

(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)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/006606 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01M 8/04537 (2016.01) H01M 8/04828 (2016.01)
H01M 8/04746 (2016.01) H01M 8/1018 (2016.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT2021/060237

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

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
A50573/2020 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).

(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.

(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,

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING MOISTURE OF A PEM FUEL CELL SYSTEM OF A MOTOR VEHICLE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR REGELUNG EINER FEUCHTIGKEIT EINES PEM-BRENNSTOFFZELLENSYSTEM
EINES KRAFTFAHRZEUGES

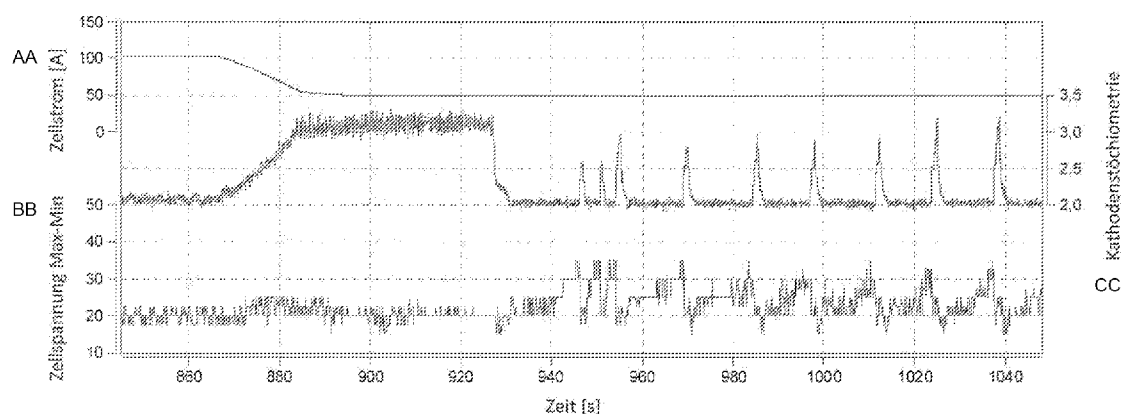


Fig. 1

AA Cell current [A]
BB Cell voltage max-min
CC Cathode stoichiometry
Zeit [s] = Time [s]

(57) Abstract: The invention relates to a method for controlling moisture of a PEM fuel cell system, in particular of a cathode portion of a PEM fuel cell system, of a motor vehicle, wherein a cathode mass flow is controlled, characterised in that a cathode mass flow is reduced when the motor vehicle is operated in a minimum load range over a predetermined time period. The invention also relates to a PEM fuel cell system and to the use of such a PEM fuel cell system.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft Verfahren zur Regelung einer Feuchtigkeit eines PEM-Brennstoffzellensystems, insbesondere eines Kathodenabschnittes eines PEM-Brennstoffzellensystems, eines Kraftfahrzeuges, wobei ein Kathodenmassenstrom geregelt wird, dadurch gekennzeichnet, dass ein Kathodenmassenstrom reduziert wird, wenn das Kraftfahrzeug über eine vorbestimmte Zeitdauer in einem Minimal-lastbereich betrieben wird. Weiter betrifft die Erfindung ein PEM-Brennstoffzellensystem sowie die Verwendung eines solchen PEM-Brennstoffzellensystems.

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.*

Verfahren zur Regelung einer Feuchtigkeit eines PEM-Brennstoffzellensystem eines Kraftfahrzeuges

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung einer Feuchtigkeit eines PEM-Brennstoffzellensystem, insbesondere eines Kathodenabschnittes eines PEM-Brennstoffzellensystems, eines Kraftfahrzeuges, wobei ein Kathodenmassenstrom geregelt 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 in solchen Brennstoffzellensystemen die Feuchtigkeit eine wesentliche Rolle bei der Kontrolle und Regelung derselben spielt. Dabei handelt es sich insbesondere darum, dass die empfindlichen Membranen zwischen der Anodenseite und der Kathodenseite in einem Brennstoffzellenstapel eine definierte Feuchtigkeit nicht unterschreiten sollen. Gleichzeitig darf die Feuchtigkeit innerhalb des Brennstoffzellenstapels jedoch auch einen bestimmten Maximalwert nicht überschreiten, um ein unerwünscht hohes Maß an Kondenswasser im Brennstoffzellenstapel und somit ein Fluten desselben zu vermeiden.

