

(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
30. Januar 2020 (30.01.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/020611 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

C25B 1/04 (2006.01) C25B 15/08 (2006.01)
C25B 1/12 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/068209

(22) Internationales Anmeldedatum:
08. Juli 2019 (08.07.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
18186039.6 27. Juli 2018 (27.07.2018) EP

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
[DE/DE]; Werner-von-Siemens-Straße 1, 80333 München (DE).

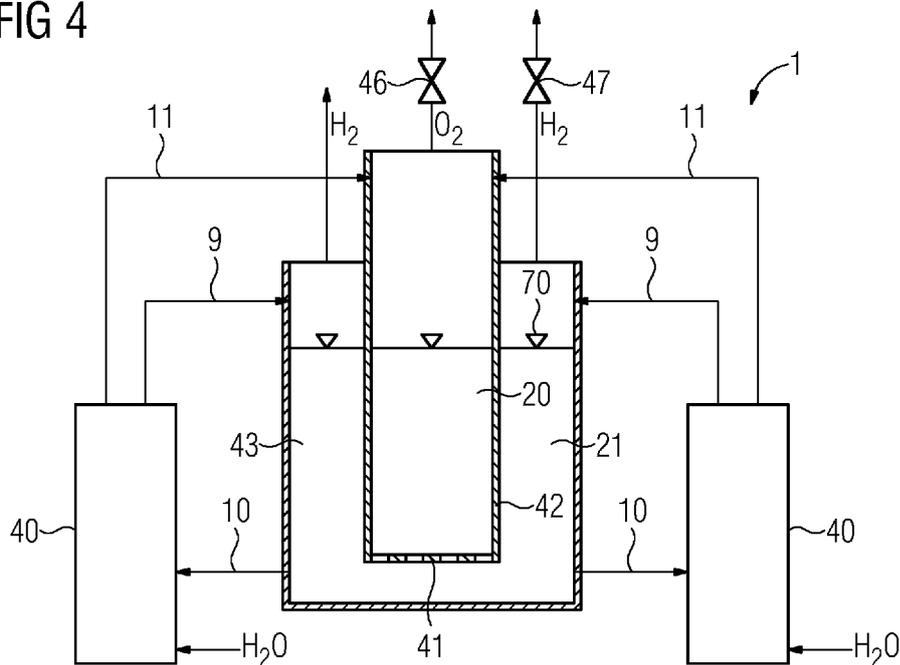
(72) Erfinder: **PURUCKER, Thomas**; am Seebach 6, 91093 Hessdorf (DE). **RÜCKERT, Stephan**; Gebbertstraße 154, 91058 Erlangen (DE). **STRAUB, Jochen**; Schleifmühlstraße 8b, 91054 Erlangen (DE). **UTZ, Peter**; Pickertstr. 2, 90762 Fürth (DE).

(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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: ELECTROLYSIS UNIT AND METHOD FOR OPERATING THE ELECTROLYSIS UNIT

(54) Bezeichnung: ELEKTROLYSEEEINHEIT UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN DER ELEKTROLYSEEEINHEIT

FIG 4



(57) Abstract: The invention relates to an electrolysis unit and to a method for electrochemically decomposing water into hydrogen and oxygen. The electrolysis unit comprises at least two electrolysis modules. The electrolysis unit also comprises exactly one first gas separation device for a first product gas comprising oxygen and exactly one second gas separation device for a second product gas comprising hydrogen. The first gas separation device is connected to the at least two electrolysis modules by means of respective first lines. The second gas separation device is connected to the at least two electrolysis modules by means of respective second lines. The at least two first lines have the same first length. The at least two second lines likewise have the same second length.



WO 2020/020611 A1

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

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Elektrolyseeinheit und ein Verfahren zum elektrochemischen Zerlegen von Wasser zu Wasserstoff und Sauerstoff. Die Elektrolyseeinheit umfasst wenigstens zwei Elektrolysemodule. Sie umfasst weiterhin genau eine erste Gasabscheidevorrichtung für ein erstes Produktgas umfassend Sauerstoff und genau eine zweite Gasabscheidevorrichtung für ein zweites Produktgas umfassend Wasserstoff. Die erste Gasabscheidevorrichtung ist mit jedem der wenigstens zwei Elektrolysemodule über jeweils eine erste Leitung verbunden. Die zweite Gasabscheidevorrichtung ist mit jedem der Elektrolysemodule über jeweils eine zweite Leitung verbunden. Dabei weisen die wenigstens zwei ersten Leitungen dieselbe erste Länge auf. Die wenigstens zwei zweiten Leitungen weisen ebenfalls dieselbe zweite Länge auf.

Beschreibung

Elektrolyseeinheit und Verfahren zum Betreiben der Elektrolyseeinheit

5

Die Erfindung betrifft eine Elektrolyseeinheit mit wenigstens einer Elektrolysezelle und ein Verfahren zum Betreiben der Elektrolysezelle.

10

Ein Elektrolyseur ist eine Vorrichtung, die mit Hilfe von elektrischem Strom eine Stoffumwandlung herbeiführt (Elektrolyse). Entsprechend der Vielfalt an unterschiedlichen Elektrolysen gibt es auch eine Vielzahl von Elektrolyseuren, wie beispielsweise einen Elektrolyseur für eine Wasserstoffelektrolyse.

15

Aktuelle Überlegungen gehen dahin, mit überschüssiger Energie aus erneuerbaren Energiequellen in Zeiten mit viel Sonne und viel Wind, also mit überdurchschnittlicher Solarstrom- oder Windkraftherzeugung, Wertstoffe zu erzeugen. Ein Wertstoff kann insbesondere Wasserstoff sein, welcher mit Wasserelektrolyseuren erzeugt wird. Mittels des Wasserstoffs kann beispielsweise sogenanntes EE-Gas hergestellt werden.

20

25

Dabei erzeugt ein (Wasserstoffelektrolyse-) Elektrolyseur mit Hilfe der elektrischen Energie, insbesondere aus Windenergie oder Sonnenenergie, zunächst Wasserstoff. Danach wird der Wasserstoff in einem Sabatierprozess zusammen mit Kohlendioxid zur Herstellung von Methan verwendet. Das Methan kann dann beispielsweise in ein bereits vorhandenes Erdgasnetz eingespeist werden und ermöglicht so eine Speicherung und einen Transport von Energie zum Verbraucher und kann so ein elektrisches Netz entlasten. Alternativ dazu kann der vom Elektrolyseur erzeugte Wasserstoff auch unmittelbar weiterverwendet werden, beispielsweise für eine Brennstoffzelle.

30

35

Bei einem Elektrolyseur für die Wasserstoffelektrolyse wird Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt. Bei einem PEM-

Elektrolyseur wird typischerweise anodenseitig destilliertes Wasser als Edukt zugeführt und an einer protonendurchlässigen Membran (engl.: „Proton-Exchange-Membrane“; PEM) zu Wasserstoff und Sauerstoff gespalten. Das Wasser wird dabei an der
5 Anode zu Sauerstoff oxidiert. Die Protonen passieren die protonendurchlässige Membran. Kathodenseitig wird Wasserstoff produziert.

Das Wasser sollte dabei konstant in den Anodenraum und/oder
10 Kathodenraum gefördert werden, um eine gleichmäßige Verteilung des Wassers in diesen Räumen zu gewährleisten und damit auch eine effektive elektrolytische Spaltung des Wassers. Das Fördern erfolgt typischerweise mit Pumpen. Alternativ oder
zusätzlich kann die Verteilung des Wassers in den Räumen auch
15 mittels Naturumlauf erfolgen. Bei dem Prinzip des Naturumlaufs sind der Elektrolyseur und die Gasabscheider auf unterschiedlichen Höhenniveaus angeordnet. Die Gasabscheider liegen dabei oberhalb des Elektrolyseurs. Das flüssige Wasser wird dabei unten in den Elektrolyseur hinzugefügt und an-
20 schließend in dem Elektrolyseur zu den Produktgasen zerlegt. Das aufsteigende Produktgas steigt aufgrund der Dichteunterschiede in die Gasabscheider auf, wo nicht umgesetztes Wasser von dem Produktgas getrennt wird. Das Wasser fließt nun aufgrund seiner höheren Dichte wieder zurück in den Elektroly-
25 seur. Dieser Naturumlauf kann bei Bedarf von Pumpen unterstützt werden.

Eine Elektrolyseeinheit umfasst typischerweise wenigstens vier Elektrolysemodule. Ein Elektrolysemodul umfasst typi-
30 scherweise 50 Elektrolysezellen. Derzeit werden für jeweils zwei Elektrolysemodule ein Gasabscheider für das Produktgas Wasserstoff und ein Gasabscheider für das Produktgas Sauerstoff benötigt. Somit wird der Aufbau der Elektrolyseeinheit mit dem Naturumlauf schnell nachteilig aufwendig und komplex
35 im Aufbau. Weiterhin ist der Betrieb nachteilig mit einer erhöhten Komplexität der Sicherheitsüberwachung und Wartung verbunden.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Elektrolyseeinheit und ein Verfahren zum Betreiben einer Elektrolyseeinheit, insbesondere mit Naturumlauf, anzugeben, welche einen vereinfachten und dennoch sicheren Betrieb der Elektrolyse bieten.

5

Die Aufgabe wird mit einer Elektrolyseeinheit gemäß Anspruch 1 und einem Verfahren zum Betreiben der Elektrolyseeinheit gemäß Anspruch 14 gelöst.

