von Kathodengas (Luft) vorgesehen.

Eine Verwendung eines solchen PEM-Brennstoffzellensystems erfolgt mit Vorteil in einem Kraftfahrzeug. Das Kraftfahrzeug kann dabei ein PKW sein, vorteilhaft ist es jedoch, wenn das Kraftfahrzeug ein LKW, Bus oder dergleichen ist.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnung ein Ausführungsbeispiele der Erfindung im Einzelnen beschrieben ist. Es zeigt schematisch:

Fig. 1 eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Es wird ein Strom des Brennstoffzellenstapels kontinuierlich ermittelt und mitgeschrieben. Der Strom wird über eine vorgegebene Zeitdauer integriert und die erhaltenen Amperestunden werden mit einem vorgegebenen Spülvolumen multiplizert, sodass ein dadurch erhaltenes Volumen (Liter) berechnet und insbesondere in ein zweidimensionales Kennfeld überführt wird.

Weiter wird eine Brennstoffzellenstapeltemperatur gemessen, welche über ein eigenes Kennfeld in einen Faktor überführt wird, der anschließend mit dem abzuführenden Volumen multipliziert wird. Das daraus resultierende temperaturabhängige Volumen wird als erster Referenzwert in ein zweidimensionales Kennfeld überführt.

Darüber hinaus wird ein Anodendruck gemessen und dem zweidimensionalen Kennfeld als zweiter Referenzwert zugeführt.

Durch alle diese Größen wird in weiterer Folge die Öffnungsdauer des Spülventils bestimmt. Dabei gilt, je höher der Anodendruck ist, desto kürzer soll die Öffnungsdauer des Spülventils sein, wobei weiter gilt, dass je höher die Brennstoffzellenstapeltemperatur, desto mehr muss gespült werden.

Des Weiteren wird durch das erfindungsgemäße Verfahren eine Spülperiode bestimmt. Diese ist insbesondere von einer Wasserstoffkonzentration, welche maximal im Brennstoffzellenstapel vorhanden sein soll, abhängig. Dies ist beispielsweise derart vorgegeben, dass der Wasserstoffanteil im Brennstoffzellenstapel stets zwischen 70 % und 90 % betragen soll.

Eine zusätzliche Eingangsgröße zur Bestimmung der Spüldauer und/oder der Spülperiode ist eine erlaubte Menge an Wasserstoff, welche an die Umgebung abgegeben (erlaubte H2 Konzentration) wird.

Das erfindungsgemäße Brennstoffzellensystem umfasst eine Steuereinrichtung, welche die oben genannten Daten verarbeitet und ein Signal zum Öffnen und Schließen des Spülventils (Anodenspülsignal) weitergibt.

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens. Im Unterschied zum Verfahren gemäß Fig. 1 ist hierbei kein Überführen des resultierenden temperaturabhängigen Volumens in ein zweidimensionales Kennfeld vorgesehen. Stattdessen wird aus dem temperaturabhängigen Volumen und dem Anodendruck ein erster Wert für die Öffnungsdauer des Spülvolumens berechnet. Parallel wird aus einer erlaubten Wasserstoffkonzentration, einer Temperatur und einem Stapelstrom ein Kennfeld bestimmt, aus welchen in weiterer Folge ein zweiter Wert für die Öffnungsdauer des Spülvolumens berechnet wird.