Ist eine Leistungsanforderung des Kraftfahrzeuges mit dem Brennstoffzellensystem über eine längere Zeit zu niedrig, trocknen die Brennstoffzellen aus. Wenn ein Kraftfahrzeug über eine lange Zeitdauer in einem Minimallastbetrieb oder Leerlauf (d. h. mit nur 10 % bis 20 % einer möglichen Maximallast) betrieben wird, muss eine größere Menge an Luft zur Kathode geleitet werden, um die chemischen Reaktionen im Brennstoffzellenstapel noch sicherzustellen. Dies führt jedoch dazu, dass die Membranen der Brennstoffzellen austrocknen bzw. eine Feuchtigkeit der Brennstoffzellen herabgesetzt wird. Ein solche Erhöhung des Luftmassenstroms ist allerdings notwendig, um Wassertropfen, welche bei der Reaktion im Brennstoffzellenstapel entstehen, aus einem Kathodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels rauszubekommen, damit ein Fluten des Brennstoffzellenstapels vermieden wird. Um solche Wassertropfen aus der Kathode zu entfernen, ist ein gewisser Druckunterschied zwischen einem Kathodeneingang und einem Kathodenausgang notwendig, weshalb eine Katho-

denstöchiometrie erhöht wird, wenn das Fahrzeug im Minimallastbereich betrieben wird. Eine Erhöhung der Kathodenstöchiometrie führt wie oben ausgeführt zu einer Reduzierung einer Zellfeuchte, was in weiterer Folge zu einer Degradation des Brennstoffzellenstapels führt.

Um dem entgegenzuwirken ist es aus dem Stand der Technik bekannt, das Kraftfahrzeug bei einem Betrieb desselben im Minimallastbereich in einen sogenannten Stand-By-Betrieb zu versetzen und eine Luftzuführung zur Kathode im Minimallastbetrieb zur Gänze zu stoppen, wenn eine Erhöhung eines Wassergehaltes in den Brennstoffzellen festgestellt wird, sodass chemische Reaktion im Brennstoffzellenstapel unterbrochen werden und den dort vorhandenen Sauerstoff noch chemisch umgesetzt wird. Dies hat jedoch den Nachteil, dass zum Stoppen einer Luftzufuhr in der Regel eine Luftfördereinrichtung ausgeschaltet werden muss, was sich wiederum auf die Lebensdauer der Luftfördereinrichtung auswirkt bzw. zumindest zeitintensiv ist. Hier setzt die Erfindung an. Aufgabe der Erfindung ist es, ein besonders effizientes Verfahren für eine Regelung einer Feuchtigkeit eines PEM-Brennstoffzellensystems eines Kraftfahrzeuges bei einem lang anhaltenden Minimalastbetrieb anzugeben, wobei insbesondere eine Degradation einzelner Komponenten des Brennstoffzellensystems und/oder des Brennstoffzellenstapels zumindest herabgesetzt wird.

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 Kathodenmassenstrom reduziert wird, wenn das Kraftfahrzeug über eine vorbestimmte Zeitdauer in einem Minimallastbereich betrieben wird.

Ein dadurch erzielter Vorteil ist insbesondere darin zu sehen, dass keine vollständige Unterbrechung der Luftzufuhr zur Kathode notwendig und/oder vorgesehen ist.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird folglich insbesondere ein Kathodenabschnitt des PEM-Brennstoffzellensystems geregelt. Im Kathodenabschnitt wird Luft zu einer Kathode des Brennstoffzellenstapels geführt, wo diese mit Brennstoff, welcher im Anodenabschnitt geführt wird, chemisch reagiert. Als Brennstoff wird im

PEM-Brennstoffzellensystem gasförmiger Wasserstoff verwendet. Auch Leitungen und Elemente stromabwärts des Brennstoffzellenstapels können zum Kathodenabschnitt bzw. zum Anodenabschnitt des Brennstoffzellensystems gehören. Als Kathodenmassenstrom wird in der Regel die Masse an Luft, welche sich pro Zeiteinheit zum Kathodenabschnitt bewegt, verstanden. Zur Förderung der Luft zum Kathodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels ist insbesondere eine Luftfördereinrichtung wie ein Kompressor und/oder eine Turbine vorgesehen, wobei alternativ auch ein Gebläse angeordnet sein kann. Die Luftfördereinrichtung ist insbesondere stromaufwärts eines Brennstoffzellenstapels angeordnet. Zur Reduzierung des Kathodenmassenstroms werden dann insbesondere Einstellungen des Kompressors und/oder der Turbine bzw. des Gebläses geändert, insbesondere deren Geschwindigkeit. Diese Änderungen werden insbesondere von einer Steuereinrichtung, welche im Kraftfahrzeug angeordnet ist, vorgegeben.

Im Rahmen der Erfindung wurde festgestellt, dass bei einem etwa 11 Minuten andauernden Betrieb im Minimallastbetrieb zwischen 10 % und 20 % einer Maximallast eine Systemleistung bei konstantem Strom um bis zu 540 Watt oder 6 % sinkt.

