

(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
12. November 2020 (12.11.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/223754 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01M 8/04119 (2016.01) H01M 8/04223 (2016.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT2020/060188

(22) Internationales Anmeldedatum:
08. Mai 2020 (08.05.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
A 50417/2019 09. Mai 2019 (09.05.2019) AT

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

(72) Erfinder: SCHNABEL, Alexander, DI; Moserhofgasse
18a/10, 8010 Graz (AT).

(74) Anwalt: WIETZKE, Andreas; Mathys & Squire Europe
LLP, Theatinerstr. 7, 80333 München (DE).

(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, 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.

(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,

(54) Title: FUEL CELL SYSTEM AND METHOD FOR REMOVING WATER FROM THE FUEL CELL SYSTEM

(54) Bezeichnung: BRENNSTOFFZELLENSYSTEM UND VERFAHREN ZUM ENTFERNEN VON WASSER AUS DEM
BRENNSTOFFZELLENSYSTEM

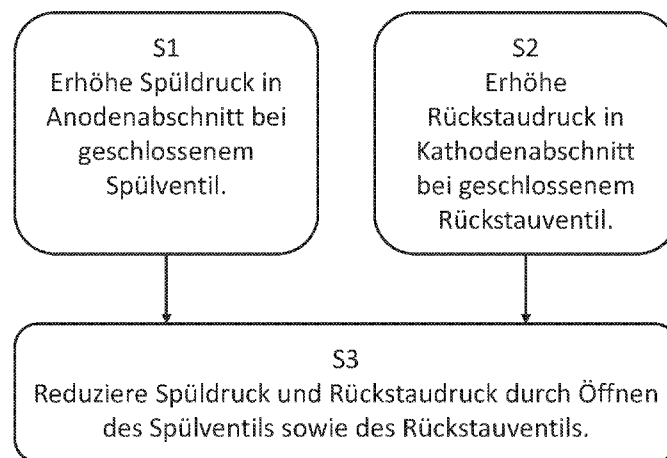


Fig. 3

- S1 Increase purge pressure in anode portion with purge valve closed.
S2 Increase back pressure in cathode portion with back pressure valve closed.
S3 Reduce purge pressure and back pressure by opening both purge valve and back pressure valve.

(57) Abstract: The invention relates to a method for removing water from a fuel cell system (1) comprising a fuel cell stack (2) having an anode portion (3) and a cathode portion (4), a purge valve (5) downstream of the anode portion (3) for controlling a purge pressure in the anode portion (3), and a back pressure valve (6) downstream of the cathode portion (4) for controlling a back pressure in the cathode portion (4), comprising the steps: increasing the purge pressure in the anode portion (3) to a predefined purge pressure setpoint (API) with the purge valve (5) closed, increasing the back pressure in the cathode portion (4) to a predefined back pressure setpoint (KPI) with the back pressure valve (6) closed, and subsequently reducing the increased purge pressure as well as the increased back pressure in pulses by opening the purge valve (5) and the back pressure valve (6). Furthermore, the invention relates to a fuel cell system (1)

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)

and a computer program product (10) for carrying out a method according to the invention, as well as a storage means comprising a computer program product (10) stored thereon.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Entfernen von Wasser aus einem Brennstoffzellensystem (1), das einen Brennstoffzellenstapel (2) mit einem Anodenabschnitt (3) und einem Kathodenabschnitt (4), ein Spülventil (5) stromabwärts des Anodenabschnitts (3) zum Kontrollieren eines Spüldrucks im Anodenabschnitt (3), sowie ein Rückstauventil (6) stromabwärts des Kathodenabschnitts (4) zum Kontrollieren eines Rückstaudrucks im Kathodenabschnitt (4) umfasst, aufweisend die Schritte: Erhöhen des Spüldrucks im Anodenabschnitt (3) auf einen vordefinierten Spüldruck-Sollwert (AP1) bei geschlossenem Spülventil (5), Erhöhen des Rückstaudrucks im Kathodenabschnitt (4) auf einen vordefinierten Rückstaudruck-Sollwert (KP1) bei geschlossenem Rückstauventil (6), und anschließend impulsartiges Reduzieren des erhöhten Spüldrucks sowie des erhöhten Rückstaudrucks durch Öffnen des Spülventils (5) und des Rückstauventils (6). Ferner betrifft die Erfindung ein Brennstoffzellensystem (1) und ein Computerprogrammprodukt (10) zum Durchführen eines erfindungsgemäßen Verfahrens sowie ein Speichermittel mit einem darauf gespeicherten Computerprogrammprodukt (10).

Brennstoffzellensystem und Verfahren zum Entfernen von Wasser aus dem Brennstoffzellensystem

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Brennstoffzellensystem sowie ein Verfahren zum Entfernen von Wasser aus dem Brennstoffzellensystem. Ferner betrifft die Erfindung ein Computerprogrammprodukt zum Ausführen eines Spülvorgangs in einem Brennstoffzellensystem sowie ein Speichermittel mit einem darauf gespeicherten Computerprogrammprodukt.

Im Stand der Technik sind verschiedene Verfahren zum Entfernen von Wasser aus einem Brennstoffzellensystem bekannt. Das Entfernen von Wasser wird in der Regel im Rahmen eines Spülvorgangs durchgeführt, in welchem Leitungsabschnitte des Brennstoffzellensystems mit Hilfe von wenigstens einem Spülfluid gespült und dadurch von Wasserrückständen befreit werden. Derartige Spülvorgänge können während eines dezidierten Spül- und Trocknungsbetriebs und/oder während eines Stromerzeugungsbetriebs des Brennstoffzellensystems durchgeführt werden.

