

(19)



(11)

EP 1 651 799 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
27.05.2015 Patentblatt 2015/22

(51) Int Cl.:
C25B 9/08 (2006.01) C25B 1/24 (2006.01)
C25B 1/14 (2006.01) C25B 1/46 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **04740955.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2004/007713

(22) Anmeldetag: **13.07.2004**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2005/012595 (10.02.2005 Gazette 2005/06)

(54) **ELEKTROCHEMISCHE ZELLE**

ELECTROCHEMICAL CELL

CELLULE ELECTROCHIMIQUE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR

- **BROCKHAUS, Hans-Joachim**
51375 Leverkusen (DE)
- **PINTER, Hans-Dieter**
42929 Wermelskirchen (DE)
- **GESTERMANN, Fritz**
51377 Leverkusen (DE)
- **WEBER, Rainer**
51519 Odenthal (DE)

(30) Priorität: **24.07.2003 DE 10333853**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.05.2006 Patentblatt 2006/18

(73) Patentinhaber: **Bayer Intellectual Property GmbH**
40789 Monheim (DE)

(74) Vertreter: **BIP Patents**
c/o Bayer Intellectual Property GmbH
Creative Campus Monheim
Alfred-Nobel-Straße 10
40789 Monheim (DE)

- (72) Erfinder:
- **BULAN, Andreas**
40764 Langenfeld (DE)
 - **GROSSHOLZ, Michael**
51375 Leverkusen (DE)
 - **MICHELE, Volker**
51065 Köln (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 033 419 WO-A-01/57290
WO-A-03/042430 WO-A1-2004/040040
US-A- 6 117 286

EP 1 651 799 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine elektrochemische Zelle, wenigstens bestehend aus einer Anodenhalbzelle mit einer Anode, einer Kathodenhalbzelle mit einer Kathode und einer zwischen Anodenhalbzelle und Kathodenhalbzelle angeordneten Ionenaustauschermembran, wobei die Anode und/oder die Kathode eine Gasdiffusionselektrode ist. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zur Elektrolyse einer wässrigen Lösung von Alkalichlorid.

[0002] Aus WO-A 01/57290 ist eine Elektrolysezelle mit Gasdiffusionselektrode bekannt, bei der in dem Spalt zwischen der Gasdiffusionselektrode und der Ionenaustauschermembran eine poröse Schicht vorgesehen ist. Der Elektrolyt strömt von oben nach unten über die poröse Schicht unter Einwirkung der Schwerkraft durch den Spalt. Die poröse Schicht gemäß WO-A 01/57290 kann aus Schäumen, Drahtnetzen o.dgl. bestehen.

[0003] In US 6 117 286 ist ebenfalls eine Elektrolysezelle mit Gasdiffusionselektrode zur Elektrolyse einer Natriumchlorid-Lösung beschrieben, in der sich eine Schicht aus einem hydrophilen Material im Spalt zwischen der Gasdiffusionselektrode und der Ionenaustauschermembran befindet. Die Schicht aus hydrophilem Material hat vorzugsweise eine poröse Struktur, welche ein korrosionsbeständiges Metall oder Harz enthält. Als poröse Struktur können z.B. Netze, Gewebe oder Schäume verwendet werden. Natriumhydroxid, der Elektrolyt, strömt unter der Schwerkraft über die Schicht aus hydrophilem Material nach unten auf den Boden der Elektrolysezelle.

[0004] Weiterhin ist aus EP-A 1 033 419 eine Elektrolysezelle mit Gasdiffusionselektrode als Kathode zur Elektrolyse einer Natriumchlorid-Lösung bekannt. In der Kathodenhalbzelle, in der der Elektrolyt, von dem Gasraum durch eine Gasdiffusionselektrode getrennt, nach unten strömt, ist ein hydrophiles, poröses Material vorgesehen, durch das der Elektrolyt strömt. Als poröses Material kommen Metalle, Metalloxide oder organische Materialien in Betracht, sofern sie korrosionsbeständig sind.