Unter einem Minimallastbereich wird im Rahmen der Erfindung eine Verwendung zwischen 0 % und 20 % einer verfügbaren Maximallast verstanden. Das heißt, es wird viel weniger Strom von der Brennstoffzelle gezogen, als möglich wäre. Um eine relative Feuchte der Brennstoffzellen nicht absinken zu lassen, wird im Rahmen der Erfindung auf eine Erhöhung einer Kathodenstöchiometrie verzichtet. Eine Kathodenstöchiometrie ändert sich bei konstantem Strom proportional zur Änderung eines Kathodenmassenstroms. Grundsätzlich ist unter dem Minimallastbereich im Rahmen der Erfindung auch ein Bereich zu verstehen, welcher unter einer Anforderung für einen stabilen Betrieb des Brennstoffzellensystems liegt. Bevorzugt wird der Minimallastbereich zwar wie beschrieben mit einer niedrigen, aber zumindest annähernd konstanten Last betrieben.

Es ist von Vorteil, wenn eine Zellspannung gemessen wird. Hierfür wird insbesondere ein CVM-Verfahren verwendet (Cell Voltage Monitoring), wofür bevorzugt jede einzelne Zelle 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 ei-

ner Zelle gemeinsam gemessen, wird anschließend die Differenz davon gebildet. Stromabwärts des Brennstoffzellenstapels ist insbesondere ein DC/DC-Wandler angeordnet, welcher Spannungswerte ausgibt. Grundsätzlich ist es auch möglich, eine Zellspannung über THDA zu ermitteln.

Besonders bevorzugt wird eine Zellspannung insbesondere kontinuierlich über eine Zeit mitgemessen. Ändert sich diese Zellspannung innerhalb einer kurzen Zeit oft und ein Unterschied bzw. eine Differenz zwischen einer Maximalspannung und Minimalspannung ist größer als ein vorgegebener Wert, beispielsweise 10 mV, wird insbesondere ein Spülung der Kathodenseite mit Luft durchgeführt. Im Rahmen der Erfindung wurde überraschenderweise festgestellt, dass der Unterschied zwischen einer Maximalspannung und einer Minimalspannung oder zwischen einem Mittelwert einer Spannung und einer Minimalspannung (oder generell eine Varianz) ein guter Indikator dafür ist, ob ein Brennstoffzellenstapel geflutet wird, sprich ob zuviel Wasser im Brennstoffzellenstapel ist.

Bevorzugt ist es, wenn der Minimallastbereich kleiner ist als ein für einen stabilen Betrieb des Brennstoffzellensystem benötigter Minimallastbereich. Für ein Erreichen dieses Minimallastbereiches wird der Massenstrom so weit reduziert, bis der Minimallastbereich kleiner ist als dieser für einen stabilen Betrieb des Brennstoffzellensystems notwendig wäre. Das Brennstoffzellensystem wird also absichtlich in einen instabilen Zustand gebracht, welcher insbesondere über eine Messung der Zellspannung überwacht wird.

Günstig ist es dabei, wenn ein Kathodenmassenstrom erhöht wird, sobald die Zellspannung, insbesondere eine Differenz zwischen einer Maximalzellspannung und einer Minimalzellspannung, einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet. Eine Erhöhung des Kathodenmassenstroms hat wieder eine Erhöhung der Kathodenstöchiometrie zur Folge und wird insbesondere durch Änderungen an der Luftfördereinrichtung erreicht. Bevorzugt wird hierfür ein Kompressor kurz, beispielsweise für etwa eine Sekunde hochgefahren, sodass mehr Luft durch den Kathodenabschnitt gefördert wird. Dadurch werden Wasser oder akkumulierte Flüssigkeitstropfen aus der Kathode gespült. Grundsätzlich kann auch vorgesehen sein, dass der Kompressor mehrmals hintereinander kurz beschleunigt wird. Durch das Spülen der Kathode wird das Wasser, welches sich dort angesammelt hat bzw. die Kathode flutet, aus der Kathode entfernt. Es ist alternativ oder zusätzlich auch möglich, den Kathodenmassen-

strom zu erhöhen, wenn eine vorgegebene Zeitdauer im Minimallastbereich überschritten ist. Das Hochfahren des Kompressors wird beendet, wenn entweder die Zeit (beispielsweise 1 Sekunde) überschritten ist oder bevorzugt, wenn der Unterschied zwischen der Maximalspannung und der Minimalspannung den vorgegebenen Grenzwert wieder unterschreitet. Eine weitere Möglichkeit ist es, das Stack Bypass-Ventil zu öffnen, um insbesondere den Kathodenmassenstrom zu erhöhen und bei einer Erhöhung des Massenstroms wieder zu schließen.

