

(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
09. Januar 2025 (09.01.2025)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2025/007176 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01M 8/04089 (2016.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT2024/060261

(22) Internationales Anmeldedatum:
03. Juli 2024 (03.07.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
A 50529/2023 04. Juli 2023 (04.07.2023) AT

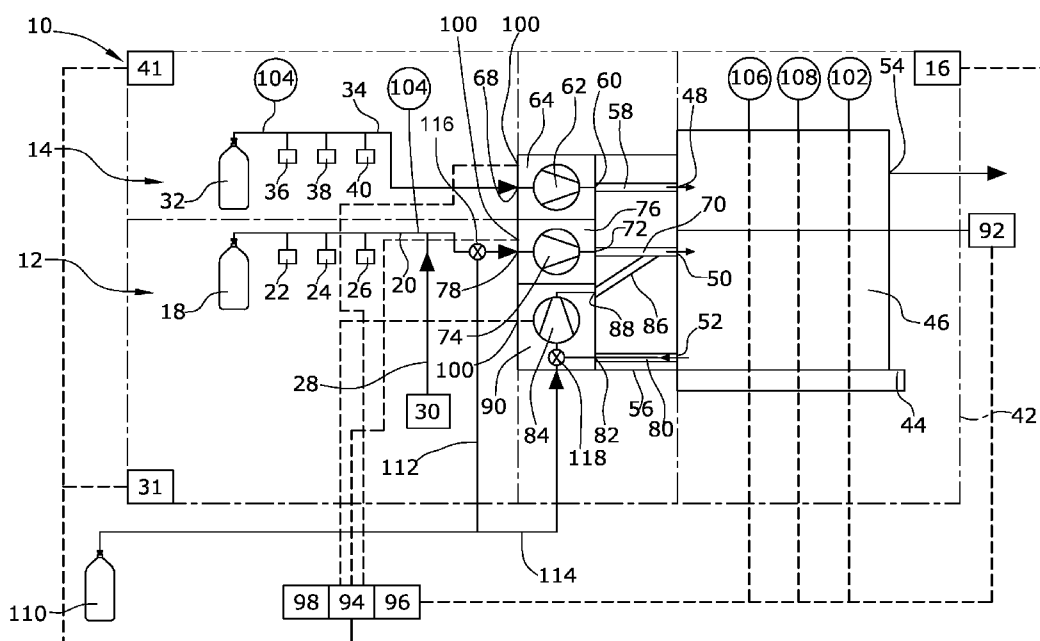
(71) Anmelder: AVL LIST GMBH [AT/AT]; Hans-List Platz
1, 8020 8020/Graz (AT).

(72) Erfinder: FISCHER, Joachim; Lindweg 28A, 8010 Graz
(AT). STANDKE, Michael; Bebelstraße 20, 55128 Mainz
(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, CV, CZ, DE, DJ,
DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO,
JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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: TEST SYSTEM FOR TESTING OF FUEL CELLS OR FUEL CELL STACKS

(54) Bezeichnung: TESTSYSTEM ZUR PRÜFUNG VON BRENNSTOFFZELLEN ODER BRENNSTOFFZELLENSTAPELN



Figur 1

(57) Abstract: There are known test systems for testing fuel cells (46) or fuel cell stacks comprising a fuel cell (46) or a fuel cell stack and a test unit (10) having an anode gas supply unit (12), a cathode gas supply unit (14), a conditioning unit (16), and a control unit (94) and an evaluation unit (96), by means of which the measurements on the fuel cell (46) or the fuel cell stack can be taken. In order to lower the hydrogen consumption of such a test system, it is proposed that the fuel cell (46) or the fuel cell stack be connected on the anode gas side to an anode gas recirculation system (84), by means of which anode gas flowing out of an anode gas outlet (52) of the fuel cell (46) or of the fuel cell stack is recyclable to an anode gas inlet (50) of the fuel cell (46) or of the fuel cell stack.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

(57) Zusammenfassung: Es sind Testsysteme zur Prüfung von Brennstoffzellen (46) oder Brennstoffzellenstapeln mit einer Brennstoffzelle (46) oder einem Brennstoffzellenstapel und einer Testeinheit (10), welche eine Anodengasversorgungseinheit (12), eine Kathodengasversorgungseinheit (14), eine Konditioniereinheit (16), und eine Steuereinheit (94) und eine Auswerteeinheit (96) aufweist, über die Messwerte an der Brennstoffzelle (46) oder des Brennstoffzellenstapels aufnehmbar sind, bekannt. Um den Wasserstoffverbrauch eines solchen Testsystems abzusenken, wird vorgeschlagen, dass die Brennstoffzelle (46) oder der Brennstoffzellenstapel anodengasseitig mit einem Anodengasrezirkulationssystem (84) verbunden ist, über welches aus einem Anodengasauslass (52) der Brennstoffzelle (46) oder des Brennstoffzellenstapels ausströmendes Anodengas zu einem Anodengaseinlass (50) der Brennstoffzelle (46) oder des Brennstoffzellenstapels zurückführbar ist.

Testsystem zur Prüfung von Brennstoffzellen oder Brennstoffzellenstapeln

Die Erfindung betrifft ein Testsystem zur Prüfung von Brennstoffzellen oder Brennstoffzellenstapeln mit einer Brennstoffzelle oder einem Brennstoffzellenstapel und einer Testeinheit, welche eine Anodengasversorgungseinheit, eine Kathodengasversorgungseinheit, eine Konditioniereinheit, und eine Steuereinheit und eine Auswerteeinheit aufweist, über die Messwerte an der Brennstoffzelle oder des Brennstoffzellenstapels aufnehmbar sind.