10 Die erfindungsgemäße Elektrolyseeinheit zum elektrochemischen Zerlegen von Wasser zu Wasserstoff und Sauerstoff umfasst wenigstens zwei Elektrolysemodule. Sie umfasst weiterhin genau eine erste Gasabscheidevorrichtung für ein erstes Produktgas umfassend Sauerstoff. Sie umfasst auch genau eine zweite Gas-
15 abscheidevorrichtung für ein zweites Produktgas umfassend Wasserstoff. Die erste Gasabscheidevorrichtung ist dabei mit jedem der wenigstens zwei Elektrolysemodule über jeweils eine erste Leitung verbunden und die zweite Gasabscheidevorrichtung ist mit jedem der Elektrolysemodule über jeweils eine
20 zweite Leitung verbunden. Dabei weisen die wenigstens zwei ersten Leitungen dieselbe erste Länge auf und die wenigstens zwei zweite Leitungen weisen dieselbe zweite Länge auf.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Betreiben einer Elektrolyseeinheit umfasst folgende Schritte. Zunächst wird eine
25 Elektrolyseeinheit mit wenigstens zwei Elektrolysemodulen bereitgestellt, wobei in dem Elektrolysemodul Wasser zu Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt wird. Weiterhin wird eine erste Gasabscheidevorrichtung für ein erstes Produktgas umfassend
30 Sauerstoff bereitgestellt. Es wird auch eine zweite Gasabscheidevorrichtung für ein zweites Produktgas umfassend Wasserstoff bereitgestellt. Dabei ist die erste Gasabscheidevorrichtung mit jedem der wenigstens zwei Elektrolysemodule über jeweils eine erste Leitung verbunden. Die zweite Gasabscheide-
35 devorrichtung ist mit jedem der wenigstens zwei Elektrolysemodule über jeweils eine zweite Leitung verbunden. Dabei weisen die wenigstens zwei ersten Leitungen dieselbe erste Länge

auf und die wenigstens zwei zweiten Leitungen dieselbe zweite Länge auf.

Dadurch, dass die erste Länge der ersten Leitungen zwischen
5 der ersten Gasabscheidevorrichtung und den Elektrolysemodulen
gleich ist und auch die zweite Länge der zweiten Leitungen
zwischen den zweiten Gasabscheidevorrichtung und Elektrolyse-
modulen gleich ist, vereinfacht sich der Aufbau der Elektro-
lyseeinheit. Die Teilegleichheit ermöglicht ebenso einfache
10 Reparaturen bzw. ein einfaches Austauschen der Leitungen.

Weiterhin sind vorteilhaft auch bei dem Verwenden von drei
oder mehr Elektrolysemodulen nur eine Gasabscheidevorrichtung
pro Produktgas, insgesamt also zwei Gasabscheidevorrichtun-
15 gen, nötig. Dies vereinfacht den Aufbau der Elektrolyseein-
heit deutlich.

Weiterhin sind die Füllniveaus in den Gasabscheidevorrichtun-
gen während des gesamten Betriebs konstant, da es nur diese
20 beiden Gasabscheidevorrichtungen gibt und diese über die Lei-
tungen mit derselben Länge konstant mit den Elektrolysemodu-
len verbunden sind. Das Beibehalten der Füllniveaus erhöht
die Sicherheit der Elektrolyse, da ein Leerlaufen der Gasab-
scheider und ein damit einhergehendes Mischen der Produktgase
25 Wasserstoff und Sauerstoff verhindert wird.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung und Weiterbildung der
Erfindung umfasst ein Elektrolysemodul wenigstens zwei Elekt-
rolysezellen, insbesondere 50 Elektrolysezellen, und jede
30 Elektrolysezelle weist einen Anodenraum mit einer Anode und
einen Kathodenraum mit einer Kathode auf. Dabei ist der Ano-
denraum vom Kathodenraum mittels einer Protonenaustausch-
Membran getrennt. Der Anodenraum ist geeignet, Wasser aufzu-
nehmen und an der Anode zu einem ersten Produkt umfassend
35 Sauerstoff zu oxidieren. Der Kathodenraum ist geeignet, Was-
ser aufzunehmen und an der Kathode zu einem zweiten Produkt
umfassend Wasserstoff zu reduzieren. Vorteilhaft erfolgt das

Zerlegen des Wassers direkt aus deionisiertem Wasser mittels einer Protonenaustausch-Membran.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung und Weiterbildung der Erfindung ist der Kathodenraum mit der zweiten Gasabscheidevorrichtung verbunden und der Anodenraum mit der ersten Gasabscheidevorrichtung verbunden. Vorteilhaft sind somit direkt die Räume, in denen die Produktgase entstehen, mit den Gasabscheidevorrichtungen verbunden. Dies vereinfacht den Aufbau vorteilhaft, da keine zusätzlichen Leitungen nötig sind.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung und Weiterbildung der Erfindung sind die erste Gasabscheidevorrichtung und die zweite Gasabscheidevorrichtung ineinander angeordnet. Dabei ist die erste oder die zweite Gasabscheidevorrichtung als eine äußere Hülle und ein Boden ausgestaltet und die andere zweite oder erste Gasabscheidevorrichtung als Rohr, welches in die Hülle ragt ausgestaltet. In anderen Worten heißt das, dass eine der beiden Gasabscheidevorrichtungen als ein Gefäß mit der äußeren Hülle und dem Boden ausgestaltet ist. Die andere der beiden Gasabscheidevorrichtungen ist als ein Rohr, welches in dieses Gefäß hineinragt, ausgestaltet. In anderen Worten heißt das, dass das innenliegende Rohr eine der Gasabscheidevorrichtungen bildet und das äußere Gefäß mit dem innenliegenden Rohr einen Zwischenraum ausbildet, der die andere der Gasabscheidevorrichtungen bildet. Es gibt also eine äußere Gasabscheidevorrichtung, deren Umfang größer ist als der Umfang der anderen Gasabscheidevorrichtung, wobei die Gasabscheidevorrichtungen ineinander angeordnet sind. Es ist möglich, dass in der inneren Gasabscheidevorrichtung entweder Wasserstoff oder Sauerstoff abgetrennt wird.

Für einen sicheren Betrieb dieser Ausführung, muss das Niveau des Wassers in den Gasabscheidevorrichtungen in das innenliegende Rohr hineinragen. Nur so ist gewährleistet, dass die beiden Gasräume, welche Wasserstoff oder Sauerstoff umfassen, voneinander getrennt sind. In anderen Worten dient das Wasser

als siphonartiges Schloss, um die beiden Seiten voneinander zu trennen.

Vorteilhaft ist es somit möglich, die beiden Gasabscheidevorrichtungen platzsparend ineinander anzuordnen. Weiterhin werden die beiden Gasabscheidevorrichtungen derart zwischen den Elektrolysemodulen angeordnet sein, dass die jeweils die erste Länge der ersten Leitung und die zweite Länge der zweiten Leitung gleich lang sind. Dadurch wird gewährleistet, dass die Füllhöhe in den integrierten Gasabscheidevorrichtungen nahezu konstant bleibt, da der Druckverlust in den Leitungen näherungsweise gleich ist. Auch die Stoffparameter und die entstehenden Stoffströme bleiben nahezu konstant. Somit ist ein effizienter und sicherer Betrieb der Anlage möglich.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung und Weiterbildung der Erfindung weist das Rohr, das die innenliegende Gasabscheidevorrichtung umgibt, in Richtung des Bodens eine Verschlussfläche auf, wobei die Verschlussfläche als ein Gitter, als eine Lochplatte oder als ein Netz ausgestaltet ist. Vorteilhaft ermöglicht diese Ausgestaltung der Verschlussfläche, die Strömung zwischen der ersten und der zweiten Gasabscheidevorrichtung zu beeinflussen. Weiterhin stabilisiert der Einsatz der Verschlussfläche einen Querschnitt des Rohres vorteilhaft.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung und Weiterbildung der Erfindung ist ein Querschnitt der Hülle und/oder ein Querschnitt des Rohres rund oder ein Vieleck. Besonders vorteilhaft entspricht die Anzahl der Ecken der Anzahl der Elektrolysemodule. Besonders vorteilhaft können auch eine ungerade Zahl von Elektrolysemodulen mit den Gasabscheidevorrichtungen verbunden werden. In anderen Worten kann die Anzahl der Elektrolysemodule, die mit einer Gasabscheidevorrichtung verbunden sind, frei gewählt werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung und Weiterbildung der Erfindung ist die erste Gasabscheidevorrichtung mit

einer ersten Druckabsicherungsvorrichtung verbunden und die zweite Gasabscheidevorrichtung mit einer zweiten Druckabsicherungsvorrichtung verbunden.

5 Vorteilhaft kann die Druckabsicherung an der abzusichernden Stelle wasserstoff- und/oder sauerstoffseitig angeordnet sein und muss nicht in einer angrenzenden Leitung untergebracht sein. Die Druckabsicherungsvorrichtung gewährleistet insbesondere, dass der entstehende Sauerstoff und der entstehende
10 Wasserstoff aus den Gasabscheidern konstant entnommen werden, sodass der Pegelstand des Wassers, welches die beiden Gasräume voneinander trennt, sicher erhalten bleibt. Die Druckabsicherungsvorrichtungen gewährleisten somit vorteilhaft ein direktes Überprüfen der Sicherheit der Anlage, wodurch bereits
15 zu einem frühen Zeitpunkt Maßnahmen ergriffen werden können, wenn der Druck sich verändert, um die Anlage sicher betreiben zu können.