Vorteilhaft wird das Brennstoffzellensystem, welches in einem instabilen Zustand (Minimallastbereich) betrieben wird, rechtzeitig bevor dieses kollabiert durch eine Gegenmaßnahme wieder in einem unkritischen Zustand überführt. Hierfür wird insbesondere ein Kathodenmassenstrom erhöht, wodurch die Kathode durch Luft gespült bzw. „gepurged“ wird. Dadurch werden insbesondere Flüssigkeitstropfen aus der Kathode entfernt.

Sobald diese Schritte (Betreiben des Brennstoffzellensystems in einem kritischen Zustand, Erhöhen des Kathodenmassenstroms, um Brennstoffzellensystem wieder zu stabilisieren) abgeschlossen sind, wird der Vorgang wieder neu gestartet und das Brennstoffzellensystem in einem Minimallastbereich betrieben. Ein zugeführter Luftmassenstrom ändert sich bei diesem Verfahren, in welchem das Brennstoffzellensystem in einem konstanten Minimallastbereich betrieben wird, dynamisch. Der Massenstrom pulsiert bevorzugt.

Vorteilhaft ist es dabei weiter, wenn der vorgegebene Grenzwert vorab an einem Prüfstand ermittelt wird. Der Zusammenhang zwischen der Zellspannung, insbesondere zwischen einer großen Differenz einer Maximalspannung und einer Minimalspannung oder eines Mittelwertes und einer Minimalspannung und einem Fluten des Brennstoffzellenstapels wurden am Prüfstand festgestellt. Wird die Kathode aufgrund einer Zeitvorgabe gespült, wird auch dieser Zeitwert vorab am Prüfstand ermittelt.

Wenngleich es günstig sein kann, das Spülen zu beenden, wenn eine vorgegebene Zeitspanne erreicht ist, ist es von Vorteil, wenn die Erhöhung des Kathodenmassenstroms beendet wird, sobald die Zellspannung den vorgegebenen Grenzwert wieder unterschreitet. Das Spülen der Kathode durch Luft wird dann beendet, da das Wasser wieder aus der Kathode entfernt wurde und eine gewünschte Feuchtigkeit wieder hergestellt ist. Vorteilhaft ist es, wenn das gesamte Kraftfahrzeug oder zumindest

das Brennstoffzellensystem vorab an einem Prüfstand kalibriert wird. Dies ist insbesondere günstig, um Erfahrungswerte zu erhalten.

Es ist zweckmäßig, wenn ein Druck an einem Kathodeneingang und ein Druck an einem Kathodenausgang bestimmt und eine Druckdifferenz berechnet wird. Hierfür ist insbesondere stromaufwärts des Brennstoffzellenstapels ein Drucksensor angeordnet. Wenngleich auch stromabwärts des Brennstoffzellenstapels ein Drucksensor vorgesehen sein kann, wird an dieser Stelle bevorzugt ein Massenstrom gemessen, woraus ein Druck bestimmt wird. Um einen Kathodenmassenstrom zu erhöhen und/oder zu erniedrigen ist eine vorbestimmte Druckdifferenz zwischen einem Kathodeneingang und einem Kathodenausgang notwendig.

Von Vorteil ist es, wenn während dem Minimallastbereich stets Luft zu einer Kathode geleitet wird. Das heißt, die Luftzufuhr wird nicht gestoppt, es wird nur der Massenstrom reduziert. Eine Abschaltung der Luftfördereinrichtung ist nicht notwendig und ein sogenannter Stand-By- oder Stopp-Betrieb des Fahrzeuges ist nicht vorgesehen.

Das weitere Ziel wird erreicht, wenn das PEM-Brennstoffzellensystem der eingangs genannten Art zumindest einen Brennstoffzellenstapel, einen Anodenabschnitt und einen Kathodenabschnitt mit einer Luftfördereinrichtung umfasst.

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 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 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 Rezirkulati-

onsabschnitt oder im Anodenzuführabschnitt stromabwärts der der Ejektorvorrichtung angeordnet sein. Weiter ist vorteilhaft ein Kompressor 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 ein schematischer Vergleich zwischen einem Effekt eines erfindungsgemäßen Verfahrens und dem Stand der Technik;