[0005] Nachteilig an den aus dem Stand der Technik bekannten Elektrolysezellen mit Gasdiffusionselektrode ist, dass der Spalt zwischen Gasdiffusionselektrode und Ionenaustauschermembran aufgrund des porösen Materials nicht vollständig mit Elektrolyt gefüllt werden kann. Hierdurch entstehen Bereiche in dem Spalt, in denen sich Gas befindet und ansammelt. In diesen Bereichen kann kein elektrischer Strom fließen. Strom fließt ausschließlich durch elektrolytgefüllte Bereiche in dem Spalt, sodass lokal eine höhere Stromdichte entsteht, die eine höherer Elektrolysespannung zur Folge hat. Sammelt sich das Gas an der Ionenaustauschermembran, so kann diese aufgrund des fehlenden Elektrolyten beschädigt werden. Poröse Schichten haben weiterhin den Nachteil, dass Gas, welches einmal in die poröse Struktur eingetreten ist, aus dieser nur schwierig wieder her-

aus gelangen kann. Innerhalb der porösen Schicht kann sich das Gas ansammeln, wodurch die oben genannten Nachteile entstehen. Gas aus dem Gasraum kann unter Betriebsbedingungen auch durch die Gasdiffusionselektrode aus dem Gasraum in den Spalt hindurchtreten.

[0006] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht demnach darin, eine Elektrolysezelle bereitzustellen, welche die Nachteile des Standes der Technik vermeidet.

[0007] Gegenstand der Erfindung ist eine elektrochemische Zelle, wenigstens bestehend aus einer Anodenhalbzelle mit einer Anode, einer Kathodenhalbzelle mit einer Kathode und einer zwischen Anodenhalbzelle und Kathodenhalbzelle angeordneten Ionenaustauschermembran, wobei die Anode und/oder die Kathode eine Gasdiffusionselektrode ist und zwischen der Gasdiffusionselektrode und der Ionenaustauschermembran ein Spalt angeordnet ist und die Halbzelle mit Gasdiffusionselektrode einen Elektrolytzulauf und einen Elektrolytablauf sowie einen Gaseintritt und einen Gasaustritt aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektrolytzulauf mit dem Spalt dicht verbunden ist nach Anspruch 1.

[0008] Im Betrieb der erfindungsgemäßen elektrochemischen Zelle strömt der Elektrolyt in dem Spalt zwischen Gasdiffusionselektrode und Ionenaustauschermembran von oben nach unten durch die Halbzelle. Der Spalt ist dabei vollständig mit Elektrolyt gefüllt. Der übrige Raum der Halbzelle, der Gasraum, ist mit Gas gefüllt, welches durch den Gaseintritt zugeführt und durch den Gasaustritt abgeführt wird. Erfindungsgemäß ist der Elektrolytzulauf mit dem Spalt dicht verbunden. Dadurch wird verhindert, dass Gas aus dem Gasraum über den Elektrolytzulauf in den Spalt eindringt. Aufgrund der dichten Verbindung zwischen Elektrolytzulauf und Spalt kann der Elektrolyt durch den Spalt mit Hilfe einer Pumpe gefördert werden, sodass der Elektrolytstrom nicht im freien Fall in dem Spalt an der Gasdiffusionselektrode entlang strömt. Mit Hilfe der Pumpe kann der Volumenstrom des Elektrolyten, welcher durch den Spalt strömt, eingestellt werden. Der Volumenstrom wird bevorzugt so eingestellt, dass die Strömungsgeschwindigkeit des Elektrolyten niedriger ist als im freien Fall.

[0009] In einer bevorzugten Ausführungsform sind Strömungsleitstrukturen in dem Spalt vorgesehen. Die Strömungsleitstrukturen verhindern ebenfalls einen freien Fall des Elektrolyten in dem Spalt, sodass die Strömungsgeschwindigkeit gegenüber dem freien Fall verringert ist. Gleichzeitig darf sich jedoch der Elektrolyt in dem Spalt aufgrund der Strömungsleitstrukturen nicht aufstauen. Die Strömungsleitstrukturen sind so gewählt, dass der Druckverlust der hydrostatischen Flüssigkeitssäule in dem Spalt kompensiert wird. Sind Strömungsleitstrukturen vorgesehen, können diese die Funktion der Pumpe, nämlich die Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit in dem Spalt, vollständig übernehmen, so dass keine Pumpe notwendig ist. Es kann aber auch eine Pumpe in Kombination mit Strömungsleitstrukturen eingesetzt werden.