Derartige Testsysteme dienen beispielsweise zur Leistungscharakterisierung, Modellvalidierung, zur Prüfung der Dauerhaltbarkeit, Bestimmung der Degradation oder zur Designverifizierung. Auch können sie zur Optimierung der Regelung der Brennstoffzellen eingesetzt werden. Geprüft werden kann in unterschiedlichen Zyklen das Kaltstartverhalten, Start-Stopp-Verhalten, das dynamische Verhalten, das Energie- und Thermomanagement sowie die Alterung der Brennstoffzellen. Um solche diversifizierten Aussagen treffen zu können, ist eine definierte Versorgung der einzelnen Brennstoffzellen oder der zu testenden Brennstoffzellenstapel mit den entsprechenden Medien zu gewährleisten, welche betriebspunktabhängig in einem engen Druck-, Temperatur- Feuchte- und Massenstrombereich geregelt werden müssen.

Bekannte Testsysteme bestehen aus Testeinheiten, welche die komplette Peripherie der Brennstoffzelle beinhalten beziehungsweise simulieren, so dass lediglich die Brennstoffzelle beziehungsweise der Brennstoffzellenstapel angeschlossen werden muss. Die Anodengasversorgungseinheit dieser Testeinheiten weist unter anderem eine fest integrierte Anodengasfördereinheit auf, über die das Anodengas

zur Brennstoffzelle gefördert wird. Nicht verbrauchtes Anodengas wird über das Abgas der Anodenseite der Brennstoffzelle abgeschieden.

Problematisch bei dieser Ausführung ist die Menge unverbrauchten Wasserstoffs, der mit dem Abgas abgeführt wird, was zu hohen Kosten beim Durchführen der Prüfläufe führt. Zusätzlich können die Brennstoffzellen nicht mit ihrer eigenen Peripherie getestet werden, wodurch beispielsweise eine Degradation, durch die die Brennstoffzelle versorgenden Geräte nicht ermittelt werden kann und so eine Optimierung der Peripherie nicht möglich ist. Auch sind die Kosten zur Herstellung der Testeinheit sehr hoch.

Es stellt sich daher die Aufgabe ein Testsystem zur Verfügung zu stellen, welches kostengünstiger hergestellt und betrieben werden kann und mit dem es möglich wird, möglichst reale Bedingungen in der Umgebung der Brennstoffzelle nachzustellen, so dass auch Geräte im Bereich der Gaszuführung optimiert werden können.

Diese Aufgabe wird durch ein Testsystem zur Prüfung von Brennstoffzellen oder Brennstoffzellenstapeln mit den Merkmalen des Hauptanspruchs gelöst.

Das erfindungsgemäße Testsystem zur Prüfung von Brennstoffzellen oder Brennstoffzellenstapeln weist eine üblicherweise stationäre Testeinheit auf, welche mit einer zu prüfenden Brennstoffzelle oder einem zu prüfenden Brennstoffzellenstapel, wie einem PEM-Brennstoffzellenstack, verbunden wird.

Die Testeinheit weist eine Anodengasversorgungseinheit und eine Kathodengasversorgungseinheit auf. Diese dienen zur Konditionierung, Regelung und gegebenenfalls Förderung des Wasserstoffs und der Luft beziehungsweise des Sauerstoffs. Des Weiteren weist die Testeinheit eine Konditioniereinheit auf, über die der Brennstoffzellenstapel auf definierte

Temperaturen gekühlt und gegebenenfalls auch erwärmt werden kann. Eine Steuereinheit dient zur Steuerung und Regelung der Testeinheit und eine Auswerteeinheit zur Aufnahme und Auswertung von Messwerten, die an der Brennstoffzelle oder am Brennstoffzellenstapel genommen werden. Selbstverständlich können hier auch Messwerte an einer nachgeschalteten Energiespeichereinheit oder von zusätzlichen Druck-, Temperatur-, oder Feuchtesensoren der Testeinheit mit ausgewertet werden.

Die Brennstoffzelle oder der Brennstoffzellenstapel ist erfindungsgemäß anodengasseitig mit einem Anodengasrezirkulationssystem, insbesondere einem Anodengasrezirkulationsgebläse, verbunden, über welches aus einem Anodengasauslass der Brennstoffzelle oder des Brennstoffzellenstapels ausströmendes Anodengas zu einem Anodengaseinlass der Brennstoffzelle oder des Brennstoffzellenstapels zurückführbar ist. Hierzu können an der Testeinheit Anschlüsse zur Verbindung des Anodengasrezirkulationssystems mit der Brennstoffzelle vorgesehen sein. Das Anodengasrezirkulationssystem kann dabei entweder ein Teil der Testeinheit sein und fest installiert sein oder jeweils an die Testeinheit montiert werden. Dies hat den Vorteil, dass auch die ohnehin im Fahrzeug verwendeten Rezirkulationssysteme auch am Teststand verwendet werden und somit die Brennstoffzelle bezüglich der Rezirkulation unter realen Bedingungen getestet werden kann. Auch kann auf diese Weise die Brennstoffzelle gegebenenfalls mit verschiedenen Rezirkulationssystemen getestet werden, so dass auch gemessen werden kann, welches Rezirkulationssystem gegebenenfalls die Performance der Brennstoffzelle verbessert oder verschlechtert. Der besondere Vorteil der Verwendung des Rezirkulationssystems im Testsystem ist jedoch, dass dadurch nicht umgewandelter Wasserstoff nicht einfach mit dem Anodenabgas abgeführt wird, sondern durch die Rückführung über das Anodengasrezirkulationssystem wieder von der Brennstoffzelle verwendet werden kann, wodurch der Wasserstoffverbrauch beim Testen deutlich reduziert wird. Zusätzlich wird auch der Wasserverbrauch reduziert, da