Fig. 3 ein schematischer Vergleich zwischen einem weiteren Effekt eines erfindungsgemäßen Verfahrens und dem Stand der Technik.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Im oberen Bereich der Figur ist eine Zellspannung über die Zeit aufgetragen, in der Mitte der Verlauf einer Kathodenstöchiometrie und im unteren Bereich ein Verlauf einer Spannungsdifferenz über die Zeit. Es ist ein Diagramm eines Betriebs eines Fahrzeuges mit einem PEM-Brennstoffzellensystem in einem Minimallastbetrieb dargestellt. Es ist ersichtlich, dass eine Zellspannung im Minimallastbereich solange stetig abnimmt, bis eine Kathodenstöchiometrie erhöht wird. Durch die Abnahme der Zellspannung wird eine benötigte Luftmenge erhöht, was in weiterer Folge zu einer Austrocknung der Zellen führt. Die Abnahme einer Zellspannung führt also zu einer Erhöhung der Kathodenstöchiometrie. Erfindungsgemäß wird in einem solchen lang andauernden Minimallastbereich die Kathodenstöchiometrie auf ein Minimalniveau reduziert, um eine Austrocknung der Zellen zu verhindern. Nun können Wassertropfen allerdings nicht mehr aus den Zellen gefördert werden und es droht eine Flutung des Brennstoffzellenstapels. Um diese vorzeitig erkennen zu können, wird eine Zellspannung überwacht. Es wurde festgestellt, dass die Differenz zwischen einer Maximalspannung und einer Minimalspannung oder zwischen einem Mittelwert einer Spannung und einer Minimalspannung (oder generell eine Varianz) ein guter Indikator dafür ist, ob ein Brennstoffzellenstapel geflutet wird, sprich ob zuviel Was-

ser im Brennstoffzellenstapel ist. Es werden also Spannungswerte als Referenz für eine Feuchte bzw. Nässe im Kathodenabschnitt verwendet. Sobald die Spannungsdifferenz einen vorgegebenen Wert überschreiten wird für eine kurze Zeit im Bereich von einer oder mehreren Sekunden eine Kathodenstöchiometrie derart verändert, dass ein Luftmassenstrom erhöht wird, wodurch Wassertropfen aus der Kathode entfernt werden. Die ist im rechten Teil der Fig. 1 ersichtlich. Der Brennstoffzellenstapelstrom bleibt dabei im Wesentlichen konstant.

In Fig. 2 und 3 ist jeweils ein durch das erfindungsgemäße Verfahren erzielter Vorteil gezeigt. In Fig. 2 ist im linken Teil eine Entwicklung einer relativen Feuchte bei aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren und auf der rechten Seite die Entwicklung von relativer Feuchte beim erfindungsgemäßen Verfahren gezeigt. Es ist ersichtlich, dass durch die erfindungsgemäßen Verfahrensschritte die relative Feuchte im Brennstoffzellenstapel über eine lange Zeitdauer im Wesentlichen konstant bleibt. Fig. 3 zeigt wieder auf der linken Seite eine Entwicklung einer Systemausgangsleistung aus dem Stand der Technik und rechts eine im erfindungsgemäßen Verfahren. Es ist ersichtlich, dass durch das erfindungsgemäße Verfahren die Systemausgangsleistung um bis zu 6 % erhöht wird.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren werden zusammenfassend folgende Vorteile erreicht:

- Erhöhung einer relativen Feuchte um bis zu 10 % oder mehr;
- Erhöhung einer Systemausgangsleistung im Minimallastbetrieb um bis zu 6 % oder mehr;
- Weniger Austrocknung der Zellen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung einer Feuchtigkeit eines PEM-Brennstoffzellensystems, insbesondere eines Kathodenabschnittes eines PEM-Brennstoffzellensystems, eines Kraftfahrzeuges, wobei ein Kathodenmassenstrom geregelt wird, dadurch gekennzeichnet, dass ein Kathodenmassenstrom reduziert wird, wenn das Kraftfahrzeug über eine vorbestimmte Zeitdauer in einem Minimallastbereich betrieben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Minimallastbereich kleiner ist als ein für einen stabilen Betrieb des Brennstoffzellensystem benötigter Minimallastbereich.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine Zellspannung gemessen wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein Kathodenmassenstrom erhöht wird, sobald die Zellspannung, insbesondere eine Differenz zwischen einer Maximalzellspannung und einer Minimalzellspannung, einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der vorgegebene Grenzwert vorab an einem Prüfstand ermittelt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Erhöhung des Kathodenmassenstroms beendet wird, sobald die Zellspannung den vorgegebenen Grenzwert wieder unterschreitet.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein Druck an einem Kathodeneingang und ein Druck an einem Kathodenausgang bestimmt und eine Druckdifferenz berechnet wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass während dem Minimallastbereich stets Luft zu einer Kathode geleitet 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 Brennstoffzellensta-

pel, einen Anodenabschnitt und einen Kathodenabschnitt mit einer Luftfördereinrichtung umfasst.