Aus der internationalen Patentanmeldung WO 2017/089466 A1 geht ein Verfahren zum Spülen eines Brennstoffzellensystems während eines Stromerzeugungsbetriebs des Brennstoffzellensystems hervor. Genauer gesagt wird eine Spülkammer zum Spülen des Brennstoffzellensystems auf einer Anodenseite und/oder einer Kathodenseite beschrieben. Wird das Brennstoffzellensystem als Elektrolyseur verwendet, kann die Kathodenseite gespült werden. Wird das Brennstoffzellensystem zur Stromerzeugung genutzt, kann die Anodenseite gespült werden.

Spülvorgänge während des Spül- und Trocknungsbetriebs werden insbesondere zur Vermeidung von Vereisung im Brennstoffzellensystem sowie zur Vorbereitung eines Startprozesses des Brennstoffzellensystems durchgeführt, da verbleibendes Wasser im Brennstoffzellensystem insbesondere beim Kaltstart Systemschäden und Probleme beim Starten des Brennstoffzellensystems verursachen kann. Derartige Vorgänge sind insbesondere beim Kaltstart vorgesehen, wodurch dieser Teil einer Kaltstopprozedur sein kann. Anodenseitig wird das Spülen und Trocknen üblicherweise durch ein Wasserstoffgas bei geöffnetem Spülventil durchgeführt. Im Gegensatz dazu erfolgt ein Spül- und Trockenvorgang kathodenseitig mit Luft. Dazu wird der Kathodenseite für gewöhnlich ein hoher Luftstrom mit niedriger Feuchte bei

niedrigem Luftdruck zugeführt. Häufig wird der Spül- und Trocknungsvorgang so lange durchgeführt, bis ein signifikanter Abfall eines Hochfrequenz-Membranwiderstandes (HFR) feststellbar ist. Dazu ist einerseits entsprechende Messtechnik notwendig, andererseits kann es bei Messfehlern zu unerwünschtem Austrocknen der Membran kommen. Bei zu starker Trocknung kann sich eine mechanische Spannung an der Elektrolytmembran aufbauen, welche einer verkürzten Lebensdauer der Membran führen kann. Daher ist es wünschenswert, eine Austrocknung der Elektrolytmembran zu minimieren und einen gesamten Trocknungsprozess zu beschleunigen beschleunigen.

- 5 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, der voranstehend beschriebenen Problematik zumindest teilweise Rechnung zu tragen. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Brennstoffzellensystem sowie ein Verfahren zum beschleunigten und/oder effektiven Entfernen von Wasser aus dem Brennstoffzellensystem zur Verfügung zu stellen. Außerdem ist es eine Aufgabe, ein
- 15 Computerprogrammprodukt zum Durchführen eines solchen Verfahrens sowie ein Speichermittel, auf welchem ein solches Computerprogrammprodukt gespeichert ist, zu schaffen.

- Die voranstehende Aufgabe wird durch die Patentansprüche gelöst. Insbesondere wird die voranstehende Aufgabe durch das Verfahren gemäß Anspruch 1, das
- 20 Brennstoffzellensystem gemäß Anspruch 7, das Computerprogrammprodukt gemäß Anspruch 9 sowie das Speichermittel gemäß Anspruch 10 gelöst. Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit dem Verfahren beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem
- 25 erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem, dem erfindungsgemäßen Computerprogrammprodukt, dem erfindungsgemäßen Speichermittel und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird bzw. werden kann.

- Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum
- 30 Entfernen von Wasser aus einem Brennstoffzellensystem zur Verfügung gestellt, wobei das Brennstoffzellensystem einen Brennstoffzellenstapel mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt, ein Spülventil stromabwärts des Anodenabschnitts zum Kontrollieren eines Spülldrucks im Anodenabschnitt sowie ein

Rückstauventil stromabwärts des Kathodenabschnitts zum Kontrollieren eines Rückstaudrucks im Kathodenabschnitt umfasst. Das Verfahren weist die folgenden Schritte auf:

- 5 a) Erhöhen des Spüldrucks im Anodenabschnitt auf einen vordefinierten Spüldruck-Sollwert,
 - b) Erhöhen des Rückstaudrucks im Kathodenabschnitt auf einen vordefinierten Rückstaudruck-Sollwert und anschließend
 - c) impulsartiges Reduzieren des erhöhten Spüldrucks sowie des erhöhten Rückstaudrucks durch Öffnen des Spülventils und des Rückstauventils.
- 10 D. h., erfindungsgemäß werden die Volumina in und um den Brennstoffzellenstapel im Brennstoffzellensystem durch die jeweilige Druckerhöhung zunächst unter Druck gesetzt und anschließend durch gemeinsame Ventilöffnung schlagartig entspannt. Bei herkömmlichen Spül- und/oder Trocknungsverfahren liegt in den in Rede
- 15 stehenden Volumina ein relativ konstanter, stöchiometrischer Druck vor oder der Druck verändert sich selbst bei impulsartigen Spülvorgängen nur relativ langsam. Impulsartige Spülvorgänge werden beispielsweise durch einen Kompressor (Luftzufuhr) oder ein Druckventil (Wasserstoffzufuhr) erzeugt. Durch das
- 20 erfindungsgemäße Vorgehen kommt es zu einer schlagartigen Entspannung, sprich kann ein (negativer) Druckimpuls erzeugt werden, welcher zu deutlich höheren Strömungsgeschwindigkeiten und entsprechenden Maximalscherkräften führt, als dies bisher möglich oder effizient realisierbar war. Dadurch kann Wasser,
- insbesondere in flüssiger Form, das sich in verschiedenen Leitungsabschnitten und/oder in Funktionsbauteilen wie einem Befeuchter, Absperrklappen und/oder Auslassventilen des Brennstoffzellensystems befindet, von dort effektiv in die
- 25 Umgebung des Brennstoffzellensystems befördert werden. Damit kann die Zeit zum Trocknen und/oder Spülen des Brennstoffzellensystems erheblich verkürzt werden.
- Gleichezeitig zum Öffnen des Spülventils und des Rückstauventils gemäß Schritt c) kann gegebenenfalls auf einer Anodenseite ein Drainventil geöffnet werden. Dadurch ist es möglich, eine noch schnellere Entspannung zu erreichen, wobei es wichtig ist,
- 30 eine maximale Wasserstoffemission während des Spülvorganges nicht zu überschreiten.