PEM-Brennstoffzellen eine gewisse Feuchte benötigen, so dass Wasser zugesetzt werden muss, wenn der Wasserdampf nicht durch die Rezirkulation zurück in die Brennstoffzelle geführt wird. Entsprechend werden die Kosten für die Durchführung des Tests reduziert.

Vorzugsweise weist die Anodengasversorgungseinheit zumindest eine Anodengasquelle, eine Anodengasversorgungsleitung, einen Massenstromregler und ein Druckregelventil auf. So kann dem Testsystem Wasserstoff in einem definierten und regelbaren Massenstrom und einem definierten Druck zugeführt werden. Zusätzlich kann auch eine Temperaturkonditionierung vorgesehen werden.

Des Weiteren weist die Testeinheit eine Energiespeichereinheit auf, mit der die Brennstoffzelle oder die Brennstoffzelleneinheit elektrisch verbindbar ist und über die bevorzugt eine Messung der gewonnenen Energie ermöglicht wird. Über diese Energiespeichereinheit kann auch die Energie zum Starten der Brennstoffzelle zur Verfügung gestellt werden. Wobei unter Energiespeichereinheit auch eine Einheit verstanden werden kann, die die gewonnene Energie in ein Stromnetz einspeist.

Die Testeinheit weist vorzugsweise eine Aufnahmeeinheit für die Brennstoffzelle oder den Brennstoffzellenstapel auf, an dem die Brennstoffzelle platziert wird und an dem die entsprechenden Anschlüsse vorgesehen sind, um die Brennstoffzelle in das Testsystem zu integrieren. Diese Aufnahmeeinheit befindet sich in einer Klimakammer der Konditioniereinheit der Testeinheit, über die die Brennstoffzelle definierten Temperaturen, Drücken und Luftfeuchtigkeiten ausgesetzt werden kann, wodurch genaue Messungen auch bei unterschiedlichen Umgebungsbedingungen durchgeführt werden können.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn an der Testeinheit eine erste Aufnahme zum Anschluss einer Kathodengasfördereinheit, eine zweite Aufnahme zum

Anschluss einer Anodengasfördereinheit und eine dritte Aufnahme zum Anschluss des Anodengasrezirkulationssystems ausgebildet sind. Dies bedeutet, dass an der Testeinheit selbst die Fördereinheiten nicht vorgesehen werden müssen. Stattdessen können entweder die später auch im Fahrzeug verwendeten Fördermittel verwendet werden oder alternativ am Teststand vorhandene Einheiten angebaut werden. Hierdurch kann die Brennstoffzelle ohne zusätzliche Simulation mit Ihrer Peripherie getestet werden oder Tests mit unterschiedlicher Peripherie durchgeführt werden, wodurch die Aussagekraft durchgeführter Leistungs- und Degradationstests noch einmal erhöht wird. Durch die Verwendung der entsprechenden Aufnahmen und Anschlüsse für die Fördereinheiten wird die Rüstzeit dennoch sehr gering gehalten.

Die Anodengasfördereinheit wird vorzugsweise über eine elektrische Schnittstelle der Testeinheit mit der Steuereinheit und über die Anodengasversorgungsleitung, die an einer Anodengasschnittstelle der Testeinheit mündet, mit der Anodengasversorgungseinheit fluidisch verbunden. So kann ein einfacher Austausch der jeweils verwendeten Anodengasfördereinheit erfolgen. Die Anodengasfördereinheit muss entsprechend nicht als Teil der Testeinheit ausgebildet werden.

Zusätzlich ist es vorteilhaft, wenn die Anodengasversorgungseinheit eine Wasserzuführleitung aufweist, über welche Wasser aus einer Wasserversorgungseinheit der Anodengasversorgungsleitung zuführbar ist. Entsprechend kann der notwendige Wassergehalt der Brennstoffzelle beziehungsweise des Brennstoffzellenstapels sichergestellt werden und ein Austrocknen der Brennstoffzelle verhindert werden, was zu einer vorzeitigen Degradation führen würde.

In einer hierzu weiterführenden Ausführungsform mündet die Wasserzuführleitung stromaufwärts der Anodengasschnittstelle zur Verbindung mit der Anodengasfördereinheit in die

Anodengasversorgungsleitung, so dass die Förderung des Wassers oder Wasserdampfes über die Anodengasfördereinheit erfolgen kann und keine separate Fördereinheit notwendig ist. Gleichzeitig kann auch im Bereich der Anodengasförderleitung auf diese Weise der Feuchtegehalt des zugeführten Anodengasstroms ermittelt werden.

Des Weiteren weist die Testeinheit vorzugsweise eine Spülgasquelle auf, welche mit der Anodengasschnittstelle verbindbar ist, wobei über ein Schaltventil wahlweise eine Verbindung mit der Spülgasquelle oder mit der Anodengasversorgungseinheit herstellbar ist. Entsprechend kann die Anodengasfördereinheit zwischen den verschiedenen Testläufen gespült werden, um Verfälschungen der Messergebnisse zu vermeiden und stehenden Wasserstoff im System bei längeren Pausen zwischen den Tests zu verhindern.