[0010] Die Strömungsleitstrukturen bestehen aus dünnen Platten, Folien o.dgl., welche Öffnungen zum Durchströmen des Elektrolyten aufweisen. Sie sind quer, d.h. senkrecht oder schräg, zur Strömungsrichtung des Elektrolyten in dem Spalt angeordnet. Die plattenförmigen Strömungsleitstrukturen sind vorzugsweise gegenüber der Horizontalen geneigt, wobei sie entweder nur in einer Achse oder in beiden Achsen geneigt sind. Sind die Strömungsleitstrukturen schräg zur Strömungsrichtung angeordnet, können sie sowohl in Richtung der Ionenaustauschermembran als auch in Richtung der Gasdiffusionselektrode geneigt sein. Die Neigung in Richtung der Gasdiffusionselektrode bzw. der Ionenaustauschermembran entspricht einer Neigung um eine Achse, welche parallel zur Gasdiffusionselektrode bzw. Ionenaustauschermembran und horizontal verläuft. Darüber hinaus können die Strömungsleitstrukturen über die Breite der elektrochemischen Zelle geneigt sein. Dies entspricht einer Neigung um eine Achse, die senkrecht zur Gasdiffusionselektrode bzw. Ionenaustauschermembran verläuft. Diese Neigung kann 0 bis 45° betragen, bevorzugt 3 bis 15°.

[0011] Da im Betrieb der elektrochemischen Zelle immer auch geringe Mengen Gas aus dem Raum hinter der Gasdiffusionselektrode, d.h. dem der Ionenaustauschermembran ab gewandten Raum der Halbzelle, durch die Gasdiffusionselektrode in den mit Elektrolyt durchströmten Spalt tritt, muss gewährleistet sein, dass das Gas aus dem Spalt abgeführt wird. Erhöht sich der Gehalt an Gas in dem Elektrolyten, steigt der Widerstand des Elektrolyten an. Sind Strömungsleitstrukturen in dem Spalt vorhanden, so kann das Gas entweder durch Öffnungen in den Strömungsleitstrukturen nach oben entweichen oder es wird von der Elektrolytströmung nach unten mitgerissen. Die Neigung der Strömungsleitstrukturen fördert insbesondere die Abführung der Gasblasen nach oben.

[0012] Die Strömungsleitstrukturen sind ferner so angeordnet, dass sie die Gasdiffusionselektrode einerseits und die Ionenaustauschermembran andererseits kontaktieren. Somit tritt der Elektrolyt nur durch die Öffnungen der Leitstrukturen hindurch. Die Strömungsleitstrukturen können fest oder lösbar mit der Gasdiffusionselektrode und der Ionenaustauschermembran verbunden sein. Bevorzugt sind die Strömungsleitstrukturen zwischen die Gasdiffusionselektrode und die Ionenaustauschermembran eingeklemmt. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform sind die Strömungsleitstrukturen an einer in dem Spalt im Wesentlichen vertikal, d.h. im Wesentlichen parallel zu der Gasdiffusionselektrode und der Ionenaustauschermembran, angeordneten Haltestruktur befestigt. Die Haltestruktur verläuft beispielsweise in der Mitte des Spaltes, sodass die Strömungsleitstrukturen einerseits in Richtung der Ionenaustauschermembran, andererseits in Richtung der Gasdiffusionselektrode ragen. Die Haltestruktur besteht beispielsweise aus einem dünnen Kunststoffstab, dessen Durchmesser kleiner ist als die Spaltbreite zwischen Gasdiffu-

sionselektrode und Ionenaustauschermembran. Die Anzahl der Haltestrukturen, z.B. in Form von Kunststoffstäben, über die Länge der Gasdiffusionselektrode, und damit der Strömungsleitstrukturen, ist abhängig von der Materialdicke der Strömungsleitstrukturen, da die Kunststoffstäbe die Stabilität, z.B. beim Zusammenbau des Elektrolyseurs, bewirken.

[0013] Die Strömungsleitstrukturen können eben sein. Um das Einklemmen der Strömungsleitstrukturen zwischen Gasdiffusionselektrode und Ionenaustauschermembran zu erleichtern, können die Strömungsleitstrukturen beispielsweise ein Z-, L-, T-, Doppel-T- oder trapezförmiges Profil aufweisen. Die Strömungsleitstrukturen können auch beliebig gewinkelt oder gekrümmt sein. Vorzugsweise bestehen sie aus einer elastischen Platte, welche breiter ist als die Breite des Spaltes. Beim Einklemmen zwischen Gasdiffusionselektrode und Ionenaustauschermembran und unter Einwirkung des Elektrolytstroms in dem Spalt biegen sich die elastischen Platten nach unten durch. Die Strömungsleitstrukturen sind dann nach unten gekrümmt. Es ist jedoch auch möglich, nach oben gekrümmte Strömungsleitstrukturen einzusetzen. Gekrümmte Strömungsleitstrukturen sind vorteilhaft, da sie Fertigungstoleranzen der elektrochemischen Zelle, die sich beispielsweise in der Breite des Spaltes äußern, kompensieren.