Aus diesen beiden Werten wird dann schlussendlich das Anodenspülsignal erzeugt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung eines Spülventils eines Anodenabschnittes von zumindest einem Brennstoffzellenstapel eines PEM-Brennstoffzellensystems, wobei das Spülventil stromabwärts des Anodenabschnittes angeordnet ist und ein Spülvolumen vorgegeben wird, dadurch gekennzeichnet, dass ein elektrischer Strom des Brennstoffzellenstapels kontinuierlich ermittelt wird, wobei eine Öffnungsdauer des Spülventils auf Basis des ermittelten elektrischen Stroms eingestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Temperatur des Brennstoffzellenstapels von zumindest einem Sensor gemessen wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrische Strom des Brennstoffzellenstapels über eine vorgegebene Zeitdauer integriert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Öffnungsdauer des Spülventils durch die gemessene Temperatur mitbestimmt wird, wobei insbesondere das zu spülende Anodenvolumen mit einem temperaturabhängigem Faktor multipliziert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Integrieren gestoppt und zurückgesetzt wird, sobald das Spülventil geschlossen wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Anodendruck durch zumindest einen Sensor bestimmt wird, wobei die Öffnungsdauer des Spülventils durch den Anodendruck mitbestimmt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine an eine Umgebung abgebbare Menge an Wasserstoff vorbestimmt wird, wobei die Öffnungsdauer des Spülventils durch die Menge an Wasserstoff mitbestimmt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass ein Spülintervall bestimmt wird.

9. PEM-Brennstoffzellensystem, welches zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8 ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet,

dass das PEM-Brennstoffzellensystem zumindest einen Brennstoffzellenstapel, einen Anodenabschnitt und einen Kathodenabschnitt, eine Steuereinrichtung sowie ein Spülventil umfasst, wobei das Spülventil an einem Anodenausgang angeordnet ist.