Die Steuereinheit und/oder die Auswerteeinheit der Testeinheit ist elektrisch mit der Energiespeichereinheit und der Konditioniereinheit verbunden und mit der Anodengasfördereinheit, der Kathodengasfördereinheit und dem Anodengasrezirkulationssystem verbindbar. Somit kann das komplette Testsystem nach dem Anschluss der Fördereinheiten und des Anodengasrezirkulationssystems über die Steuereinheit angesteuert werden. Separate Steuereinheiten sind nicht notwendig. Entsprechend liegen auch alle Steuerdaten im System vor und können zur Auswertung herangezogen werden.

In einer besonders bevorzugten Ausbildung der Erfindung weist die Testeinheit eine Schnittstelleneinheit auf, die einen ersten Anodengaskanal aufweist, über den eine fluidische Verbindung zwischen einem Anodengasauslass der Anodengasfördereinheit und einem Anodengaseinlass der Brennstoffzelle oder des Brennstoffzellenstapels herstellbar ist, einen Kathodengaskanal auf, über den eine fluidische Verbindung zwischen einem Kathodengasauslass der

Kathodengasfördereinheit und einem Kathodengaseinlass der Brennstoffzelle oder des Brennstoffzellenstapels herstellbar ist, einen zweiten Anodengaskanal auf, über den eine fluidische Verbindung zwischen dem Anodengasauslass der Brennstoffzelle oder des Brennstoffzellenstapels und einem Anodengaseinlass des Anodengasrezirkulationssystems herstellbar ist und einen dritten Anodengaskanal auf, über den eine fluidische Verbindung zwischen einem Anodengasauslass des Anodengasrezirkulationssystems und dem Anodengaseinlass der Brennstoffzelle oder des Brennstoffzellenstapels herstellbar ist. Durch eine solche Schnittstelleneinheit können entsprechend auf einfache Weise alle drei Fördereinheiten an die Testeinheit angeschlossen werden. Der Platzbedarf ist sehr gering und es werden Fehler beim Anschluss vermieden.

Vorzugsweise weist die Testeinheit auch eine Simulationseinheit auf, über die Betriebszustände, Lastzustände und Fahrzyklen eines Fahrzeugs an der Brennstoffzelle oder der Brennstoffzelleneinheit simuliert werden können, so dass die Brennstoffzelle in verschiedenen Lastzuständen bei realitätsnahen Bedingungen getestet werden kann.

Die Testeinheit weist des Weiteren Temperatursensoren, Drucksensoren, Feuchtigkeitssensoren und Massenstrommesser auf, deren Daten zur Auswertung der Auswerteeinheit und zur Einstellung der Steuereinheit zur Verfügung stehen und eine exakte Regelung und Auswertung ermöglichen.

Des Weiteren weisen die Anodengasversorgungseinheit und die Kathodengasversorgungseinheit eine Konditioniereinrichtung auf oder sind gemeinsam in einer konditionierbaren Kammer angeordnet, welches auch die Konditionierkammer der Brennstoffzelle sein kann. Dies ermöglicht die Konditionierung des zugeführten Gases auf verschiedene Betriebsbedingungen.

Es wird somit ein Testsystem bereitgestellt, mit dem hochgenaue Belastungs- und Degradationstests für unterschiedliche Umgebungsbedingungen durchgeführt werden können. Das Testsystem ist über die feste Testeinheit auch bezüglich der Fördereinheiten auf einfache Weise anpassbar, indem hierfür verschiedene Aufnahmen vorgesehen werden, die einen einfachen Austausch dieser Einheiten ermöglicht. Dadurch kann das Testsystem kostengünstiger hergestellt werden. Vor allem werden die Kosten beim Durchführen der Testläufe durch die Verwendung des Rezirkulationssystems verringert, da der Wasserstoffverbrauch beträchtlich gesenkt werden kann, wobei gleichzeitig die Testbedingungen an den realen Aufbau im Fahrzeug angepasst werden.

Ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Testsystems ist in der Figur 1 dargestellt und wird nachfolgend beschrieben. Zur Vereinfachung wird im Folgenden jeweils lediglich eine Brennstoffzelle erwähnt, wobei diese beliebig durch einen Brennstoffzellenstapel ersetzt werden kann.

Die Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Testsystems.

Das erfindungsgemäße Testsystem besteht aus einer üblicherweise stationär aufgestellten Testeinheit 10, welche eine Anodengasversorgungseinheit 12 und eine Kathodengasversorgungseinheit 14 sowie zumindest eine Konditioniereinheit 16 aufweist.

Die Anodengasversorgungseinheit 12 besteht aus einer Anodengasquelle 18, welche als Wasserstoffgasflasche ausgebildet sein kann sowie einer Anodengasversorgungsleitung 20, in der ein Massenstromregler 22 ein Druckreguliertventil 24 sowie ein Temperatursensor 26 angeordnet sind. In die Anodengasversorgungsleitung 20 mündet eine Wasserzuführleitung 28, über die Wasser aus einer Wasserversorgungseinheit 30 dem Anodengasstrom zugeführt werden kann. Das Anodengas aus der

Anodengasversorgungseinheit 12 wird über eine Konditioniereinrichtung 31 bezüglich der Temperatur und des Druckes geregelt.