Die erfindungsgemäße Vorgehensweise entspricht einem „Aufblasen“ bzw. Druckbeaufschlagung und Entspannen der im System enthaltenen Volumina. Bei einem PEM-System im Automobilbereich kann der Kathodenpfad von einem Kompressor bis zum Rückstauventil beispielsweise mehr als 5 Liter Luftvolumen enthalten. Entsprechend viel Energie kann die komprimierte Luft aufweisen. Der erfindungsgemäße Spül- bzw. Trocknungsvorgang wird also weniger durch einströmende Fluide, sondern vielmehr durch die plötzliche Entspannung des Systems erreicht. Dadurch kann die im Fluidruck gespeicherte Energie in kurzer Zeit in einen Spülstoß mit vorübergehend hohen Luftgeschwindigkeiten umgewandelt werden, wodurch Wasser effektiv und schnell aus dem Brennstoffzellensystem entfernt werden kann.

Die gewünschte Druckerhöhung kann durch wenigstens einen Kompressor des Brennstoffzellensystems durchgeführt werden. Dies kann in einem Minimallastpunkt oder in einem anderen, niedrigen Lastpunkt des Brennstoffzellensystems realisiert werden. Anschließend kann ein herkömmlicher Trocknungsprozess durchgeführt werden.

Der Spüldruck-Sollwert kann einem nominalen Systemdruck oder Betriebsdruck bzw. einem entsprechenden Betriebsdruckwert entsprechen, mit welchem das Brennstoffzellensystem zur Stromerzeugung betrieben wird. D. h., der Spüldruck und/oder der Rückstaudruck können auf den nominalen Betriebsdruck oder im Wesentlichen auf den nominalen Betriebsdruck erhöht werden.

Das Verfahren wird vorzugsweise in einem Brennstoffzellenfahrzeug, insbesondere nach einem Abstellen des Brennstoffzellenfahrzeugs, welches das Brennstoffzellensystem enthält, durchgeführt. Damit kann verhindert werden, dass bei einer Umgebungstemperatur von unter 0°C schädliches Eis im Brennstoffzellensystem entsteht, welches die Funktion verschiedener Komponenten des Brennstoffzellensystems beeinträchtigen kann.

Das Spülventil kann unmittelbar stromabwärts des Anodenabschnitts angeordnet sein. Ebenso kann das Rückstauventil unmittelbar stromabwärts des Kathodenabschnitts angeordnet sein. Gleichwohl ist es möglich, dass weitere Funktionsbauteile, insbesondere weitere Ventileinheiten, in einer Strömungsrichtung zwischen dem jeweiligen Elektrodenabschnitt und dem Spülventil bzw. dem

Rückstauventil angeordnet sind. Es ist günstig, wenn anodenseitig die sowieso vorhandenen Ventile für den Spülvorgang verwendet werden.

Wie vorstehend bereits beschrieben, kann unter der impulsartigen Reduzierung der erhöhten Drücke eine schlagartige Reduzierung verstanden werden, die durch das Öffnen des Spülventils sowie des Rückstauventils ausgelöst wird. Unter dem Schließen eines Ventils bzw. unter einem geschlossenen Ventil kann ein Ventil in einer Sperrstellung verstanden werden, in welcher eine Fluidströmung durch eine Fluidleitung, in welcher sich das Ventil befindet, verhindert oder im Wesentlichen verhindert wird. Unter dem Öffnen eines Ventils bzw. unter einem geöffneten Ventil kann ein Ventil in einer Durchlassstellung verstanden werden, in welcher eine Fluidströmung durch eine Fluidleitung, in welcher sich das Ventil befindet, ermöglicht wird bzw. in welcher die Fluidleitung für eine Fluidströmung zumindest im Bereich des jeweiligen Ventils freigegeben wird bzw. ist.

Die Schritte a) und b) werden bevorzugt gleichzeitig oder im Wesentlichen gleichzeitig durchgeführt. Damit können Spannungen in einer Elektrolytmembran zwischen dem Anodenabschnitt und dem Kathodenabschnitt verhindert werden. Das Spülventil und das Rückstauventil werden zum impulsartigen Reduzieren des erhöhten Spüldrucks sowie des erhöhten Rückstaudrucks aus demselben Grund ebenfalls bevorzugt gleichzeitig oder im Wesentlichen gleichzeitig geöffnet.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es möglich, dass bei einem Verfahren die Schritte a), b) und c) zum Entfernen von Wasser aus dem Brennstoffzellensystem mehrmals hintereinander durchgeführt werden. D. h., die Volumina im und am Anodenabschnitt sowie im und am Kathodenabschnitt werden in regelmäßigen Intervallen druckbeaufschlagt und entspannt. Dadurch kann das Wasser besonders effektiv aus dem Brennstoffzellensystem entfernt werden. Bei Versuchen im Rahmen der vorliegenden Erfindung hat sich überraschend herausgestellt, dass dieses Vorgehen keine Beschädigungsgefahr für Funktionskomponenten des Brennstoffzellensystems darstellt. Vielmehr kann Wasser durch die hohe Impulsstärke der verwendeten Prozessfluide schnell, zuverlässig und bauteilschonend aus dem Brennstoffzellensystem gespült werden.