Insbesondere der Gasraum in den Gasabscheidevorrichtungen
20 kann mit seiner unteren Grenze oberhalb des Zulaufs der Leitungen aus der Gasabscheidevorrichtungen in das Elektrolysemodul, insbesondere den Wasserzulauf, angeordnet sein, um zu gewährleisten, dass in die Module nur Wasser zugeführt wird und kein Sauerstoff oder Wasserstoff durch Leitungen zurück
25 in die Elektrolysemodule strömt. In anderen Worten heißt das, dass die Gasräume umfassend Wasserstoff oder Sauerstoff sicher voneinander getrennt sein sollten, um ein Vermischen der beiden Gase zu vermeiden.

30 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung und Weiterbildung der Erfindung ist zwischen der ersten und/oder zweiten Gasabscheidevorrichtung und den Elektrolysemodulen wenigstens eine Pumpe angeordnet. Diese Pumpe kann der Unterstützung oder Erhöhung des Naturumlaufs dienen. Insbesondere dann ist
35 sie vorteilhaft im Einsatz, wenn der Druck in den Elektrolysemodulen in einem Bereich zwischen 1 bar und 5 bar liegt.

Es ist denkbar, nur genau eine Pumpe zwischen den Gasabschei-
devorrichtungen und den Elektrolysemodulen anzuordnen, wenn
die Gasabscheidevorrichtungen über eine Ringleitung miteinan-
der verbunden sind und in der Ringleitung genau eine Pumpe
5 angeordnet ist.

Alternativ ist denkbar, dass sowohl für die Sauerstoffseite
als auch für die Wasserstoffseite für jedes Modul eine Pumpe
eingesetzt wird, also zwei Pumpen pro Modul vorhanden sind.
10 Diese Pumpen unterstützen den Naturumlauf. Es ist ebenso
denkbar, dass nur genau eine Pumpe für die Wasserstoffseite
und die Sauerstoffseite vorhanden ist, also eine Pumpe pro
Modul vorhanden ist.

15 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung und Weiterbil-
dung der Erfindung umfasst die Elektrolyseeinheit wenigstens
drei Elektrolysemodule, wobei die Elektrolysemodule kreisfö-
rmig angeordnet sind und die erste und zweite Gasabscheider
Vorrichtung zentral in der Mitte zwischen den Modulen ange-
20 ordnet sind.

Vorteilhaft sind somit die Leitungen, welche die Gasabschei-
devorrichtung mit den Elektrolysemodulen verbinden gleich
lang. Durch diese Gleichheit der Teile, vereinfacht sich der
25 Aufbau der Anlage. Vorteilhaft nimmt somit die Komplexität
ab, wodurch auch die Kosten der Anlage sinken.

Weiterhin hat die Gleichheit der Leitungslängen zur Folge,
dass alle Module auf der jeweiligen Gasseite, also der Sauer-
stoffseite oder der Wasserstoffseite, die gleichen Druckver-
hältnisse aufweisen. Somit verhalten sich die Elektrolysemo-
30 dule gleich, was zum einen zu einer konstanten Sicherheit
führt zum anderen eine gute Regelbarkeit der Elektrolysemodu-
le untereinander ermöglicht. Durch die gleichen Druckverhält-
35 nisse auch auf der Wasserseite ergibt sich vorteilhaft eine
gleichmäßige Versorgung mit Wasser damit bei Baugleichheit
der Module eine zumindest sehr ähnliche Temperatur der ein-
zelnen Module.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung und Weiterbildung der Erfindung ist die erste oder zweite Gasabscheidevorrichtung mit genau einem Wärmetauscher zum Abkühlen des abge-
5
schiedenen Wassers verbunden.

Vorteilhaft können die Umwälzpumpe für das Prozesswasser sowie die Rückkühlung des Prozesswassers für die einzelnen Elektrolysemodule voneinander getrennt werden. Dann wird lediglich ein zentraler Wärmetauscher benötigt. Weiterhin ist es nicht mehr nötig, den Wärmetauscher größer als nötig aus-
10
zulegen, um einen geringeren Differenzdruck zu erhalten. Die Art des Wärmetauschers, in anderen Worten die Art der Kühlung, kann frei gewählt werden. Insbesondere sind Systeme mit Luft oder Wasser als Wärmeübertragungsmedium einsetzbar.
15
Es ist aber auch möglich, im Wärmetauscher ein Wasser-Glykol-Gemisch als Wärmeübertragungsmedium einzusetzen. Die Auswahl der Kühlung erfolgt in Abhängigkeit der örtlichen Bedingungen.

20
Aufgrund der thermischen Masse des Wassers in den Gasabscheidevorrichtungen, welche zentral zwischen den Elektrolysemodulen angeordnet sind, kann die Temperaturregelung für die Prozesstemperatur vorteilhaft vereinfacht werden. Die Anzahl der Ventile im Kühlkreislauf kann reduziert werden, was die Kosten vorteilhaft senkt. Vorteilhaft ist lediglich eine Prozessregelungseinheit zur Regelung der Temperatur pro Wärmetauscher ausreichend.

30
In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung und Weiterbildung der Erfindung umfasst die Elektrolyseeinheit genau eine Wasseraufbereitungsvorrichtung, die mit der ersten oder zweiten Gasabscheidevorrichtung verbunden ist. In andern Worten heißt das, dass auch die Wasseraufbereitungsvorrichtung zentral erfolgen kann. Insbesondere kann das Prozesswasser durch
35
den Wärmetauscher und die Wasseraufbereitungsvorrichtung mit derselben Pumpe gefördert werden. Vorteilhaft vereinfacht dies den Aufbau der Elektrolyseeinheit, wodurch Kosten ge-

senkt werden und die Wartungsanforderungen an die Elektrolyseeinheit sinken. Besonders vorteilhaft kann beim Verwenden einer Pumpe für die Wasseraufbereitungsvorrichtung und den Wärmetauscher die Temperatur für die Wasseraufbereitung so
5 niedrig gewählt werden, dass Mischbettionenaustauscher eingesetzt werden können, welche bei diesen niedrigen Temperaturen abtrennen können. Typische Mischbettmaximaltemperaturen liegen in etwa bei 60°C.

10 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung und Weiterbildung der Erfindung umfasst das Elektrolysemodul an zwei gegenüberliegenden Seiten jeweils einem Modulendplatte, welche eine außen liegende Deckfläche aufweist. Dabei ist ein erstes Elektrolysemodul derart mit einem zweiten Elektrolysemodul
15 elektrisch verbunden, dass eine Kontaktierungsvorrichtung eine Deckfläche des ersten Elektrolysemoduls und eine Deckfläche des zweiten Elektrolysemoduls berührt.

Für den Fall, dass wenigstens drei Elektrolysemodule miteinander verbunden sind, können die Kontaktierungsvorrichtungen besonders bevorzugt im Wechsel an gegenüberliegenden Seiten angeordnet werden. Das bedeutet, dass die Elektrolysemodule teilweise an beiden Deckflächen nahezu vollständig von der Kontaktierungsvorrichtung belegt sind.
20

25 Vorteilhaft ermöglicht dies eine vollflächige Kontaktierung der Module mittels der Modulendplatten. Dies ermöglicht eine gleichmäßige Stromgleichverteilung über das Elektrolysemodul. Vorteilhaft verlängert eine gleichmäßige Belastung der Elektroden-
30 rodeneinheit mit der Membran die Lebensdauer des Elektrolysemoduls und somit auch die Lebensdauer der Elektrolyseeinheit.

Weitere Merkmale, Eigenschaften und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die beiliegenden Figuren. Darin zeigen
35 schematisch:

- Figur 1 eine Elektrolyseeinheit nach dem Stand der Technik umfassend zwei Elektrolysezellen und miteinander verbundene erste Gasabscheiddevorrichtungen;
- 5 Figur 2 eine Elektrolysezelle mit Protonenaustauschmembran;
- Figur 3 eine Draufsicht einer Elektrolyseeinheit mit fünf Elektrolysemodulen und einer zentralen Gasabscheiddevorrichtung;
- 10 Figur 4 eine Schnittansicht einer Elektrolyseeinheit mit Elektrolysemodulen und einer zentralen Gasabscheiddevorrichtung;
- 15 Figur 5 eine Draufsicht einer Elektrolyseeinheit mit Elektrolysemodulen, einer zentralen Gasabscheiddevorrichtung, einem Wärmetauscher und einer Wasseraufbereitungsvorrichtung;
- 20 Figur 6 eine Elektrolyseeinheit mit einer zentralen Gasabscheiddevorrichtung und flächig kontaktierten Elektrolysemodulen.

Figur 1 zeigt eine Elektrolyseeinheit 1 aus dem Stand der Technik mit zwei Elektrolysemodulen 40, wobei ein Elektrolysemodul mehrere, insbesondere fünfzig Elektrolysezellen 2, umfasst. Beide Elektrolysemodule 40 verfügen jeweils über eine sauerstoffseitige erste Gasabscheiddevorrichtung 20 (20') und über eine wasserstoffseitige zweite Gasabscheiddevorrichtung 21 (21'). Die Rückführung des Wassers ist derart gestaltet, dass die zurückfließenden Wasserströme sich im Wärmetauscher vermischen und anschließend zurück zur Sauerstoffseite in die Elektrolysezelle geführt werden. Die sauerstoffseitigen Gasabscheiddevorrichtungen 20 (20') sind über eine siphonartige fünfte Leitung 17 miteinander verbunden. Weiterhin umfasst die fünfte Leitung 17 eine Zuführvorrichtung 18 für Frischwasser. In diesem Beispiel aus dem Stand der Technik

handelt es sich um einen einseitigen Umwälzbetrieb auf der Sauerstoffseite.