10. Verwendung eines PEM-Brennstoffzellensystems nach Anspruch 9 in einem Kraftfahrzeug.

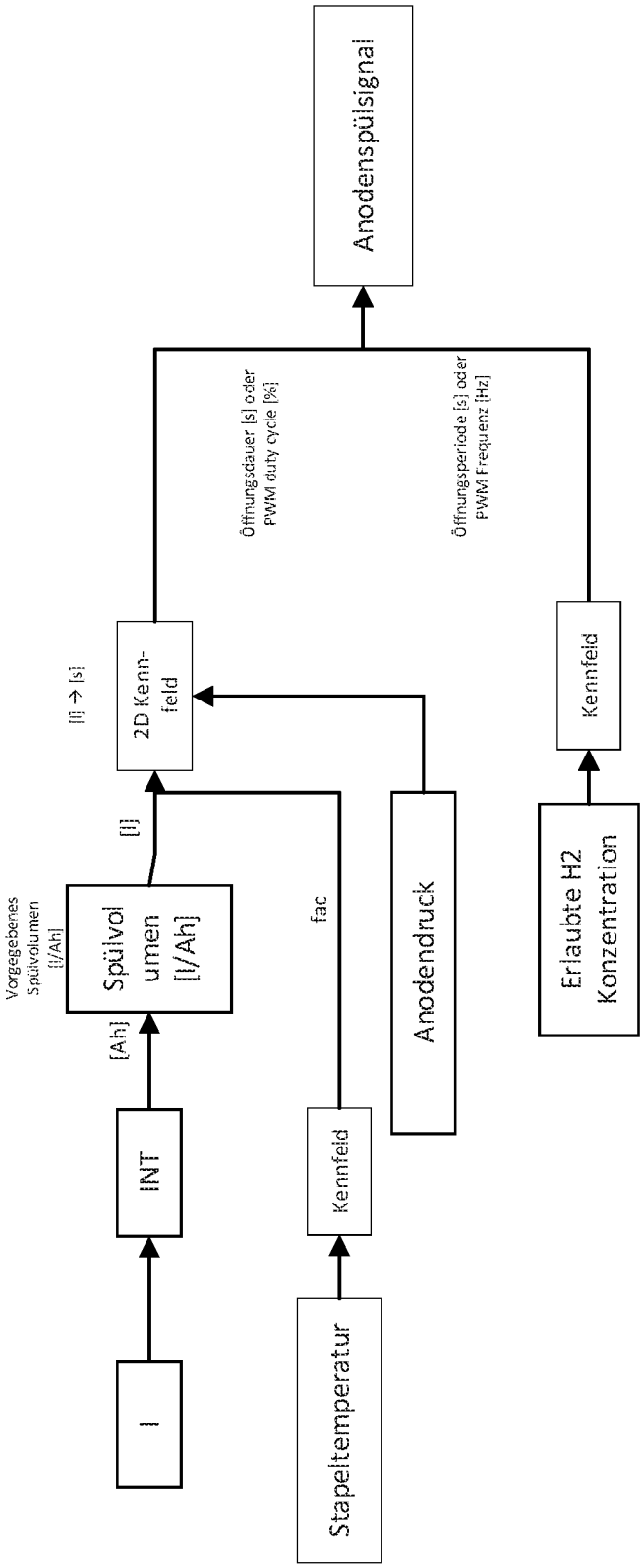

Anodenspülsignal
Öffnungsdauer [s] oder PWM duty cycle [%]
Öffnungsperiode [s] oder PWM Frequenz [Hz]
2D Kenn-feld
[l] → [s]
[l]
Kennfeld
Vorgegebenes Spülvolumen [l/Ah]
Spülvol umen [l/Ah]
fac
Anodendruck
Erlaubte H2 Konzentration
[Ah]
INT
Kennfeld
I
Stapeltemperatur