Die Kathodengasversorgungseinheit 14 besteht aus einer Kathodengasquelle 32, welche entweder als Sauerstoffflasche oder einfach aus der umgebenden Luft bestehen kann, sowie einer Kathodengasversorgungsleitung 34, in der wiederum ein Druckregulierventil 36, ein Massenstromregler 38 und ein Temperatursensor 40 angeordnet sind. Auch das Kathodengas der Kathodengasversorgungseinheit 14 wird über eine Konditioniereinrichtung 41 konditioniert.

Die Konditioniereinheit 16 dient der Regelung des Drucks der Feuchte sowie der Temperatur in einer Klimakammer 42, in der eine Aufnahmeeinheit 44 zur Befestigung und Anordnung einer zu testenden Brennstoffzelle 46 ausgebildet ist, welche einen Kathodengaseinlass 48 und einen Anodengaseinlass 50 zur Versorgung der Brennstoffzelle 46 mit dem Anodengas und dem Kathodengas, welche nach außen aus der Klimakammer 42 geführt werden, sowie einen Anodengasauslass 52 und einen Kathodengasauslass 54, durch den das dort strömende Gas als Abgas abgeführt wird.

Der Kathodengaseinlass 48 und der Anodengaseinlass 50 der Brennstoffzelle 46 sind mit einer Schnittstelleneinheit 56 verbunden, in der ein Kathodengaskanal 58 ausgebildet ist, der mit einem Kathodengasauslass 60 einer Kathodengasfördereinheit 62 verbunden werden kann. Diese kann entweder ein fester Teil der Testeinheit 10 sein oder durch die Kathodengasfördereinheit 62 gebildet werden, welche auch mit der zu testenden Brennstoffzelle 46 später verbaut werden soll. Entsprechend weist die Testeinheit 10 eine erste Aufnahme 64 auf, an der die Kathodengasfördereinheit 62 an der Testeinheit 10 befestigt und angeschlossen werden kann. Die Kathodengasfördereinheit 62 wird mit der

Kathodengasversorgungsleitung 34 über eine Kathodengasschnittstelle 68 verbunden, so dass diese die über die Kathodengasversorgungseinheit 14 zugeführte Luft zur Brennstoffzelle 46 fördern kann.

Des Weiteren weist die Schnittstelleneinheit 56 einen ersten Anodengaskanal 70 auf, der sich von einem Anodengasauslass 72 einer Anodengasfördereinheit 74 zum Anodengaseinlass 50 der Brennstoffzelle 46 erstreckt. Die Anodengasfördereinheit 74 ist an einer weiteren Aufnahme 76 der Testeinheit 10 befestigt und kann ebenfalls entweder Teil der Testeinheit 10 selbst sein oder durch die Anodengasfördereinheit 74 gebildet werden, die später beispielsweise im Fahrzeug zur Versorgung der Brennstoffzelle 46 mit Anodengas dient. Über eine Anodengasschnittstelle 78 der Testeinheit 10 wird die Anodengasfördereinheit 74 mit der Anodengasversorgungsleitung 20 verbunden, so dass ein gegebenenfalls über die Wasserversorgungseinheit 30 mit Wasser angereicherter Wasserstoffstrom zur Anodengasfördereinheit 74 und zur Brennstoffzelle 46 gefördert wird.

Die Schnittstelleneinheit 56 weist auch einen zweiten Anodengaskanal 80 auf, der einerseits mit dem Anodengasauslass 52 der Brennstoffzelle 46 und andererseits mit einem Anodengaseinlass 82 eines Anodengasrezirkulationsgebläses 84 verbunden ist. Wobei anstatt des Anodengasrezirkulationsgebläses 84 auch jedes beliebige andere Anodengasrezirkulationssystem verwendet werden kann. Über dieses Anodengasrezirkulationsgebläse 84 wird nicht verbrauchter Wasserstoff aus der Brennstoffzelle 46 zu dieser über einen dritten Anodengaskanal 86 zurückgeführt, der in der Schnittstelleneinheit 56 ausgebildet ist. Dieser erstreckt sich somit von einem Anodengasauslass 88 des Anodengasrezirkulationsgebläses 84 zum Anodengaseinlass 50 der Brennstoffzelle 46. Hierzu kann entweder an der Testeinheit 10 ein zweiter Anodengaseinlass zur Brennstoffzelle 46 vorgesehen werden oder der erste Anodengaskanal 70 und der dritte Anodengaskanal 86 werden in der

Schnittstelleneinheit 56 zusammengeführt und münden somit gemeinsam am Anodengaseinlass 50 der Brennstoffzelle 46. An der Testeinheit 10 ist eine dritte Aufnahme 90 ausgebildet, an der das Anodengasrezirkulationsgebläse 84 befestigt und angeschlossen werden kann. Somit kann auch das Anodengasrezirkulationsgebläse 84 entweder Teil der Testeinheit sein oder nachträglich dort befestigt werden, insbesondere wenn das später beispielsweise im Fahrzeug verwendete Anodengasrezirkulationsgebläse 84 auch im Testsystem zur Prüfung der Brennstoffzelle 46 genutzt werden soll.