Das Verbinden mehrerer Elektrolysezellen über die siphonartige fünfte Leitung 17 gewährleistet das Nachführen von Wasser, was das Absinken des Flüssigkeitsspiegels in den Gasabscheiddevorrichtungen 20, 21 vermeidet. Im Stand der Technik sind also alle gleichartigen Gasabscheiddevorrichtungen, jeweils die der Sauerstoffseite und Wasserstoffseite, über eine siphonartige Leitung miteinander verbunden, um die Pegelstände in den Gasabscheiddevorrichtungen untereinander konstant zu halten und so die Sicherheit zu gewährleisten.

Figur 2 zeigt eine Elektrolysezelle 2 mit einer Protonenaustauschmembran 3. Die Elektrolysezelle 2 umfasst eine Anode 7 und eine Kathode 8. An die beiden Elektroden 7, 8 grenzen jeweils Bipolarplatten 30, 31. Die Bipolarplatten grenzen jeweils an eine poröse Trägerstruktur 32. Durch diese Trägerstruktur 32 fließt das Edukt Wasser durch die Elektrolysezelle 2. Die poröse Trägerstruktur 32 grenzt wiederum an eine elektrokatalytische Schicht 33. Eine elektrokatalytische Schicht 33 ist im Anodenraum 4 angeordnet, eine elektrokatalytische Schicht 33 ist im Kathodenraum 5 angeordnet. Die elektrokatalytische Schicht 33 der Anodenseite umfasst typischerweise Iridium, die elektrokatalytische Schicht 33 der Kathodenseite umfasst typischerweise Platin. Zwischen diesen beiden katalytischen Schichten 33 befindet sich die Protonenaustauschmembran PEM 3. Diese umfasst insbesondere ein sulfoniertes Fluorpolymer, besonders bevorzugt umfassend Perfluorosulfonsäure. Ein Vorteil der PEM-Elektrolysezelle 2 liegt darin, dass als Edukt reines Wasser verwendet werden kann. Es werden als Trägerkomponenten also keine Lauge oder andere flüssige Komponenten für das Wasser verwendet.

Figur 3 zeigt eine Elektrolyseeinheit 1 mit fünf Elektrolysemodulen 40. Jedes Elektrolysemodul 40 umfasst typischerweise 50 Elektrolysezellen, wie in Figur 2 dargestellt. In der Mitte zwischen den Elektrolysemodulen 40 ist eine zentrale Gas-

abscheidevorrichtung angeordnet. Die zentrale Gasabscheide-
vorrichtung umfasst eine erste Gasabscheidevorrichtung 20 zum
Abtrennen von Sauerstoff. Die zentrale Gasabscheidevorrich-
tung umfasst weiterhin eine zweite Gasabscheidevorrichtung 21
5 zum Abtrennen von Wasserstoff. Die erste Gasabscheidevorrich-
tung 20 ist innerhalb der zweiten Gasabscheidevorrichtung 21
angeordnet.

Die Elektrolysemodule 40 sind jeweils über eine erste Leitung
10 9 mit den zweiten Gasabscheidevorrichtungen 21 verbunden. Die
erste Leitung 9 ist zweckmäßigerweise mit dem Kathodenraum
verbunden, in dem der Wasserstoff entsteht. Durch die erste
Leitung 9 wird ein Gemisch aus Wasser und Wasserstoff ge-
führt. Dieses Gemisch wird anschließend in der zweiten Gasab-
15 scheidevorrichtung 21 voneinander getrennt. Die Elektrolyse-
module 40 sind außerdem jeweils über eine dritte Leitung 11
mit der ersten Gasabscheidevorrichtung 20 verbunden. Über die
dritte Leitung 11 wird demnach ein Gemisch aus Wasser und
Sauerstoff transportiert. Zweckmäßigerweise ist also die
20 dritte Leitung 11 mit dem Anodenraum 4 der Elektrolysezellen
2 direkt verbunden.

Weiterhin sind die Elektrolysemodule 40 jeweils über eine
zweite Leitung 10 mit der zweiten Gasabscheidevorrichtung 21
25 verbunden. Durch die zweite Leitung 10 wird Wasser zurück in
die Elektrolysemodule 40 geführt. Die zweite Leitung 10 kann
sowohl mit der ersten Gasabscheidevorrichtung 20 als auch mit
der zweiten Gasabscheidevorrichtung 21 verbunden sein.

30 Weiterhin umfasst die Elektrolyseeinheit 1 eine Vorrichtung
zum Ausführen der Prozesstechnik 100. Die Prozesstechnik 100
umfasst insbesondere einen Wärmetauscher 50 zum Kühlen des
Wassers.

35 Vorteilhaft sind in diesem Aufbau für alle Elektrolysemodule
40 nur jeweils eine erste und zweite Gasabscheidevorrichtung
20, 21 erforderlich, um alle Produktgase abzutrennen. Weiter-
hin ist es vorteilhaft sehr leicht möglich, die Anzahl der

Elektrolysemodule 40 zu erhöhen. Insbesondere ist es auch möglich, eine ungerade Zahl von Elektrolysemodulen 40 mit der zentralen Gasabscheidevorrichtung zu verbinden und anschließend zu betreiben.

5

Ein weiterer Vorteil dieser Anordnung wird aus Figur 4 ersichtlich. Figur 4 zeigt einen Schnitt A-A' der Elektrolyseeinheit 1. Es ist dieselbe Elektrolyseeinheit 1 wie in Figur 3 abgebildet. Demnach befindet sich ebenfalls der zentrale Gasabscheider mit der ersten Gasabscheidevorrichtung 20 und der zweiten Gasabscheidevorrichtung 21 in der Mitte der Elektrolysemodule 40. In dieser Ansicht sind zwei der fünf Elektrolysemodule 40 zu sehen. Die zentrale Gasabscheidevorrichtung und die Elektrolysemodule 40 sind wiederum über jeweils eine erste Leitung 9, eine zweite Leitung 10 und eine dritte Leitung 11 miteinander verbunden. Die Leitungen sind in diesem Beispiel für jedes Elektrolysemodul 40 auf derselben Höhe angeordnet. Vorteilhaft sind somit alle Leitungen gleich lang. Durch diese Teilegleichheit lässt sich die Anlage kostengünstiger aufbauen.

In der zentralen Gasabscheidevorrichtung ist weiterhin die Pegelhöhe 70 des Wassers zu sehen. Weiterhin ist zu sehen, dass die erste Gasabscheidevorrichtung 20 über eine Abschlussfläche 41 verfügt. Diese Abschlussfläche 41 ist in diesem Beispiel als Gitter ausgestaltet. Es ist aber ebenso möglich, Netze oder offene Lochstrukturen oder eine komplette Öffnung über den Querschnitt der ersten Gasabscheidevorrichtung 20 einzusetzen.

30

Durch die offen ausgestaltete Abschlussfläche 41 der ersten Gasabscheidevorrichtung 20 kommunizieren die erste Gasabscheidevorrichtung 20 und die zweite Gasabscheidevorrichtung 21 miteinander. In anderen Worten heißt das, dass die Pegelhöhe 70 des Wassers in beiden Gasabscheidevorrichtungen 20, 21 nahezu gleich ist.

35

Weiterhin ist in Figur 4 zu sehen, dass die Pegelhöhe 70 des Wassers oberhalb der Oberkante der Elektrolysemodule 40 angeordnet ist. Dies ist insbesondere für den sicheren Betrieb der Elektrolyseeinheit 1 wichtig. Diese Pegelhöhe 70 gewährleistet, dass keine Produktgase über die zweite Leitung 10 in die Elektrolysemodule 40 zurückgeführt werden können. Weiterhin bildet das Wasser durch die Pegelhöhe 70 ein Schloss zwischen dem wasserstoffhaltigen, in diesem Beispiel ringförmig ausgebildeten, Gasraum der zweiten Gasabscheidevorrichtung 21 und dem, in diesem Beispiel runden, sauerstoffhaltigen Gasraum. Das Wasser verhindert also über eine siphonartige Kommunikation zwischen den beiden Gasabscheidevorrichtungen, dass der Wasserstoff und der Sauerstoff miteinander vermischt werden oder gar eine Knallgasreaktion stattfinden kann.

15

Besonders vorteilhaft ist der Gasraum für den Wasserstoff doppelt so groß im Volumen wie der Gasraum für den Sauerstoff.

Weiterhin sind direkt an den Auslässen für Sauerstoff und Wasserstoff ein erstes Sicherheitsventil 46 und ein zweites Sicherheitsventil 47 angeordnet. Vorteilhaft ist es so möglich, die Druckabsicherung direkt an den abzusichernden Stellen der Sauerstoffseite und Wasserstoffseite anzuordnen.

25

Vorteilhaft wird mit diesem Aufbau der zentralen Gasabscheidevorrichtungen ein Pegelausgleich für alle Elektrolysemodule 40 erzielt. Es sind keine komplexen Anordnungen von Leitungen für jedes Elektrolysemodul 40 notwendig. Dies vereinfacht den Aufbau der Elektrolyseeinheit 1 vorteilhaft.

30

Auch die Gasprobenentnahme kann zentral in einer der beiden Gasabscheidevorrichtungen 20, 21 erfolgen und dann zentral gekühlt und analysiert werden. Dies vereinfacht den Aufbau der Elektrolyseeinheit 1 weiter. Eine Gasprobenentnahme ist in den Figuren nicht gezeigt.