Ferner ist es möglich, dass bei einem erfindungsgemäßen Verfahren der Spüldruck im Anodenabschnitt auf einen maximal zulässigen oder annähernd maximal

zulässigen Spüldruck im Anodenabschnitt erhöht wird und der Rückstaudruck im Kathodenabschnitt auf den maximal zulässigen oder annähernd maximal zulässigen Rückstaudruck im Kathodenabschnitt erhöht wird. Damit kann für den Impuls des Fluidstoßes zum Spülen bzw. Trocknen des Brennstoffzellensystems ein

5 entsprechend großer Wert erzielt werden, bei welchem keine Beschädigung oder Zerstörung des Brennstoffzellensystems befürchtet werden muss. Darunter, dass der Spüldruck im Anodenabschnitt auf den maximal zulässigen oder annähernd maximal zulässigen Spüldruck im Anodenabschnitt erhöht wird kann verstanden werden, dass der Spüldruck auf einen Spüldruck-Maximalwert erhöht wird, welcher einem maximal

10 zulässigen Systemdruck bzw. Betriebsdruck im Anodenabschnitt während einer Stromerzeugung entspricht. Darunter, dass der Rückstaudruck im Kathodenabschnitt auf den maximal zulässigen oder annähernd maximal zulässigen Rückstaudruck im Anodenabschnitt erhöht wird kann verstanden werden, dass der Rückstaudruck auf einen Rückstaudruck-Maximalwert erhöht wird, welcher einem maximal zulässigen

15 Systemdruck bzw. Betriebsdruck im Kathodenabschnitt während einer Stromerzeugung entspricht.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltungsvariante der vorliegenden Erfindung ist es möglich, dass bei einem Verfahren der Spüldruck im Anodenabschnitt und der Rückstaudruck im Kathodenabschnitt jeweils auf einen Wert zwischen 2 bar und 5

20 bar erhöht werden. Dieser Wert bzw. diese Werte haben sich bei Versuchen im Rahmen der vorliegenden Erfindung als besonders geeignet herausgestellt, um einen effektiven und trotzdem bauteilschonenden Spülvorgang zu realisieren. Die Drücke können jedoch auch höher oder niedriger sein. Von weiterem Vorteil kann es sein, wenn bei einem erfindungsgemäßen Verfahren der Spüldruck im

25 Anodenabschnitt und der Rückstaudruck im Kathodenabschnitt auf den gleichen oder annähernd den gleichen Wert erhöht werden. Damit kann das Verfahren besonders membranschonend betrieben werden. Insbesondere ist hierbei darauf zu achten, dass der Rückstaudruck und der Spüldruck während der Erhöhung auf den jeweiligen Solldruck bzw. den Maximaldruck stets gleich oder im Wesentlichen gleich

30 gehalten werden bzw. keine großen Differenzen aufweisen. Es kann aus Gründen der maximalen Wasserstoffemissionen im Abgaspfad (üblicherweise kleiner 8 Volumsprozent) aber auch notwendig sein, den Kathodendruck schneller entweichen zu lassen als den Anodendruck. Insbesondere wenn die Spülventile kleinere

Öffnungsquerschnitte aufweisen als das Rückstauventil auf der Kathodenseite ist dies vorteilhaft.

In der Praxis hat es sich ferner als vorteilhaft herausgestellt, wenn durch einen Kompressor bei geschlossenem Rückstauventil der gewünschte Rückstaudruck bzw.
5 ein entsprechender Kathodendruck eingestellt wird und der Spüldruck bzw. ein entsprechender Anodendruck dem Rückstaudruck nachgeführt wird. Hierbei kann aus sicherheitstechnischen Gründen darauf geachtet werden, dass der Spüldruck, beispielsweise in Form eines Wasserstoffdrucks, im Anodenabschnitt stets minimal, beispielsweise um 100 mbar, höher als im Kathodenabschnitt eingestellt bzw.
10 geregelt wird.

Darüber hinaus ist es möglich, dass bei einem Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung das Brennstoffzellensystem in einem Stromerzeugungsbetrieb zur Stromerzeugung sowie in einem Spül- und Trocknungsbetrieb zum Spülen und Trocknen des Brennstoffzellensystems betrieben werden kann, wobei die Schritte a),
15 b) und c) während des Spül- und Trocknungsbetriebs durchgeführt werden. D. h., das Verfahren soll möglichst ausschließlich im Spül- und Trocknungsbetrieb und nicht während des Stromerzeugungsbetriebs des Brennstoffzellensystems durchgeführt werden. Mit anderen Worten, die erfindungsgemäßen Schritte werden bevorzugt separat vom Stromerzeugungsbetrieb durchgeführt. Damit bleibt der
20 Stromerzeugungsbetrieb unbeeinflusst. Während des Spül- und Trocknungsbetriebs kann das Brennstoffzellensystem in einem Minimallastpunkt bzw. in einem anderen niedrigen Lastpunkts des Brennstoffzellensystems betrieben werden. Sobald beide Seiten im Fahrzeug gespült werden, herrscht Spannung am Brennstoffzellenstapel. Da aber der Brennstoffzellenstapel bei Leerlaufspannung (OCV) ohne
25 Strombelastung Schaden nimmt, ist es günstig, wenn zumindest der Minimallastpunkt angefahren wird, d. h. es wird so viel Strom gezogen, bis die Zellspannung unter etwa 0,85 V DC gesunken ist

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Brennstoffzellensystem zur Verfügung gestellt, aufweisend einen

30 Brennstoffzellenstapel mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt, ein Spülventil stromabwärts des Anodenabschnitts zum Kontrollieren eines Spüldrucks im Anodenabschnitt und ein Rückstauventil stromabwärts des Kathodenabschnitts zum Kontrollieren eines Rückstaudrucks im Kathodenabschnitt. Das

Brennstoffzellensystem weist ferner einen Controller mit einer Druckerhöhungseinheit zum Erhöhen des Spüldrucks im Anodenabschnitt auf einen vordefinierten Spüldruck-Sollwert bei geschlossenem Spülventil und zum Erhöhen des Rückstaudrucks im Kathodenabschnitt auf einen vordefinierten Rückstaudruck-Sollwert bei geschlossenem Rückstauventil sowie einer Druckreduzierungseinheit zum impulsartigen, insbesondere schlagartigen, Reduzieren des erhöhten Spüldrucks sowie des erhöhten Rückstaudrucks durch Öffnen des Spülventils und des Rückstauventils.