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

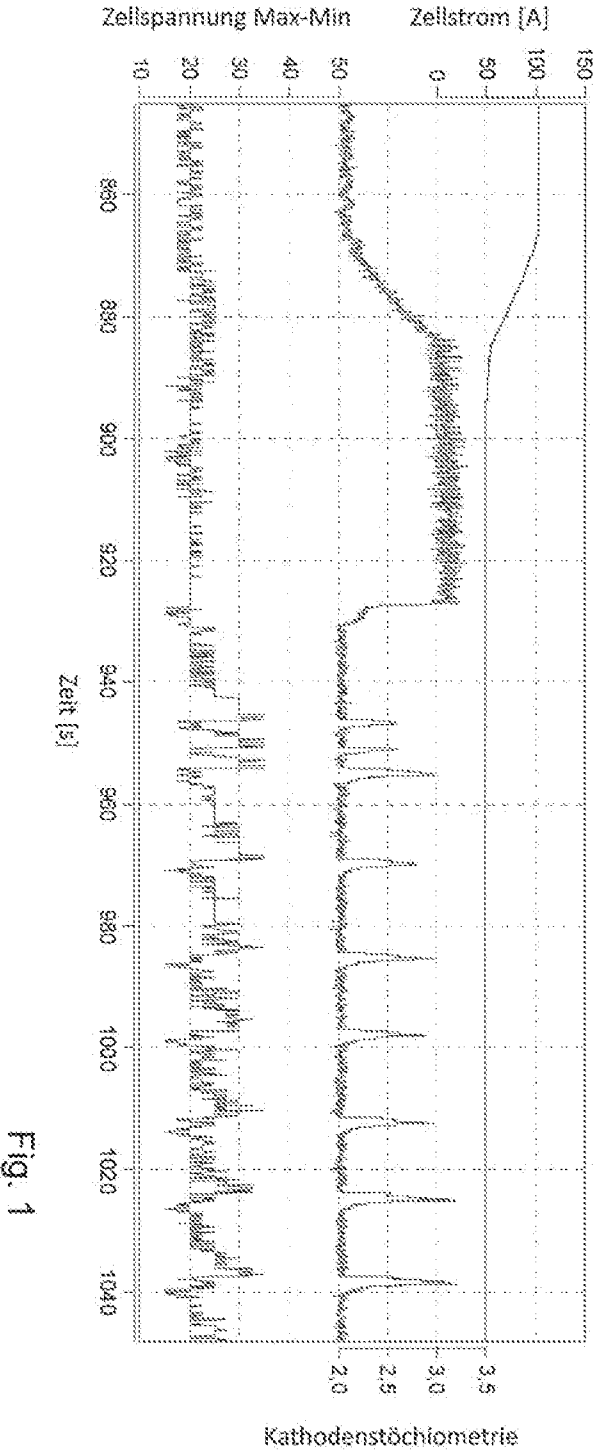


Fig. 1

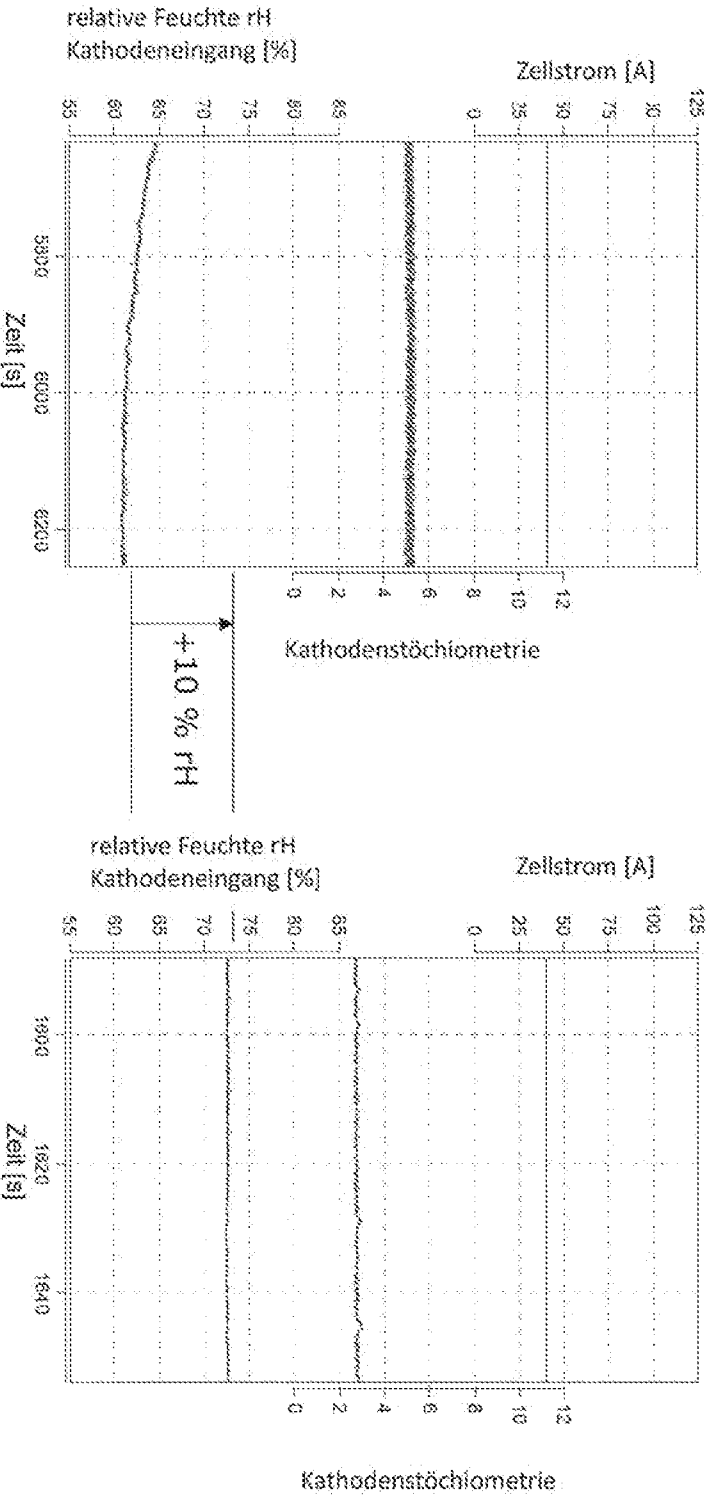


Fig. 2

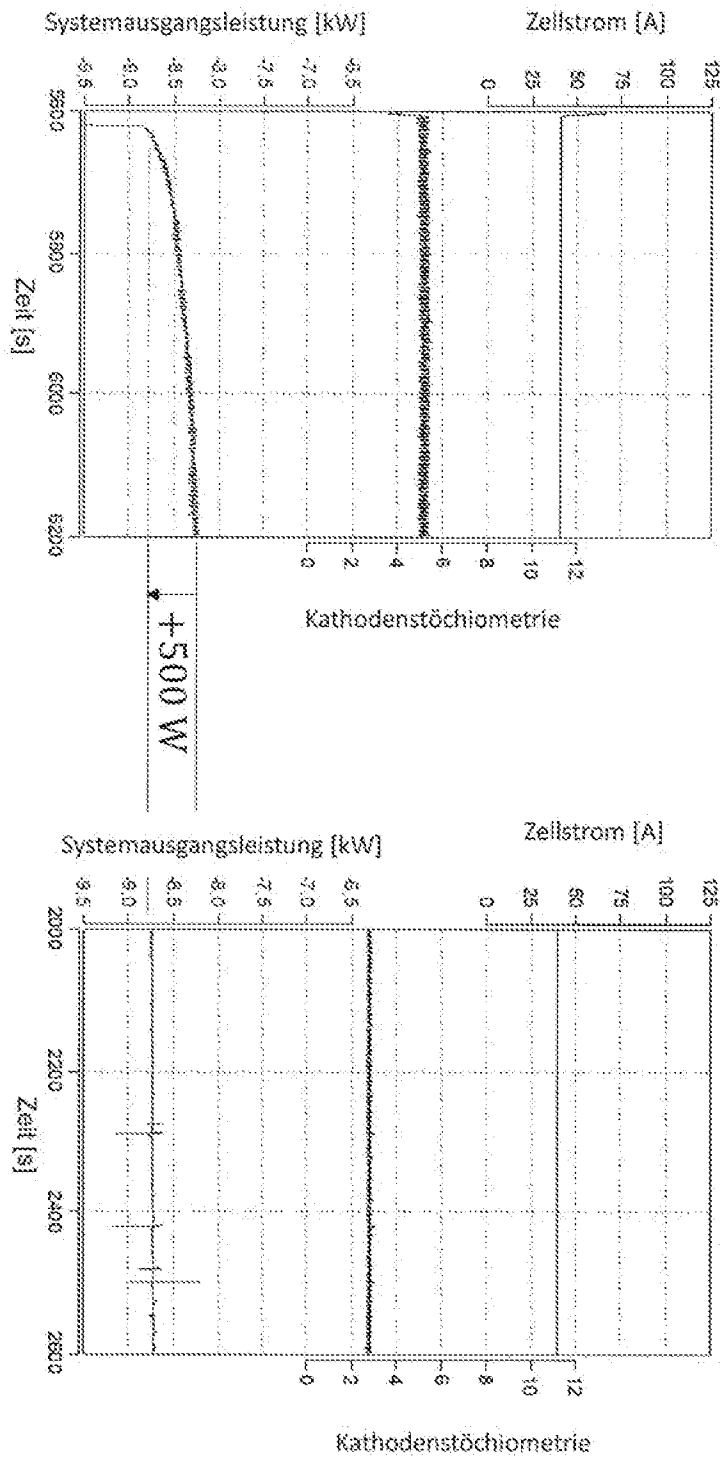


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/AT2021/060237

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01M 8/04537**(2016.01)i; **H01M 8/04746**(2016.01)i; **H01M 8/04828**(2016.01)i; **H01M 8/1018**(2016.01)n