35

Figur 5 zeigt eine Elektrolyseeinheit mit mehreren Elektrolysemodulen 40. In der Figur sind 3 Elektrolysemodule 40 gezeigt, es können aber ebenso wenigstens 4, 5 oder 6 Elektrolysemodule um die zentrale Gasabscheidevorrichtung angeordnet sein. In diesem Ausführungsbeispiel ist die zweite Gasabscheidevorrichtung 21 in der Mitte der ersten Gasabscheidevorrichtung 20 angeordnet. In andern Worten heißt das, dass hier die erste Gasabscheidevorrichtung 20 außen angeordnet ist. Wie bereits in den anderen Ausführungsbeispielen sind die Elektrolysemodule 40 jeweils über eine erste Leitung 9, eine zweite Leitung 10 und eine dritte Leitung 11 mit der zentralen Gasabscheidevorrichtung verbunden. Figur 5 zeigt weiterhin einen Wärmetauscher 50 und eine Wasseraufbereitungsvorrichtung 60. Der Wärmetauscher 50 ist über eine Pumpe und eine zweite Leitung 10 mit der ersten Gasabscheidevorrichtung 20 verbunden. Da die erste Gasabscheidevorrichtung 20 kommunizierend mit der zweiten Gasabscheidevorrichtung 21 verbunden ist, wird somit über diese zweite Leitung 10 das Wasser beider Gasabscheidevorrichtungen in den Wärmetauscher 50 transportiert. Vorteilhaft wird somit nur ein Wärmetauscher 50 für die gesamte Elektrolyseeinheit 1 benötigt. Die Art der der Kühlung in dem Wärmetauscher 50 ist dabei frei wählbar. Sie kann also mittels Luft oder Wasser erfolgen. Es ist ebenso denkbar, in Abhängigkeit der Gegebenheiten des Aufstellorts, einen Zwischenkühlkreislauf für ein Wasser - Glykol - Gemisch mit dem Wärmetauscher 50 zu betreiben.

Zum Wasseraustausch in der Wasseraufbereitungsvorrichtung 60 ist in diesem Beispiel vorteilhaft nur eine zentrale Pumpe 48 nötig. Diese kann individuell an die Anlagenbedingungen angepasst werden. Es ist denkbar, in dieser Figur aber nicht gezeigt, die erste und zweite Gasabscheidevorrichtungen 20, 21 auf einem zentralen Traggestell zu platzieren. Dadurch ist es vorteilhaft möglich, unterhalb der zentralen Gasabscheidevorrichtung ein Kühlkreislaufanschluss anzuordnen. Dadurch ist die eine Pumpe 48 der Elektrolyseeinheit 1 gut zugänglich.

Besonders vorteilhaft ist, dass die gesamte zu kühlende thermische Masse, insbesondere das Wasser, zentral zwischen den Elektrolysemodulen 40 angeordnet ist. Dadurch kann eine Temperaturregelung der Prozesstemperatur vorteilhaft im Vergleich zum Stand der Technik vereinfacht werden. Insbesondere können Ventile im Kühlkreislauf eingespart werden, was vorteilhaft zu einer Kostenersparnis führt.

Im Anschluss an den Wärmetauscher wird das Wasser in eine Wasseraufbereitungsvorrichtung 60 geführt. Auch die Wasseraufbereitungsvorrichtung erfolgt zentral. Vorteilhaft ist somit nur eine Vorrichtung zur Wasseraufbereitung notwendig. In diese Wasseraufbereitungsvorrichtung 60 kann vorteilhaft Wasser mit derselben Pumpe 48 gefördert werden wie in den Wärmetauscher 50. Weiterhin ist die zentrale Anordnung der Wasseraufbereitungsvorrichtung 60 vorteilhaft, da die Ionentauscher, die in der Wasseraufbereitungsvorrichtung 60 vorhanden sind, leicht zugänglich sind. Besonders vorteilhaft ist auch dass die Wasseraufbereitungsvorrichtung mit einer geringen Temperatur betrieben werden kann und somit die Ionentauscher vorteilhaft eine längere Betriebszeit als im Stand der Technik aufweisen können.

In Abhängigkeit des Prozessdrucks der Elektrolyseeinheit 1 ist es ebenso möglich, eine zweite Pumpe zum Fördern des Wassers durch die Wasseraufbereitungsvorrichtung 60 vorzusehen.

In allen gezeigten Ausführungsbeispielen der Figuren 3 bis 5 kann zwischen den Elektrolysemodulen 40 und der zentralen Gasabscheidevorrichtung ein Gitterrost angeordnet sein. Dies ermöglicht die leichte Zugänglichkeit der Vorrichtungen für Servicekräfte.

Die zentrale Aufstellung der Gasabscheidevorrichtungen 20, 21 in der Mitte der Elektrolysemodule 40 um die Gasabscheidevorrichtung ermöglicht eine vorteilhafte Kontaktierung der Elektrolysemodule 40 untereinander. Diese Kontaktierung zeigt Figur 6. Wie bereits in den anderen Beispielen gezeigt, ist

in der Mitte der Elektrolyseeinheit 1 eine erste Gasabscheidevorrichtung 20 und eine diese erste Gasabscheidevorrichtung 20 umgebende zweite Gasabscheidevorrichtung 21 angeordnet. Diese zentrale Gasabscheidevorrichtung ist umgeben von drei
5 Elektrolysemodulen 40. Es ist ebenso eine größere Menge Elektrolysemodule 40 denkbar, welche die zentrale Gasabscheidevorrichtung umgeben.

Die Elektrolysemodule 40 weisen jeweils eine Modulendplatte
10 44 an ihren beiden Endflächen auf. Diese Modulendplatte Platten 44 sind von Elektrolysemodul 40 zu Elektrolysemodul 40 über Kontaktplatten 45 miteinander elektrisch verbunden. Die Kontaktplatten 45 können vorteilhaft über die gesamte Fläche der Modulendplatte 44 oder zumindest weite Teile der Modulen-
15 dplatte 44 angeordnet werden. Vorteilhaft erhöht dies die Stromgleichverteilung zwischen den Elektrolysemodulen 40. Eine gleichmäßige Stromgleichverteilung über die Elektrolysemodule 40 erhöht die Lebensdauer der einzelnen Elektrolysezellen 2 mit der Protonenaustauschmembran 3 vorteilhaft.

20

Bezugszeichenliste

	1	Elektrolyseeinheit
	2	Elektrolysezelle
5	3	Protonenaustauschmembran
	4	Anodenraum
	5	Kathodenraum
	6	Wärmetauscher
	7	Anode
10	8	Kathode
	9	erste Leitung
	10	zweite Leitung
	11	dritte Leitung
	12	vierte Leitung
15	13	erster Durchmesser
	14	zweiter Durchmesser
	15	zweite Steigleitung
	16	Verbindungsleitung
	17	fünfte Leitung
20	18	Zuführvorrichtung für Wasser
	20	erste Gasabscheidevorrichtung
	21	zweite Gasabscheidevorrichtung
	30	Bipolarplatte der Anode
	31	Bipolarplatte der Kathode
25	32	poröse Trägerstruktur
	33	elektrokatalytische Schicht
	40	Elektrolysemodul
	41	Abschlussfläche
	42	Hülle
30	43	Zwischenraum
	44	Modulendplatte
	45	Kontaktplatten
	46	erstes Sicherheitsventil
	47	zweites Sicherheitsventil
35	48	Pumpe
	50	Wärmetauscher
	60	Wasseraufbereitungsvorrichtung
	70	Pegelhöhe

100	Prozesstechnik
H ₂ O	Wasser
H ₂	Wasserstoff
O ₂	Sauerstoff

Patentansprüche

1. Elektrolyseeinheit (1) zum elektrochemischen Zerlegen von Wasser (H_2O) zu Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O_2)

- 5 - mit wenigstens zwei Elektrolysemodulen (40);
- mit genau einer ersten Gasabscheidevorrichtung (20) für ein erstes Produktgas umfassend Sauerstoff,
- mit genau einer zweiten Gasabscheidevorrichtung (21) für ein zweites Produktgas umfassend Wasserstoff,
10 wobei die erste Gasabscheidevorrichtung (20) mit jedem der wenigstens zwei Elektrolysemodule (40) über jeweils eine erste Leitung (9) verbunden ist und die zweite Gasabscheidevorrichtung (21) mit jedem der Elektrolysemodule (40) über jeweils eine zweite Leitung (10) verbunden ist, wobei die wenigstens zwei erste Leitungen (9) dieselbe erste Länge und
15 die wenigstens zwei zweite Leitungen (10) dieselbe zweite Länge aufweisen.

2. Elektrolyseeinheit (1) nach Anspruch 1, wobei ein Elektrolysemodul (40) der wenigstens zwei Elektrolysemodule (40) wenigstens zwei Elektrolysezellen (2) umfasst und jede Elektrolysezelle (2) einen Anodenraum (4) mit einer Anode (7) und einen Kathodenraum (5) mit einer Kathode (8) umfasst, wobei
25 der Anodenraum (4) vom Kathodenraum (5) mittels einer Protonenaustausch-Membran (3) getrennt ist, und der Anodenraum (4) geeignet ist, Wasser (H_2O) aufzunehmen und an der Anode (7) zu einem ersten Produkt umfassend Sauerstoff (O_2) zu oxidieren und der Kathodenraum (5) geeignet ist, Wasser (H_2O) aufzunehmen und an der Kathode (8) zu einem zweiten Produkt umfassend Wasserstoff (H_2) zu reduzieren.
30

3. Elektrolyseeinheit (1) nach Anspruch 2, wobei der Kathodenraum (5) mit der zweiten Gasabscheidevorrichtung (21) verbunden ist und der Anodenraum (4) mit der ersten Gasabscheidevorrichtung (20) verbunden ist.
35

4. Elektrolyseeinheit (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste Gasabscheidevorrichtung (20) und die

zweite Gasabscheidevorrichtung (21) ineinander angeordnet sind, wobei die erste oder die zweite Gasabscheidevorrichtung (20, 21) als eine äußere Hülle und ein Boden ausgestaltet ist und die andere zweite oder erste Gasabscheidevorrichtung (21, 20) als Rohr in die Hülle ragt.