Die Testeinheit 10 weist des Weiteren eine Energiespeichereinheit 92 auf, in die der von der Brennstoffzelle 46 erzeugte Strom gespeichert werden kann. Diese kann gleichzeitig auch zur teilweisen Stromversorgung der Testeinheit 10 genutzt werden. An dieser Energiespeichereinheit 92 kann die Menge des erzeugten Stromes ermittelt werden, um so eine Aussage zur Leistung der Brennstoffzelle 46 treffen zu können.

Zusätzlich weist die Testeinheit 10 eine Steuereinheit 94 und eine Auswerteeinheit 96 auf, die insbesondere gemeinsam in einer Einheit integriert werden können, welche zusätzlich eine Simulationseinheit 98 aufweisen kann, über die verschiedene Last- und Umgebungszustände wirklichkeitsnah durch entsprechende Ansteuerungen simuliert werden. Die Steuereinheit 94 ist insbesondere mit dem Anodengasrezirkulationsgebläse 84, der Anodengasfördereinheit 74 und der Kathodengasfördereinheit 62 über elektrische Schnittstellen 100 verbunden, um diese regeln zu können. Des Weiteren werden die Konditioniereinrichtungen 31, 41, und die Konditioniereinheit 16 über die Steuereinheit 94 geregelt. Die Auswerteeinheit 96 ist mit der Energiespeichereinheit 92 sowie verschiedenen in bekannter Weise im System vorhandenen Drucksensoren 102, Massenstrommessern 104, Feuchtigkeitssensoren 106 und Temperatursensoren 26, 40, 108 verbunden, um möglichst exakte

Auswertungen zur Brennstoffzelle 46 bei den Leistungstests und zur Degradation vornehmen zu können.

Zwischen den Prüfläufen kann die Anodengasfördereinheit 74 und das Anodengasrezirkulationsgebläse 84 mit einer Spülgasquelle 110 verbunden werden, um die die Anodengasfördereinheit 74 und das Anodengasrezirkulationsgebläse 84 mit einem Inertgas zu spülen und so den Wasserstoff aus dem System zu entfernen. Hierzu dienen Verbindungsleitungen 112, 114 von denen die erste Verbindungsleitung 112 in der Anodengasschnittstelle 78 mündet, wobei an der Verzweigung ein Schaltventil 116 angeordnet wird. Die zweite Verbindungsleitung 114 mündet vor oder an dem Anodengaseinlass 82 des Anodengasrezirkulationsgebläses 84 in die Leitung, wobei auch hier an der Verzweigung ein Schaltventil 118 angeordnet ist.

Dieses Testsystem verbraucht durch die Verwendung des Anodengasrezirkulationsgebläses und die damit verbundene anodengasseitige Rückführung unverbrauchten Wasserstoffs deutlich weniger Wasserstoff als andere Testsysteme. Der Aufbau der fest installierten Testeinheit ermöglicht einen einfachen Anschluss von Fördereinheiten, mit denen die Brennstoffzelle auch im späteren Betrieb betrieben wird, wodurch einerseits Kosten der Testeinheit gesenkt werden und andererseits Ergebnisse erzielt werden, die den späteren realen Bedingungen entsprechen.

Es sollte deutlich sein, dass der im Ausführungsbeispiel beschriebene Aufbau auch anders ausgeführt werden kann. Die Steuer- und Regeleinheiten sowie vorhandenen Messinstrumente können auch anders angeordnet beziehungsweise ergänzt werden. Auch können die Aufnahmen und Schnittstellen beliebig ausgebildet werden oder mehrere einzelne Schnittstellen verwendet werden.

PATENTANSPRÜCHE

1. Testsystem zur Prüfung von Brennstoffzellen (46) oder Brennstoffzellenstapeln mit
einer Brennstoffzelle (46) oder einem Brennstoffzellenstapel und einer Testeinheit (10), welche eine Anodengasversorgungseinheit (12), eine Kathodengasversorgungseinheit (14), eine Konditioniereinheit (16), und eine Steuereinheit (94) und eine Auswerteeinheit (96) aufweist, über die Messwerte an der Brennstoffzelle (46) oder des Brennstoffzellenstapels aufnehmbar sind,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Brennstoffzelle (46) oder der Brennstoffzellenstapel anodengasseitig mit einem Anodengasrezirkulationssystem (84) verbunden ist, über welches aus einem Anodengasauslass (52) der Brennstoffzelle (46) oder des Brennstoffzellenstapels ausströmendes Anodengas zu einem Anodengaseinlass (50) der Brennstoffzelle (46) oder des Brennstoffzellenstapels zurückführbar ist.
2. Testsystem zur Prüfung von Brennstoffzellen oder Brennstoffzellenstapeln nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Anodengasversorgungseinheit (12) eine Anodengasquelle (18), eine Anodengasversorgungsleitung (20), einen Massenstromregler (22) und ein Druckregelventil (24) aufweist.
3. Testsystem zur Prüfung von Brennstoffzellen oder Brennstoffzellenstapeln nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Testeinheit (10) eine Energiespeichereinheit (92) aufweist, mit der die Brennstoffzelle (46) oder die Brennstoffzelleneinheit elektrisch verbindbar ist.