[0014] Die Öffnung in den Strömungsleitstrukturen können eine beliebige Form haben, z.B. rund oder eckig. Die Öffnungen in übereinander bzw. untereinander angeordneten Strömungsleitstrukturen können entweder übereinander bzw. untereinander liegen, d.h. die Öffnungen decken sich. Die Elektrolytströmung verläuft dabei im Wesentlichen senkrecht durch den Spalt. Sie können jedoch auch gegeneinander versetzt sein, sodass die Elektrolytströmung nicht geradlinig, sondern beispielsweise zickzackförmig oder mäanderförmig durch den Spalt strömt. Dies reduziert die Bildung von Totzonen.

[0015] Die Strömungsleitstrukturen können aus einem laugebeständigen Material, insbesondere aus einem laugebeständigen Metall oder Kunststoff, gefertigt sein. Beispielsweise kann als Material Nickel oder PTFE eingesetzt werden.

[0016] Die Anzahl der Strömungsleitstrukturen sowie die Anzahl und die Querschnittsfläche der Öffnungen sind so gewählt, dass die Strömungsgeschwindigkeit des Elektrolyten niedriger ist als im freien Fall. Bei einer Bauhöhe des Elektrolyseurs von z.B. 1,3 m und einer Elektrolytmenge von z.B. 180 l/h können z.B. 26 Strömungsleitstrukturen mit 64 Öffnungen eingesetzt werden. Die Öffnungen haben z.B. einen Durchmesser von 1 mm. Alternativ dazu könnten auch 6 Strömungsleitstrukturen mit 127 Öffnungen mit 0,5 mm Durchmesser eingesetzt werden. Über den Durchmesser und die Anzahl der Öffnungen sowie die Anzahl der Strömungsleitstrukturen kann je nach Durchfluss eine entsprechende Druckkompensation erzielt werden.

[0017] Der in dem Spalt nach unten strömende Elektrolyt darf sich an den Strömungsleitstrukturen nicht auf-

stauen. Daher muss gewährleistet sein, dass die Summe der Querschnittsflächen aller Öffnungen einer Strömungsleitstruktur für alle Strömungsleitstrukturen gleich groß ist. Dies kann durch Variation der Anzahl der Öffnungen oder der Querschnittsfläche geschehen.

[0018] Unabhängig davon, ob der Elektrolyt mit Hilfe einer Pumpe durch den Spalt strömt oder ob Strömungsleitstrukturen vorgesehen sind oder beides, beträgt der bevorzugte Volumenstrom des Elektrolyten in dem Spalt (bei einer Breite des Spaltes von z.B. 3 mm) 100 bis 300 l/h. Der Volumenstrom beträgt bevorzugt maximal 500 l/h. Die Strömungsgeschwindigkeit beträgt vorzugsweise maximal 1 cm/s.

[0019] Der Vorteil von Strömungsleitstrukturen gegenüber den aus dem Stand der Technik bekannten porösen Schichten liegt in der verbesserten Abführung von Gasblasen, die durch die Gasdiffusionselektrode in den Spalt eintreten. Weiterhin wird der Elektrolyt mittels Pumpen durch den Spalt zwischen Gasdiffusionselektrode und Ionenaustauschermembran gefördert, wodurch dieser Spalt vollständig mit Elektrolyt gefüllt wird. Poröse Strukturen, welche der Elektrolyt gemäß Stand der Technik im freien Fall durchläuft, sind meist nicht vollständig mit Elektrolyt gefüllt, was sich durch eine höhere Elektrolysespannung bemerkbar macht.

[0020] Die erfindungsgemäße elektrochemische Zelle kann für unterschiedliche Elektrolyseverfahren eingesetzt werden, in denen mindestens eine Elektrode eine Gasdiffusionselektrode ist. Vorzugsweise fungiert die Gasdiffusionselektrode als Kathode, besonders bevorzugt als Sauerstoffverzehrkathode, wobei das der elektrochemischen Zelle zugeführte Gas ein sauerstoffhaltiges Gas ist, z.B. Luft, mit Sauerstoff angereicherte Luft oder Sauerstoff selbst. Bevorzugt wird die erfindungsgemäße Zelle für die Elektrolyse einer wässrigen Lösung eines Alkalihalogenids, insbesondere von Natriumchlorid, verwendet.