5. Elektrolyseeinheit (1) nach Anspruch 4, wobei das Rohr in Richtung des Bodens eine Verschlussfläche (41) aufweist, wobei die Verschlussfläche (41) als ein Gitter, als eine Lochplatte oder als ein Netz ausgestaltet ist.

6. Elektrolyseeinheit (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 5, wobei ein Querschnitt der Hülle und/oder des Rohres rund ist oder ein Vieleck ist.

7. Elektrolyseeinheit (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste Gasabscheidevorrichtung (20) mit einer ersten Druckabsicherungsvorrichtung (46) verbunden ist und die zweite Gasabscheidevorrichtung (21) mit einer zweiten Druckabsicherungsvorrichtung (47) verbunden ist.

8. Elektrolyseeinheit (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen der ersten und/oder zweiten Gasabscheidevorrichtung (20, 21) und den Elektrolysemodulen (40) wenigstens eine Pumpe (48) angeordnet ist.

9. Elektrolyseeinheit (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 8 mit wenigstens drei Elektrolysemodulen (40), wobei die Elektrolysemodule (40) kreisförmig angeordnet sind und die erste und zweite Gasabscheidevorrichtung (20, 21) zentral in der Mitte zwischen den Modulen angeordnet sind.

10. Elektrolyseeinheit (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 9, wobei die erste und/oder zweite Gasabscheidevorrichtung (20, 21) mit genau einem Wärmetauscher (50) zum Abkühlen des abgetrennten Wassers (H_2O) verbunden ist.

11. Elektrolyseeinheit (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 10, wobei die erste oder zweite Gasabscheidevorrichtung (20, 21) mit genau einer Wasseraufbereitungsvorrichtung (60) verbunden ist.

5

12. Elektrolyseeinheit (1) nach Anspruch 11, wobei die Wasseraufbereitungsvorrichtung (60) eine Pumpe, eine Kühlvorrichtung und eine Ionentauschvorrichtung umfasst.

10 13. Elektrolyseeinheit (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Elektrolysemodul (40) an zwei gegenüberliegenden Seiten jeweils eine Modulendplatte (44) umfasst, welche eine außenliegende Deckfläche aufweist, wobei ein erstes Elektrolysemodul (40) derart mit einem zweiten Elektrolysemodul (40) elektrisch verbunden ist, dass eine Kontaktierungs-
15 vorrichtung (45) eine Deckfläche des ersten Elektrolysemoduls und eine Deckfläche des zweiten Elektrolysemoduls zu großen Teilen berührt.

20 14. Verfahren zum Betreiben einer Elektrolyseeinheit (1) mit folgenden Schritten:

- Bereitstellen einer Elektrolyseeinheit (1) mit wenigstens zwei Elektrolysemodulen (40), wobei in dem Elektrolysemodul (40) Wasser (H_2O) zu Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O_2) zerlegt wird,
25

- Bereitstellen einer ersten Gasabscheidevorrichtung (20) für ein erstes Produktgas umfassend Sauerstoff,

- Bereitstellen einer zweiten Gasabscheidevorrichtung (21) für ein zweites Produktgas umfassend Wasserstoff,

30 wobei die erste Gasabscheidevorrichtung (20) mit jedem der wenigstens zwei Elektrolysemodule (40) über jeweils eine erste Leitung (9) verbunden werden und die zweite Gasabscheidevorrichtung (21) mit jedem der Elektrolysemodule (40) über jeweils eine zweite Leitung (10) verbunden werden, wobei die
35 wenigstens zwei erste Leitungen (9) dieselbe erste Länge und die wenigstens zwei zweite Leitungen (10) dieselbe zweite Länge aufweisen.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei die Elektrolyseeinheit bei einem Druck in einem Bereich von 1 bar bis 5 bar betrieben wird.

FIG 1
(Stand der Technik)