4. Testsystem zur Prüfung von Brennstoffzellen oder Brennstoffzellenstapeln nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
in einer Klimakammer (42) der Konditioniereinheit (16) der Testeinheit (10) eine Aufnahmeeinheit (44) für die Brennstoffzelle (46) oder den Brennstoffzellenstapel ausgebildet ist.
5. Testsystem zur Prüfung von Brennstoffzellen oder Brennstoffzellenstapeln nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Testeinheit (10) eine erste Aufnahme (64) zum Anschluss einer Kathodengasfördereinheit (62), eine zweite Aufnahme (76) zum Anschluss einer Anodengasfördereinheit (74) und eine dritte Aufnahme (90) zum Anschluss des Anodengasrezirkulationssystems (84) aufweist.
6. Testsystem zur Prüfung von Brennstoffzellen oder Brennstoffzellenstapeln nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Anodengasfördereinheit (74) über eine elektrische Schnittstelle (100) der Testeinheit (10) mit der Steuereinheit (94) und über die Anodengasversorgungsleitung (20), die an einer Anodengasschnittstelle (78) der Testeinheit (10) mündet, mit der Anodengasversorgungseinheit (12) fluidisch verbindbar ist.
7. Testsystem zur Prüfung von Brennstoffzellen oder Brennstoffzellenstapeln nach einem der Ansprüche 2 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Anodengasversorgungseinheit (12) eine Wasserzuführleitung (28) aufweist, über welche Wasser aus einer Wasserversorgungseinheit (30) der Anodengasversorgungsleitung (20) zuführbar ist.

8. Testsystem zur Prüfung von Brennstoffzellen oder Brennstoffzellenstapeln nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Wasserzuführleitung (28) stromaufwärts der Anodengasschnittstelle (78) zur Verbindung mit der Anodengasfördereinheit (74) in die Anodengasversorgungsleitung (20) mündet.
9. Testsystem zur Prüfung von Brennstoffzellen oder Brennstoffzellenstapeln nach einem der Ansprüche 6 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Testeinheit (10) eine Spülgasquelle (110) aufweist, welche mit der Anodengasschnittstelle (78) verbindbar ist, wobei über ein Schaltventil (116) wahlweise eine Verbindung mit der Spülgasquelle (110) oder mit der Anodengasversorgungseinheit (12) herstellbar ist.
10. Testsystem zur Prüfung von Brennstoffzellen oder Brennstoffzellenstapeln nach einem der Ansprüche 5 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Steuereinheit (94) und/oder die Auswerteeinheit (96) der Testeinheit (10) elektrisch mit der Energiespeichereinheit (92) und der Konditioniereinheit (16) verbunden ist und mit der Anodengasfördereinheit (74), der Kathodengasfördereinheit (62) und dem Anodengasrezirkulationssystem (84) verbindbar ist.
11. Testsystem zur Prüfung von Brennstoffzellen oder Brennstoffzellenstapeln nach einem der Ansprüche 5 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Testeinheit (10) eine Schnittstelleneinheit (56) aufweist, die einen ersten Anodengaskanal (70) aufweist, über den eine fluidische Verbindung zwischen einem Anodengasauslass (72) der Anodengasfördereinheit (74) und einem Anodengaseinlass (52) der

Brennstoffzelle (46) oder des Brennstoffzellenstapels herstellbar ist, einen Kathodengaskanal (58) aufweist, über den eine fluidische Verbindung zwischen einem Kathodengasauslass (60) der Kathodengasfördereinheit (62) und einem Kathodengaseinlass (48) der Brennstoffzelle (46) oder des Brennstoffzellenstapels herstellbar ist, einen zweiten Anodengaskanal (80) aufweist, über den eine fluidische Verbindung zwischen dem Anodengasauslass (52) der Brennstoffzelle (46) oder des Brennstoffzellenstapels und einem Anodengaseinlass (82) des Anodengasrezirkulationssystems (84) herstellbar ist und einen dritten Anodengaskanal (86) aufweist, über den eine fluidische Verbindung zwischen einem Anodengasauslass (88) des Anodengasrezirkulationssystems (84) und dem Anodengaseinlass (50) der Brennstoffzelle (46) oder des Brennstoffzellenstapels herstellbar ist.

12. Testsystem zur Prüfung von Brennstoffzellen oder Brennstoffzellenstapeln nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Testeinheit (10) eine Simulationseinheit (98) aufweist, über die Betriebszustände, Lastzustände und Fahrzyklen eines Fahrzeugs an der Brennstoffzelle (46) oder der Brennstoffzelleneinheit simulierbar sind.
13. Testsystem zur Prüfung von Brennstoffzellen oder Brennstoffzellenstapeln nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Testeinheit (10) Temperatursensoren (26, 40, 108), Drucksensoren (102), Feuchtigkeitssensoren (106) und Massenstrommesser (104) aufweist.
14. Testsystem zur Prüfung von Brennstoffzellen oder Brennstoffzellenstapeln nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

die Anodengasversorgungseinheit (12) und die Kathodengasversorgungseinheit (14) eine Konditioniereinrichtung (31, 41) aufweisen.