Damit bringt ein erfindungsgemäßes Brennstoffzellensystem die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf das erfindungsgemäße Verfahren beschrieben worden sind. Dies kann insbesondere dadurch gewährleistet werden, dass die Druckerhöhungseinheit und die Druckreduzierungseinheit zum Durchführen eines, wie vorstehend im Details beschriebenen Verfahrens, konfiguriert und ausgestaltet sind.

Weiterhin wird im Rahmen der Erfindung ein Computerprogrammprodukt vorgeschlagen, das Befehle umfasst, die bei der Ausführung des Computerprogrammprodukts durch einen Computer diesen veranlassen, ein, wie vorstehend beschriebenes, Verfahren auszuführen. Hierfür wird außerdem ein Speichermittel mit einem darauf gespeicherten Computerprogrammprodukt gemäß dieser Ausführungsform zur Verfügung gestellt. Das Speichermittel kann in Form eines Controllers bereitgestellt sein, in welchem das Computerprogrammprodukt installiert ist. Damit bringen das Computerprogrammprodukt und das Speichermittel ebenfalls die vorstehend beschriebenen Vorteile mit sich. Der Controller kann als Computer verstanden werden, oder einen Computer zum Ausführen des Computerprogrammprodukts aufweisen.

Das Computerprogrammprodukt kann als computerlesbarer Anweisungscode in jeder geeigneten Programmiersprache, wie beispielsweise in JAVA, PYTHON, C++ und/oder C#, implementiert sein. Das Computerprogrammprodukt kann auf einem computerlesbaren Speichermedium wie einer Datendisk, einem Wechsellaufwerk, einem flüchtigen oder nichtflüchtigen Speicher oder einem eingebauten Speicher/Prozessor abgespeichert sein. Der Anweisungscode kann einen Computer oder andere programmierbare Geräte wie den Controller derart programmieren, dass die gewünschten Funktionen ausgeführt werden. Ferner kann das

Computerprogrammprodukt in einem Netzwerk, wie beispielsweise dem Internet, bereitgestellt werden bzw. sein, von dem es bei Bedarf von einem Nutzer heruntergeladen werden kann. Das Computerprogrammprodukt kann sowohl mittels eines Computerprogramms, d. h. einer Software, als auch mittels einer oder
5 mehrerer spezieller elektronischer Schaltungen, d.h. in Hardware, oder in beliebig hybrider Form, d. h. mittels Software-Komponenten und Hardware-Komponenten, realisiert werden bzw. sein.

Weitere, die Erfindung verbessernde Maßnahmen ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung zu verschiedenen Ausführungsbeispielen der
10 Erfindung, welche in den Figuren schematisch dargestellt sind.

Es zeigen jeweils schematisch:

Figur 1 ein Brennstoffzellensystem gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

Figur 2 ein Diagramm zum Erläutern eines erfindungsgemäßen Verfahrens, und

15 Figur 3 ein Flussdiagramm zum Erläutern eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

In Fig. 1 ist schematisch ein Brennstoffzellensystem 1 in Form eines PEM-Systems dargestellt. Das Brennstoffzellensystem 1 weist einen Brennstoffzellenstapel 2 mit einem Anodenabschnitt 3, einem Kathodenabschnitt 4 sowie einer zwischen dem Anodenabschnitt 3 und dem Kathodenabschnitt 4 angeordneten Elektrolytmembran
20 15 auf. Das Brennstoffzellensystem 1 weist ferner ein Spülventil 5 stromabwärts des Anodenabschnitts 3 zum Kontrollieren eines Spüldrucks im Anodenabschnitt 3, ein Rückstauventil 6 stromabwärts des Kathodenabschnitts 4 zum Kontrollieren eines Rückstaudrucks im Kathodenabschnitt 4, sowie einen Controller 7 auf. Der Controller 7 weist eine Druckerhöhungseinheit 8 zum Erhöhen des Spüldrucks im
25 Anodenabschnitt 3 auf einen in Fig. 2 dargestellten, vordefinierten Spüldruck-Sollwert AP1 bei geschlossenem Spülventil 5 und zum Erhöhen des Rückstaudrucks im Kathodenabschnitt 4 auf einen ebenfalls in Fig. 2 dargestellten, vordefinierten Rückstaudruck-Sollwert KP1 bei geschlossenem Rückstauventil 6 auf. Außerdem weist der Controller 7 eine Druckreduzierungseinheit 9, zum impulsartigen
30 Reduzieren des erhöhten Spüldrucks sowie des erhöhten Rückstaudrucks durch Öffnen des Spülventils 5 und des Rückstauventils 6, auf.

Das in Fig. 1 dargestellte Ausführungsbeispiel weist ferner eine Brennstoffquelle 11 in Form eines Wasserstofftanks sowie ein Stellventil 12 zum dosierten Zuführen von Wasserstoff zu einem Injektor-Ejektor 13 des Brennstoffzellensystems 1 auf. Der Injektor-Ejektor 13 ist stromaufwärts des Anodenabschnitts 3 zum Zuführen von Brennstoff zum Anodenabschnitt 3 ausgestaltet. Über einen Rezirkulationspfad 16 kann vom Injektor-Ejektor 13 Anodenabgas in Form eines Sekundärfluids angesaugt werden, welches wiederum dem Anodenabschnitt 3 zugeführt werden kann. Stromaufwärts des Kathodenabschnitts 4 ist ein Kompressor 14 zum Fördern von Luft zum Kathodenabschnitt 4 sowie zur Druckbeaufschlagung des Kathodenabschnitts 4 angeordnet. Das Brennstoffzellensystem 1 kann zusätzlich zu den dargestellten Funktionsbauteilen noch weitere BOP-Bauteile wie Wärmetauscher, Befeuchter und/oder zusätzliche Schaltventile aufweisen.