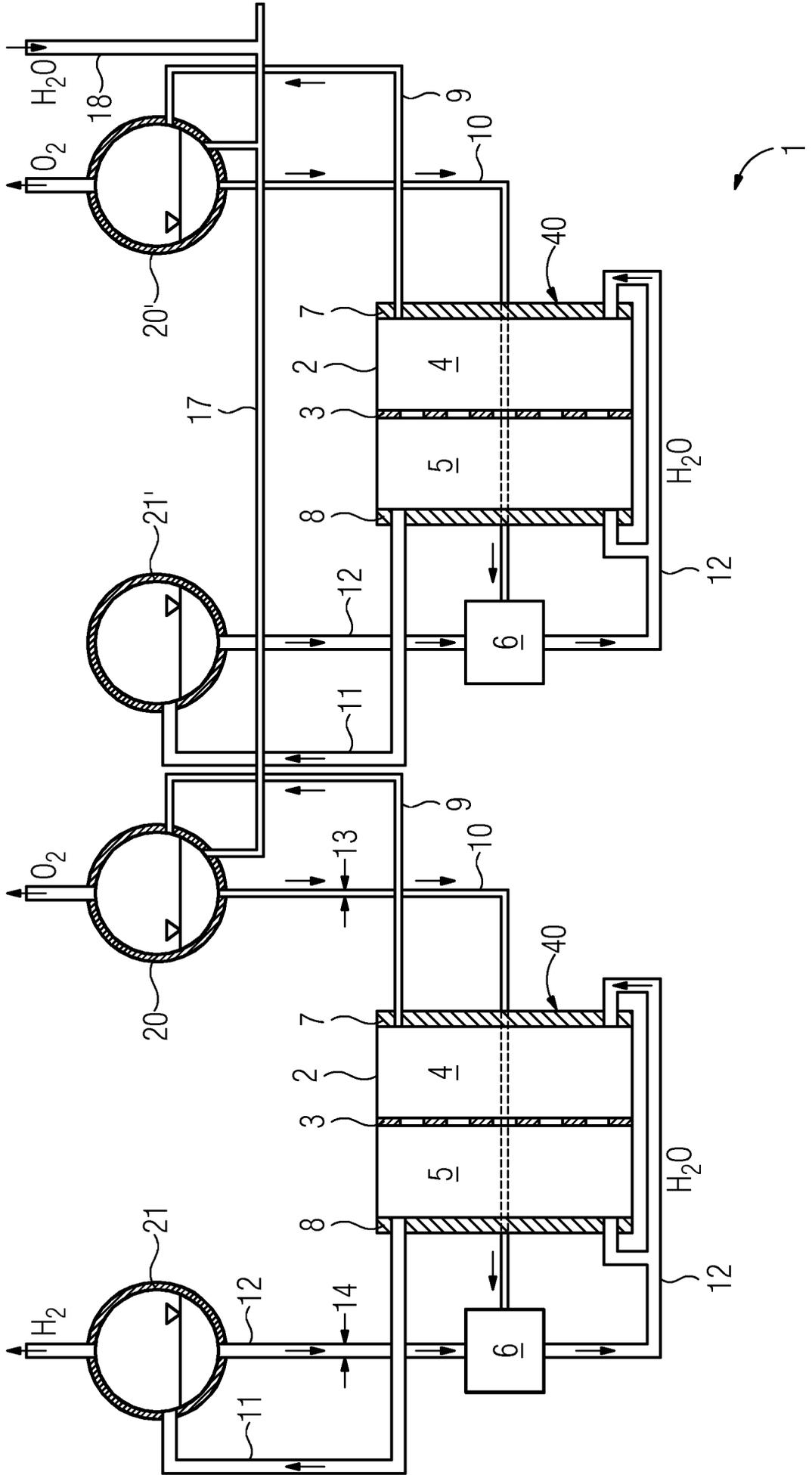


FIG 2

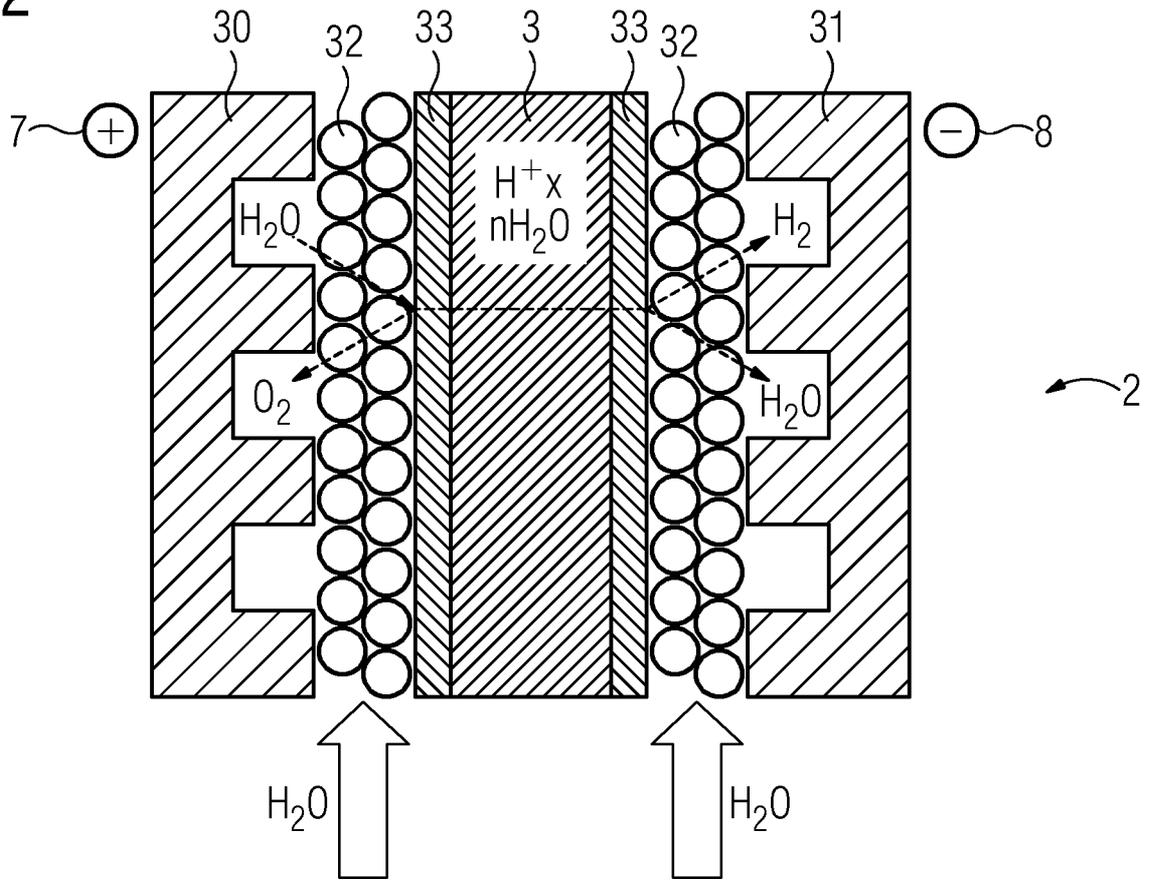


FIG 3

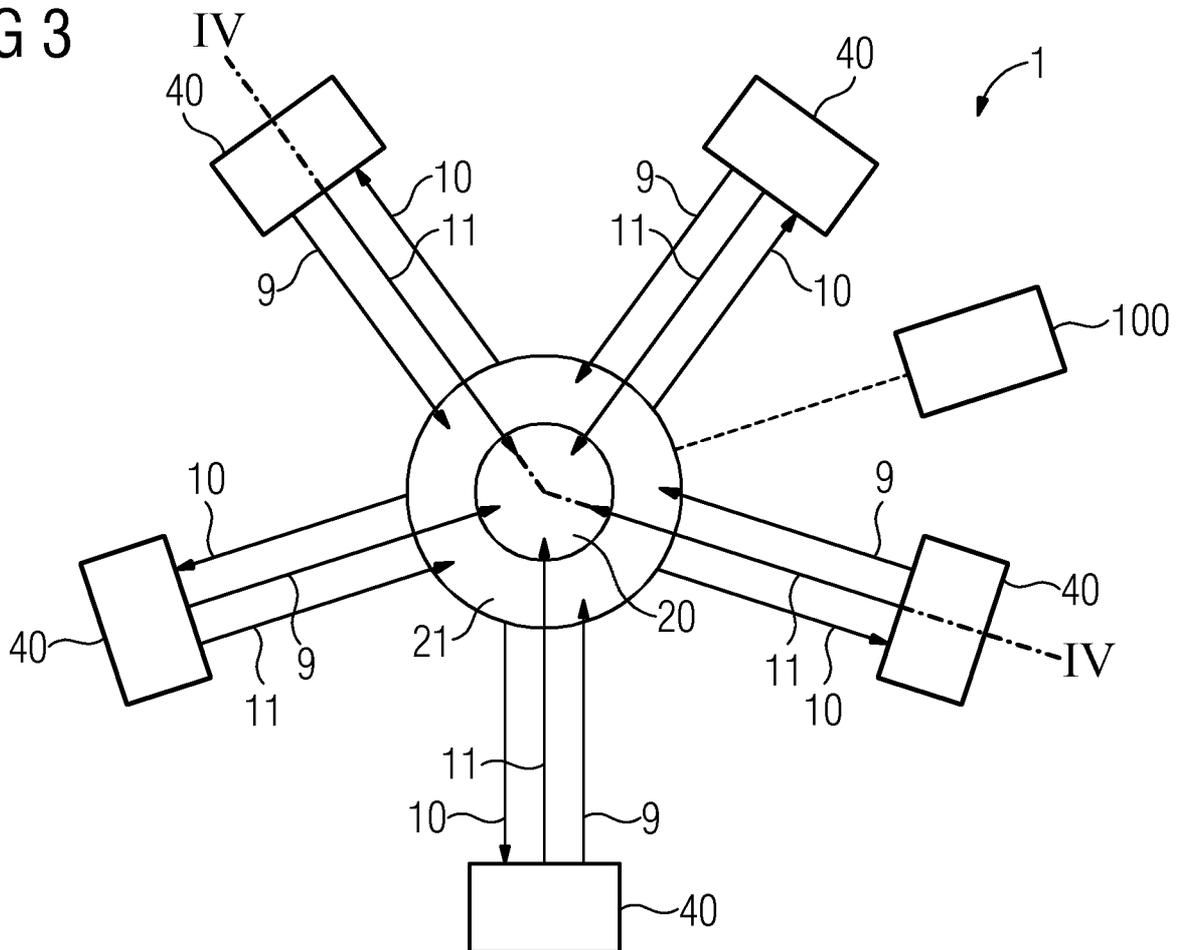


FIG 4

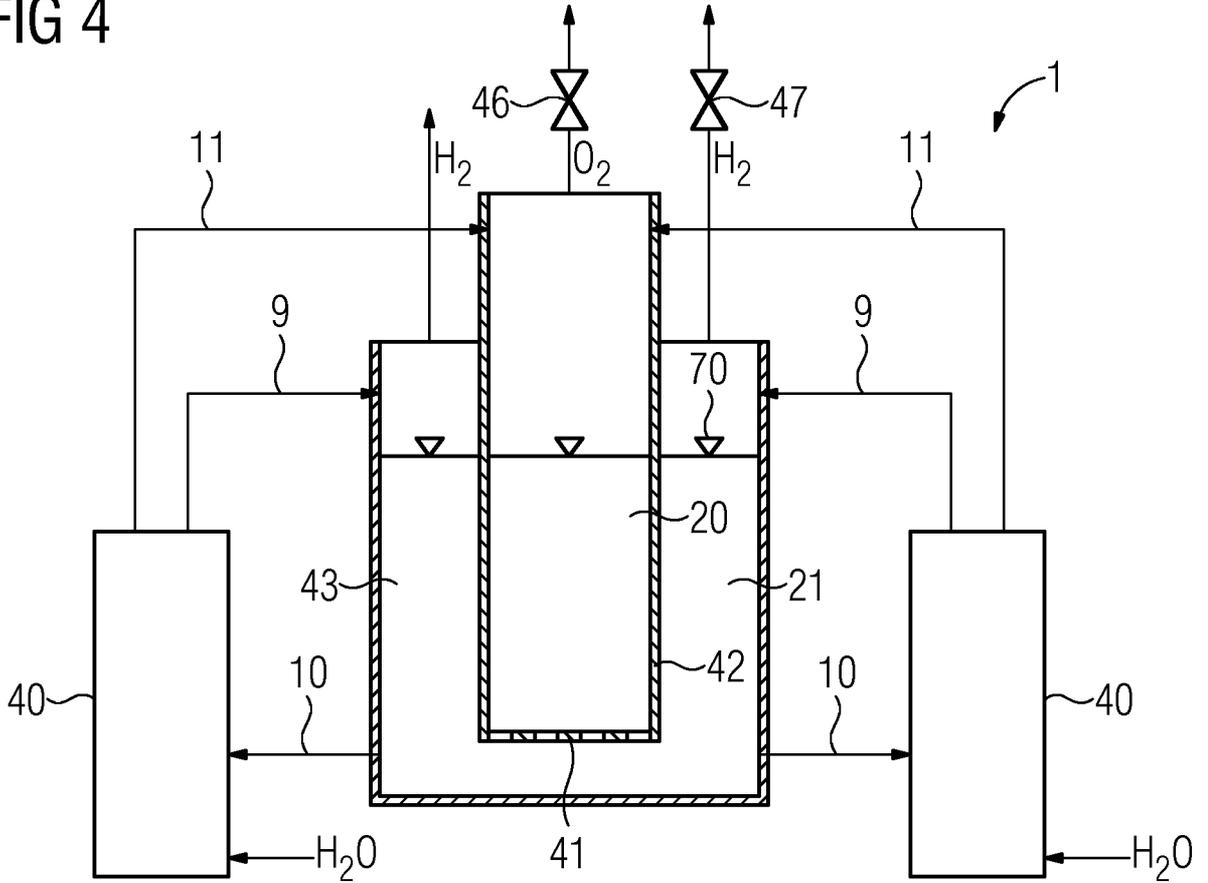


FIG 5

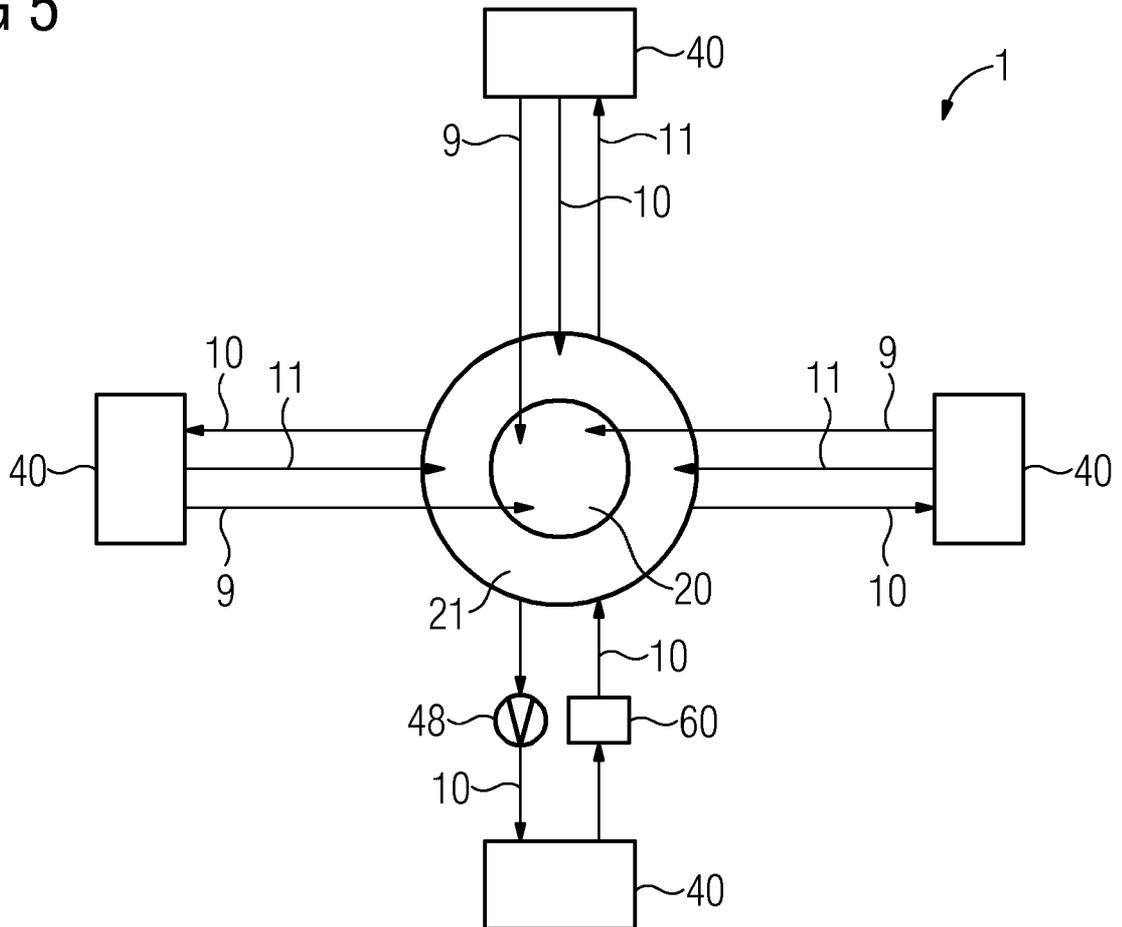
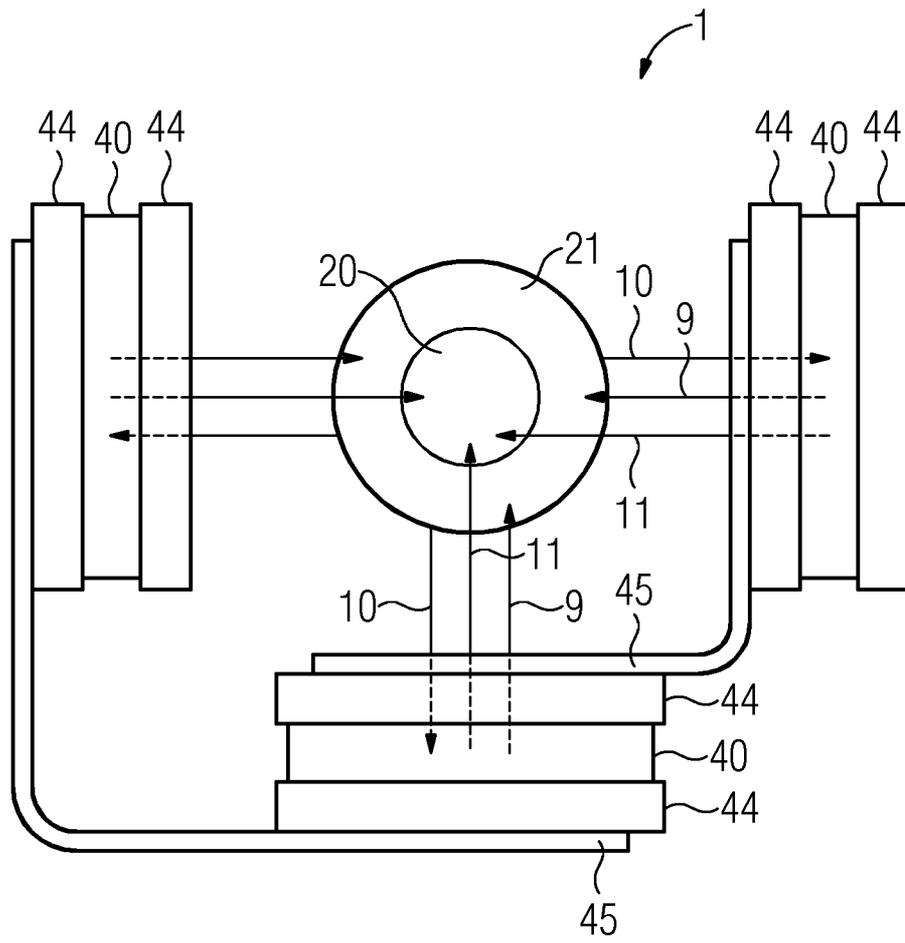


FIG 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/068209

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>C25B 1/04</i> (2006.01)i; <i>C25B 1/12</i> (2006.01)i; <i>C25B 15/08</i> (2006.01)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) C25B 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	DE 10258525 A1 (GHW GES FUER HOCHLEISTUNGSELEK [DE]) 01 July 2004 (2004-07-01)	1-3,7,8,13-15
A	paragraphs [0002], [0027], [0033], [0034]; figures 1a,1b	4-6,9-12
A	US 2016060776 A1 (KAWAJIRI YUKO [JP] ET AL) 03 March 2016 (2016-03-03) paragraphs [0035] - [0037], [0050] - [0052]; claim 1; figures 3,4	1-15
A	Thomson Scientific, London, GB; , Vol. 1998, No. 48, AN 1998-563666, Retrieved from: DATABASE WPI [online] XP002788255	
A	& JP H10251884 A (SHINKO PANTEC CO LTD) 22 September 1998 (1998-09-22)	1-15
A	& JP 3366549 B2 (SHINKO PANTEC CO LTD) 14 January 2003 (2003-01-14) abstract; figure 1	1-15
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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 24 September 2019		Date of mailing of the international search report 07 October 2019
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 Hammerstein, G Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/068209

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	10258525	A1	01 July 2004	AT	403764	T	15 August 2008
				CA	2509940	A1	01 July 2004
				CN	1726307	A	25 January 2006
				DE	10258525	A1	01 July 2004
				EP	1570111	A1	07 September 2005
				JP	4269109	B2	27 May 2009
				JP	2006509913	A	23 March 2006
				RU	2293140	C2	10 February 2007
				US	2006049039	A1	09 March 2006
				WO	2004055242	A1	01 July 2004
<hr/>							
US	2016060776	A1	03 March 2016	AR	102059	A1	01 February 2017
				CA	2902528	A1	02 March 2016
				DK	2993255	T3	09 April 2018
				EP	2993255	A1	09 March 2016