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 2017250415 A1 (KOIWA NOBUKI [JP] ET AL) 31 August 2017 (2017-08-31) figure 1 paragraphs [0018] - [0026], [0040] - [0043], [0058], [0059]	1-10
X	US 2015171444 A1 (TANAKA MICHIOHITO [JP]) 18 June 2015 (2015-06-18) claims 1-6 figure 2 paragraphs [0011] - [0022], [0057] - [0061]	1-10
X	DE 10352745 A1 (GEN MOTORS CORP [US]) 03 June 2004 (2004-06-03) claims 1-20 paragraphs [0012] - [0017], [0026] - [0036], [0046], [0047]	1-10
X	EP 3483969 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 15 May 2019 (2019-05-15) claims 1, 3, 5 figures 1-4 paragraphs [0004] - [0009], [0011] - [0014], [0019] - [0028]	1-10



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

18 October 2021

Date of mailing of the international search report

27 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

Perednis, Dainius

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/AT2021/060237

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2017250415	A1	31 August 2017	JP	6258378	B2	10 January 2018
				JP	2017152292	A	31 August 2017
				US	2017250415	A1	31 August 2017
US	2015171444	A1	18 June 2015	CN	104205454	A	10 December 2014
				DE	112012006188	T5	24 December 2014
				JP	5783324	B2	24 September 2015
				JP	WO2013150651	A1	14 December 2015
				US	2015171444	A1	18 June 2015
				WO	2013150651	A1	10 October 2013
DE	10352745	A1	03 June 2004	DE	10352745	A1	03 June 2004
				JP	2004172125	A	17 June 2004
				US	2004096709	A1	20 May 2004
EP	3483969	A1	15 May 2019	BR	102018071878	A2	04 June 2019
				CN	109768305	A	17 May 2019
				EP	3483969	A1	15 May 2019
				JP	2019087468	A	06 June 2019
				KR	20190053087	A	17 May 2019
				RU	2692475	C1	25 June 2019
				US	2019140294	A1	09 May 2019

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H01M8/04537 H01M8/04746 H01M8/04828
 ADD. H01M8/1018

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 2017/250415 A1 (KOIWA NOBUKI [JP] ET AL) 31. August 2017 (2017-08-31) Abbildung 1 Absätze [0018] - [0026], [0040] - [0043], [0058], [0059] -----	1-10
X	US 2015/171444 A1 (TANAKA MICHIHITO [JP]) 18. Juni 2015 (2015-06-18) Ansprüche 1-6 Abbildung 2 Absätze [0011] - [0022], [0057] - [0061] -----	1-10
X	DE 103 52 745 A1 (GEN MOTORS CORP [US]) 3. Juni 2004 (2004-06-03) Ansprüche 1-20 Absätze [0012] - [0017], [0026] - [0036], [0046], [0047] ----- -/-	1-10

☒ 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

18. Oktober 2021

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

27/10/2021

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

Perednis, Dainius

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 3 483 969 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD [JP]) 15. Mai 2019 (2019-05-15) Ansprüche 1, 3, 5 Abbildungen 1-4 Absätze [0004] - [0009], [0011] - [0014], [0019] - [0028] -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT2021/060237

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie			Datum der Veröffentlichung
US 2017250415	A1	31-08-2017	JP	6258378	B2	10-01-2018
			JP	2017152292	A	31-08-2017
			US	2017250415	A1	31-08-2017

US 2015171444	A1	18-06-2015	CN	104205454	A	10-12-2014
			DE	112012006188	T5	24-12-2014
			JP	5783324	B2	24-09-2015
			JP	W02013150651	A1	14-12-2015
			US	2015171444	A1	18-06-2015
			WO	2013150651	A1	10-10-2013

DE 10352745	A1	03-06-2004	DE	10352745	A1	03-06-2004
			JP	2004172125	A	17-06-2004
			US	2004096709	A1	20-05-2004

EP 3483969	A1	15-05-2019	BR	102018071878	A2	04-06-2019
			CN	109768305	A	17-05-2019
			EP	3483969	A1	15-05-2019
			JP	2019087468	A	06-06-2019
			KR	20190053087	A	17-05-2019
			RU	2692475	C1	25-06-2019
			US	2019140294	A1	09-05-2019