Der Controller 7 weist ein darin installiertes Computerprogrammprodukt 10 auf, das Befehle umfasst, die bei der Ausführung des Computerprogrammprodukts 10 durch den Controller 7 diesen veranlassen, ein, wie anschließend beschriebenes, Verfahren zum Entfernen von Wasser aus einem, wie in Fig. 1 dargestellten, Brennstoffzellensystem 1, auszuführen.

Das Verfahren wird anschließend mit Bezug auf die Figuren 2 und 3 erläutert. In einem ersten Schritt S1 wird zunächst bei geschlossenem Spülventil 5 der Spüldruck im Anodenabschnitt 3 auf einen Spüldruck-Sollwert AP1 erhöht, der gemäß dem dargestellten Beispiel einem annähernd maximal zulässigen Systemdruck von ca. 3bar entspricht.

In einem zweiten Schritt S2 wird bei geschlossenem Rückstauventil 6 gleichzeitig der Rückstaudruck im Kathodenabschnitt 4 auf einen Rückstaudruck-Sollwert KP1 erhöht, der gemäß dem dargestellten Beispiel einem annähernd maximal zulässigen Systemdruck von beispielsweise ca. 3 bar oder ca. 2,5 bar entspricht, wobei der Rückstaudruck stets ca. 100 mbar niedriger als der Spüldruck gehalten wird. In einem dritten Schritt S3 werden das Spülventil 5 und das Rückstauventil 6 zum impulsartigen bzw. schlagartigen Reduzieren des erhöhten Spüldrucks sowie des erhöhten Rückstaudrucks auf Umgebungsdruck oder annähernd Umgebungsdruck geöffnet. Dies kann in Fig. 2 am steilen Abfall des Druckverlaufs A1 im Anodenabschnitt 3 sowie am steilen Abfall des Druckverlaufs K1 im Kathodenabschnitt 4 nach Erreichen des jeweils maximalen Sollwerts AP1 bzw. KP1

erkannt werden. Wie in Fig. 2 dargestellt, wird der in Fig. 3 erläuterte Ablauf noch zwei Mal wiederholt, wobei selbstverständlich auch zusätzliche Wiederholungen möglich sind. Das mit Bezug auf die Figuren 2 und 3 erläuterte Verfahren wird während eines Spül- und Trocknungsbetriebs des Brennstoffzellensystems 1
5 durchgeführt.

Die Erfindung lässt neben den dargestellten Ausführungsformen weitere Gestaltungsgrundsätze zu. D. h. die Erfindung soll nicht auf die mit Bezug auf die Figuren erläuterten Ausführungsbeispiele beschränkt betrachtet werden.

Bezugszeichenliste

- | | |
|-----|--|
| 1 | Brennstoffzellensystem |
| 2 | Brennstoffzellenstapel |
| 3 | Anodenabschnitt |
| 4 | Kathodenabschnitt |
| 5 | Spülventil |
| 6 | Rückstauventil |
| 7 | Controller |
| 8 | Druckerhöhungseinheit |
| 9 | Druckreduzierungseinheit |
| 10 | Computerprogrammprodukt |
| 11 | Brennstoffquelle |
| 12 | Stellventil |
| 13 | Injektor-Ejektor |
| 14 | Kompressor |
| 15 | Elektrolytmembran |
| 16 | Rezirkulationspfad |
| | |
| A1 | Druckverlauf im Anodenabschnitt |
| AP1 | Spüldruck-Sollwert (maximaler Spüldruck) |
| K1 | Druckverlauf im Kathodenabschnitt |
| KP1 | Rückstaudruck-Sollwert (maximaler Rückstaudruck) |

Patentansprüche

1. Verfahren zum Entfernen von Wasser aus einem Brennstoffzellensystem (1), das einen Brennstoffzellenstapel (2) mit einem Anodenabschnitt (3) und einem Kathodenabschnitt (4), ein Spülventil (5) stromabwärts des Anodenabschnitts (3) zum Kontrollieren eines Spüldrucks im Anodenabschnitt (3), sowie ein Rückstauventil (6) stromabwärts des Kathodenabschnitts (4) zum Kontrollieren eines Rückstaudrucks im Kathodenabschnitt (4) umfasst, aufweisend die Schritte:
 - a) Erhöhen des Spüldrucks im Anodenabschnitt (3) auf einen vordefinierten Spüldruck-Sollwert (AP1) bei geschlossenem Spülventil (5),
 - b) Erhöhen des Rückstaudrucks im Kathodenabschnitt (4) auf einen vordefinierten Rückstaudruck-Sollwert (KP1) bei geschlossenem Rückstauventil (6), und anschließend
 - c) impulsartiges Reduzieren des erhöhten Spüldrucks sowie des erhöhten Rückstaudrucks durch Öffnen des Spülventils (5) und des Rückstauventils (6).
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Schritte a), b) und c) zum Entfernen von Wasser aus dem Brennstoffzellensystem (1) mehrmals hintereinander durchgeführt werden.
3. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Spüldruck im Anodenabschnitt (3) auf einen maximal zulässigen oder annähernd maximal zulässigen Spüldruck im Anodenabschnitt (3) erhöht wird und der Rückstaudruck im Kathodenabschnitt (4) auf den maximal zulässigen oder annähernd maximal zulässigen Rückstaudruck im Kathodenabschnitt (4) erhöht wird.
4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Spüldruck im Anodenabschnitt (3) und der Rückstaudruck im

Kathodenabschnitt (4) jeweils auf einen Wert zwischen 2bar und 5bar erhöht werden.