				JP	2016053215	A	14 April 2016
				US	2016060776	A1	03 March 2016
<hr/>							
JP	H10251884	A	22 September 1998	JP	3366549	B2	14 January 2003
				JP	H10251884	A	22 September 1998
<hr/>							
JP	3366549	B2	14 January 2003	JP	3366549	B2	14 January 2003
				JP	H10251884	A	22 September 1998
<hr/>							

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. C25B1/04 C25B1/12 C25B15/08 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) C25B		
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	DE 102 58 525 A1 (GHW GES FUER HOCHLEISTUNGSELEK [DE]) 1. Juli 2004 (2004-07-01)	1-3,7,8, 13-15
A	Absätze [0002], [0027], [0033], [0034]; Abbildungen 1a,1b	4-6,9-12
A	----- US 2016/060776 A1 (KAWAJIRI YUKO [JP] ET AL) 3. März 2016 (2016-03-03) Absätze [0035] - [0037], [0050] - [0052]; Anspruch 1; Abbildungen 3,4	1-15
A	----- DATABASE WPI Week 199848 Thomson Scientific, London, GB; AN 1998-563666 XP002788255, & JP H10 251884 A (SHINKO PANTEC CO LTD) 22. September 1998 (1998-09-22) -/--	1-15
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts	
24. September 2019	07/10/2019	
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 Hammerstein, G	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	-& JP 3 366549 B2 (SHINKO PANTEC CO LTD) 14. Januar 2003 (2003-01-14) Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	1-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/068209

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10258525	A1	01-07-2004	AT 403764 T 15-08-2008
			CA 2509940 A1 01-07-2004
			CN 1726307 A 25-01-2006
			DE 10258525 A1 01-07-2004
			EP 1570111 A1 07-09-2005
			JP 4269109 B2 27-05-2009
			JP 2006509913 A 23-03-2006
			RU 2293140 C2 10-02-2007
			US 2006049039 A1 09-03-2006
			WO 2004055242 A1 01-07-2004

US 2016060776	A1	03-03-2016	AR 102059 A1 01-02-2017
			CA 2902528 A1 02-03-2016
			DK 2993255 T3 09-04-2018
			EP 2993255 A1 09-03-2016
			JP 2016053215 A 14-04-2016
			US 2016060776 A1 03-03-2016

JP H10251884	A	22-09-1998	JP 3366549 B2 14-01-2003
			JP H10251884 A 22-09-1998

JP 3366549	B2	14-01-2003	JP 3366549 B2 14-01-2003
			JP H10251884 A 22-09-1998