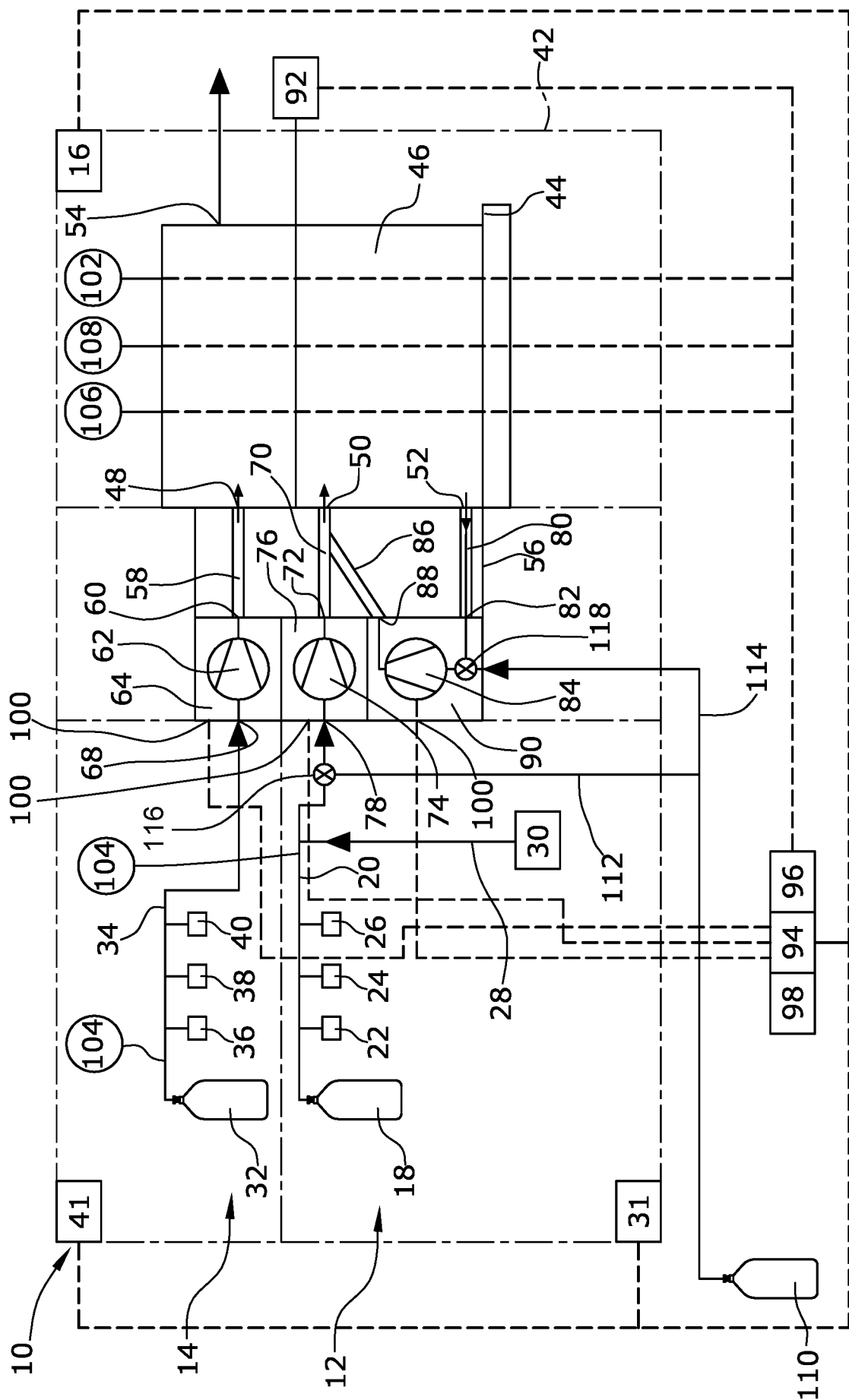


Figure 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/AT2024/060261

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01M 8/04089 (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		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 20210130 U1 (ZSW [DE]; VANDENBORRE HYDROGEN SYSTEMS O [BE]) 04 March 2004 (2004-03-04)	1, 2, 5-14
A	paragraphs [0010] - [0026]; figure 1	3, 4
X	CN 111834651 A (JIANGSU HUADE HYDROGEN ENERGY TECH CO LTD) 27 October 2020 (2020-10-27)	1-6,10-14
A	abstract; figure 1	7-9
A	WO 2020097654 A1 (AVL LIST GMBH [AT]) 22 May 2020 (2020-05-22)	1-14
	the whole document	
☐ 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 2024		Date of mailing of the international search report 15 November 2024
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands (Kingdom of the) Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Brune, Markus Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/AT2024/060261

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	20210130	U1	04 March 2004	NONE			
CN	111834651	A	27 October 2020	NONE			
WO	2020097654	A1	22 May 2020	AT	521823	A1	15 May 2020
				DE	112019004666	A5	01 July 2021
				JP	2022506938	A	17 January 2022
				US	2021399320	A1	23 December 2021
				WO	2020097654	A1	22 May 2020

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01M8/04089
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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 202 10 130 U1 (ZSW [DE]; VANDENBORRE HYDROGEN SYSTEMS O [BE]) 4. März 2004 (2004-03-04)	1,2,5-14
A	Absätze [0010] - [0026]; Abbildung 1 -----	3,4
X	CN 111 834 651 A (JIANGSU HUADE HYDROGEN ENERGY TECH CO LTD) 27. Oktober 2020 (2020-10-27)	1-6, 10-14
A	Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	7-9
A	WO 2020/097654 A1 (AVL LIST GMBH [AT]) 22. Mai 2020 (2020-05-22) das ganze Dokument -----	1-14

☐ 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 2024	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 15/11/2024
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 Brune, Markus

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT2024/060261

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 20210130	U1	04-03-2004	KEINE
CN 111834651	A	27-10-2020	KEINE
WO 2020097654	A1	22-05-2020	AT 521823 A1 15-05-2020
			DE 112019004666 A5 01-07-2021
			JP 2022506938 A 17-01-2022
			US 2021399320 A1 23-12-2021
			WO 2020097654 A1 22-05-2020