5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Spüldruck im Anodenabschnitt (3) und der Rückstaudruck im Kathodenabschnitt (4) auf den gleichen oder annähernd den gleichen Wert erhöht werden.
6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Brennstoffzellensystem (1) in einem Stromerzeugungsbetrieb zur Stromerzeugung sowie in einem Spül- und Trocknungsbetrieb zum Spülen und Trocknen des Brennstoffzellensystems (1) betrieben werden kann, wobei die Schritte a), b) und c) während des Spül- und Trocknungsbetriebs durchgeführt werden.
7. Brennstoffzellensystem (1), aufweisend einen Brennstoffzellenstapel (2) mit einem Anodenabschnitt (3) und einem Kathodenabschnitt (4), ein Spülventil (5) stromabwärts des Anodenabschnitts (3) zum Kontrollieren eines Spüldrucks im Anodenabschnitt (3), ein Rückstauventil (6) stromabwärts des Kathodenabschnitts (4) zum Kontrollieren eines Rückstaudrucks im Kathodenabschnitt (4), sowie einen Controller (7) mit einer Druckerhöhungseinheit (8) zum Erhöhen des Spüldrucks im Anodenabschnitt (3) auf einen vordefinierten Spüldruck-Sollwert (AP1) bei geschlossenem Spülventil (5) und zum Erhöhen des Rückstaudrucks im Kathodenabschnitt (4) auf einen vordefinierten Rückstaudruck-Sollwert (KP1) bei geschlossenem Rückstauventil (6) sowie einer Druckreduzierungseinheit (9) zum impulsartigen Reduzieren des erhöhten Spüldrucks sowie des erhöhten Rückstaudrucks durch Öffnen des Spülventils (5) und des Rückstauventils (6).
8. Brennstoffzellensystem (1) nach Anspruch 7, wobei die Druckerhöhungseinheit (8) und die Druckreduzierungseinheit (9) zum Durchführen eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6 konfiguriert und ausgestaltet sind.

9. Computerprogrammprodukt (10) umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Computerprogrammprodukts (10) durch einen Computer diesen veranlassen, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6 auszuführen.
10. Speichermittel mit einem darauf gespeicherten Computerprogrammprodukt (10) nach Anspruch 9.