Fig. 1

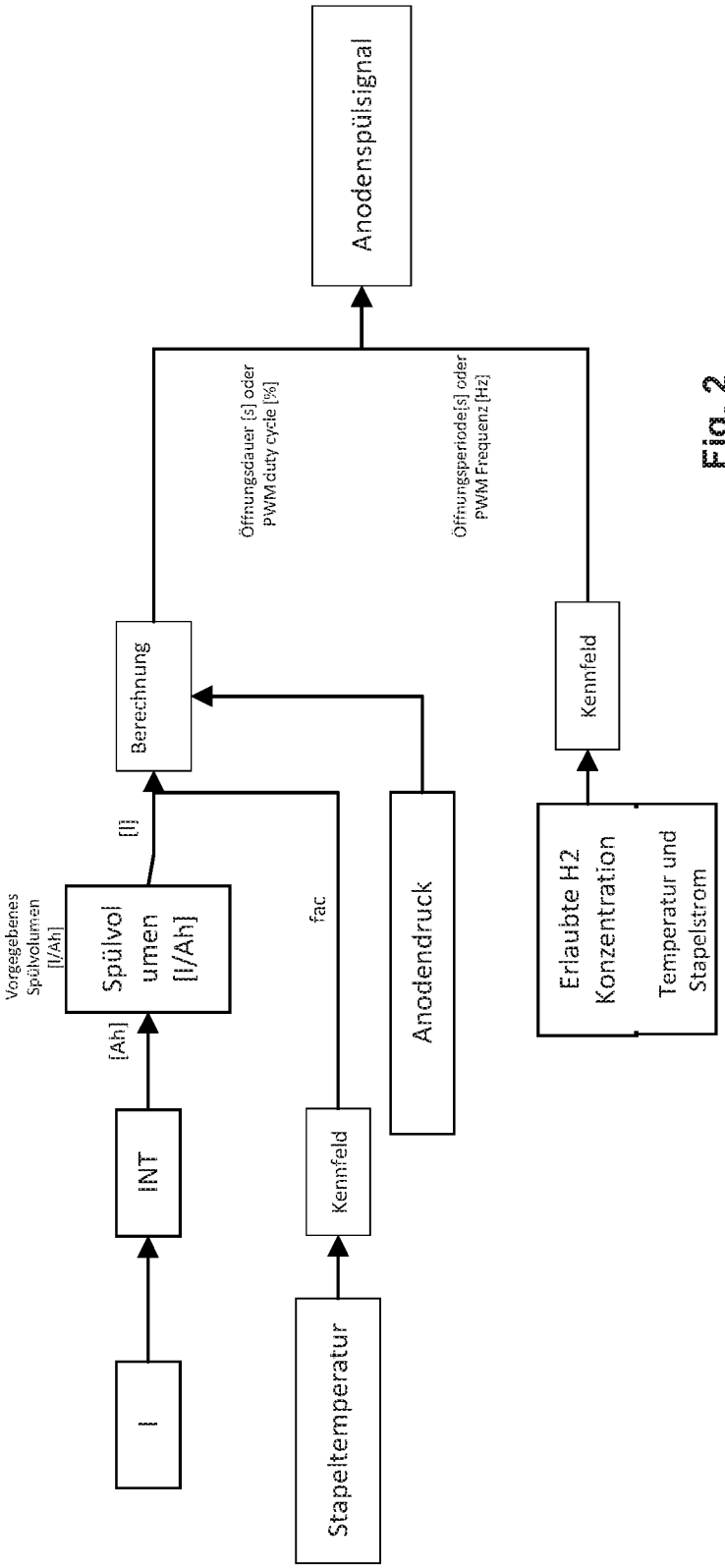

Anodenspülsignal
Öffnungsdauer [s] oder PWM duty cycle [%]
Öffnungsperiode[s] oder PWM Frequenz [Hz]
Berechnung
Kennfeld
[l]
Spülvol umen [l/Ah]
Vorgegebenes Spülvolumen [l/Ah]
[Ah]
INT
I
fac
Kennfeld
Stapeltemperatur
Anodendruck
Erlaubte H2 Konzentration
Temperatur und Stapelstrom

Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/AT2021/060236

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01M 8/04223(2016.01)i; ***H01M 8/04537***(2016.01)i; ***H01M 8/04746***(2016.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2007111046 A1 (SPARE BRADLEY [US] ET AL) 17 May 2007 (2007-05-17) paragraphs [0004], [0008], [0012], [0019] - [0021]; figure 3	1,3,5,8,9
X	DE 102015222149 A1 (HYUNDAI MOTOR CO LTD [KR]) 17 November 2016 (2016-11-17) paragraphs [0004] - [0006]; claims 1-20	1-6,9,10
X	US 2015280260 A1 (LEE HYUN JAE [KR] ET AL) 01 October 2015 (2015-10-01) paragraphs [0039] - [0050]	1-4,7,9,10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
05 October 2021	**15 October 2021**
Name and mailing address of the ISA/EP **European Patent Office** **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	Authorized officer **Goldbacher, Ute** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/AT2021/060236

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US 2007111046 A1	17 May 2007	DE 102006052495 A1	31 May 2007
		US 2007111046 A1	17 May 2007
DE 102015222149 A1	17 November 2016	CN 106159298 A	23 November 2016
		DE 102015222149 A1	17 November 2016
		KR 20160132637 A	21 November 2016
		US 2016336607 A1	17 November 2016
US 2015280260 A1	01 October 2015	CN 104953142 A	30 September 2015
		DE 102014220876 A1	01 October 2015
		KR 20150111502 A	06 October 2015
		US 2015280260 A1	01 October 2015

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/AT2021/060236

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01M8/04223 H01M8/04537 H01M8/04746
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H01M

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2007/111046 A1 (SPARE BRADLEY [US] ET AL) 17. Mai 2007 (2007-05-17) Absätze [0004], [0008], [0012], [0019] - [0021]; Abbildung 3	1,3,5,8, 9
X	DE 10 2015 222149 A1 (HYUNDAI MOTOR CO LTD [KR]) 17. November 2016 (2016-11-17) Absätze [0004] - [0006]; Ansprüche 1-20	1-6,9,10
X	US 2015/280260 A1 (LEE HYUN JAE [KR] ET AL) 1. Oktober 2015 (2015-10-01) Absätze [0039] - [0050]	1-4,7,9, 10

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
5. Oktober 2021	15/10/2021

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Goldbacher, Ute

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/AT2021/060236

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2007111046 A1	17-05-2007	DE 102006052495 A1	31-05-2007
		US 2007111046 A1	17-05-2007
DE 102015222149 A1	17-11-2016	CN 106159298 A	23-11-2016
		DE 102015222149 A1	17-11-2016
		KR 20160132637 A	21-11-2016
		US 2016336607 A1	17-11-2016
US 2015280260 A1	01-10-2015	CN 104953142 A	30-09-2015
		DE 102014220876 A1	01-10-2015
		KR 20150111502 A	06-10-2015
		US 2015280260 A1	01-10-2015