1/2

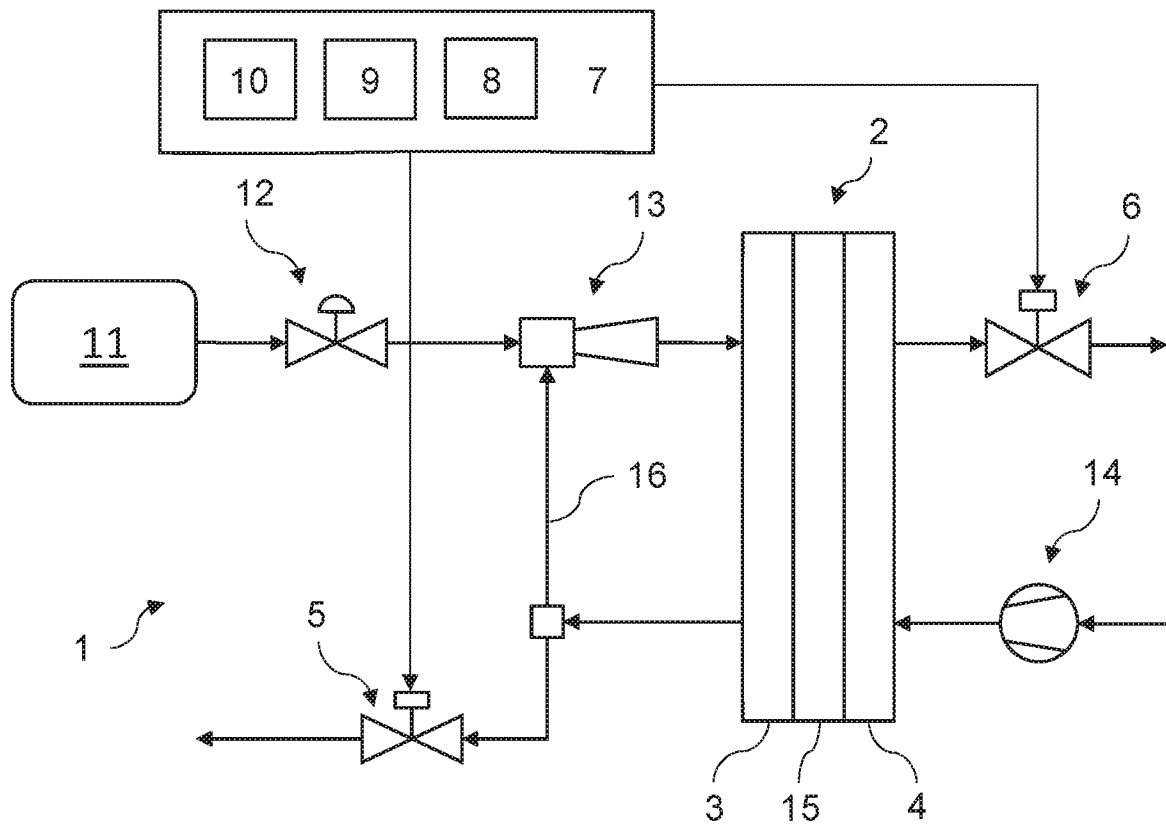


Fig. 1

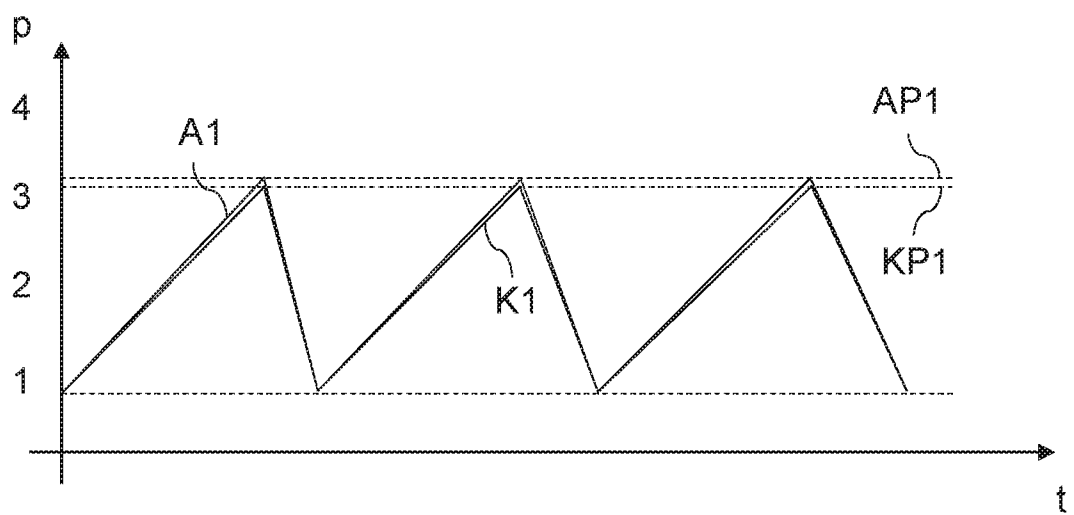


Fig. 2

2/2

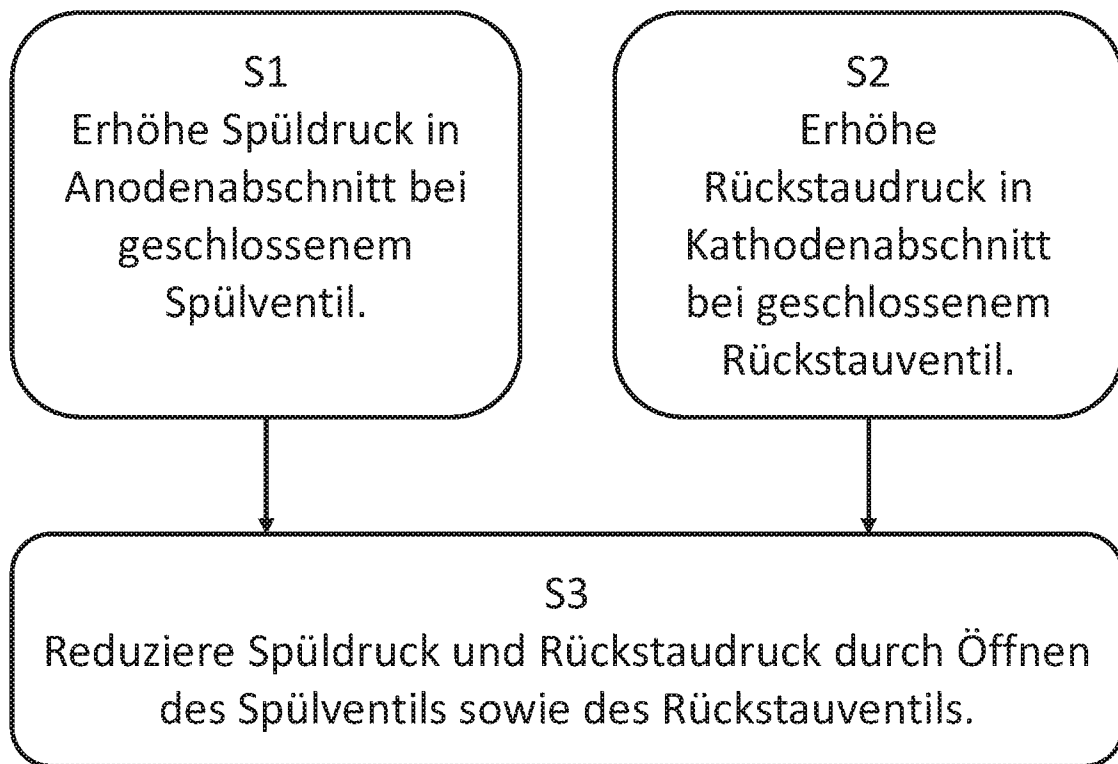


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/AT2020/060188

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01M 8/04119**(2016.01)i; **H01M 8/04223**(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 2002142197 A1 (KATO HIDEO [JP] ET AL) 03 October 2002 (2002-10-03)	1-10
Y	paragraphs [0036] - [0041]; figure 1	9,10
	paragraphs [0047] - [0049]; figure 1	
	paragraph [0066]	
Y	EP 2824742 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 14 January 2015 (2015-01-14)	9,10
	paragraph [0020] - paragraph [0021]	

☐ 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

13 July 2020

Date of mailing of the international search report

21 July 2020

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/AT2020/060188

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2002142197	A1	03 October 2002	JP	4864224	B2	01 February 2012
				JP	2002305017	A	18 October 2002
				US	2002142197	A1	03 October 2002
EP	2824742	A1	14 January 2015	CN	104160538	A	19 November 2014
				EP	2824742	A1	14 January 2015
				JP	5817911	B2	18 November 2015
				JP	WO2013132536	A1	30 July 2015
				US	2015214561	A1	30 July 2015
				WO	2013132536	A1	12 September 2013

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H01M8/04119 H01M8/04223
 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 2002/142197 A1 (KATO HIDEO [JP] ET AL) 3. Oktober 2002 (2002-10-03)	1-10
Y	Absätze [0036] - [0041]; Abbildung 1 Absätze [0047] - [0049]; Abbildung 1 Absatz [0066]	9,10
Y	EP 2 824 742 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 14. Januar 2015 (2015-01-14) Absatz [0020] - Absatz [0021]	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

13. Juli 2020

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

21/07/2020

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Goldbacher, Ute

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT2020/060188

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2002142197	A1	03-10-2002	JP	4864224 B2	01-02-2012
			JP	2002305017 A	18-10-2002
			US	2002142197 A1	03-10-2002

EP 2824742	A1	14-01-2015	CN	104160538 A	19-11-2014
			EP	2824742 A1	14-01-2015
			JP	5817911 B2	18-11-2015
			JP	WO2013132536 A1	30-07-2015
			US	2015214561 A1	30-07-2015
			WO	2013132536 A1	12-09-2013