[0021] Im Falle der Elektrolyse einer wässrigen Natriumchlorid-Lösung ist die Gasdiffusionselektrode beispielsweise wie folgt aufgebaut: Die Gasdiffusionselektrode besteht wenigstens aus einem elektrisch leitfähigen Träger und einer elektrochemisch aktiven Beschichtung. Der elektrisch leitfähige Träger ist bevorzugt ein Netz, Gewebe, Geflecht, Gewirke, Vlies oder Schaum aus Metall, insbesondere aus Nickel, Silber oder versilbertem Nickel. Die elektrochemisch aktive Beschichtung besteht vorzugsweise wenigstens aus einem Katalysator, z.B. Silber(I)-Oxid, und einem Binder, z.B. Polytetrafluorethylen (PTFE). Die elektrochemisch aktive Beschichtung kann aus einer oder mehreren Schichten aufgebaut sein. Zusätzlich kann eine Gasdiffusionsschicht, beispielsweise aus einer Mischung aus Kohlenstoff und Polytetrafluorethylen, vorgesehen sein, welche auf dem Träger aufgebracht wird.

[0022] Als Anode können beispielsweise Elektroden aus Titan eingesetzt werden, welche z.B. mit Ruthenium-Iridium-Oxiden oder Rutheniumoxid beschichtet sind.

[0023] Als Ionenaustauschermembran kann eine han-

delsübliche Membran, z.B. der Fa. DuPont, Nafion NX2010, eingesetzt werden.

[0024] Die erfindungsgemäße Elektrolysezelle, welche sich für die Elektrolyse einer wässrigen Natriumchlorid-Lösung eignet, hat einen Spalt zwischen Gasdiffusionselektrode und Ionenaustauschermembran mit einer Breite in der Größenordnung von 3 mm. Die Strömungsleitstrukturen werden vorzugsweise aus dünnen Platten aus PTFE oder PVDF gefertigt und haben eine Dicke von 0,1 bis 0,5 mm

[0025] Der Elektrolytzulauf ist ein Kanal, z.B. ein Rohr, welches sich über die gesamte Länge der Gasdiffusionselektrode erstreckt. In diesem Fall kann mit Hilfe des kanalartigen Elektrolytzulaufs der Elektrolyt gleichmäßig über die gesamte Länge von oben in den Spalt zwischen Gasdiffusionselektrode und Ionenaustauschermembran zugeführt werden. Anstelle eines Elektrolytzulaufs, der sich über die gesamte Länge der Gasdiffusionselektrode erstreckt, kann der Zulauf auch nur in einem Bereich, z.B. im oberen Bereich einer der beiden Enden der Gasdiffusionselektrode erfolgen. In diesem Fall kann mit Hilfe der Strömungsleitstrukturen, welche in einer Achse senkrecht zur Gasdiffusionselektrode bzw. zur Ionenaustauschermembran geneigt sind, eine gleichmäßige Verteilung des Elektrolyten über die gesamte Länge des Spaltes bewirkt werden.

[0026] Ein weiterer Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Elektrolyse einer wässrigen Alkalihalogenid-Lösung in einer elektrochemischen Zelle, wenigstens bestehend aus einer Anodenhalbzelle mit einer Anode, einer Kathodenhalbzelle mit einer Kathode und einer zwischen Anodenhalbzelle und Kathodenhalbzelle angeordneten Ionenaustauschermembran, wobei, die Anode und/oder die Kathode eine Gasdiffusionselektrode ist und zwischen der Gasdiffusionselektrode und der Ionenaustauschermembran ein Spalt angeordnet ist und die Halbzelle mit einer Gasdiffusionselektrode einen Elektrolytzulauf und einen Elektrolytablauf sowie einen Gaseintritt und einen Gasaustritt aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektrolyt mittels einer Pumpe in dem Spalt von oben nach unten strömt, wobei der Spalt vollständig mit Elektrolyt angefüllt ist.

[0027] Nachfolgend wird die Erfindung anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 einen schematischen Querschnitt einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen elektrochemischen Zelle ohne Strömungsleitstrukturen im Spalt zwischen Gasdiffusionselektrode und Ionenaustauschermembran

Figur 2 einen schematischen Querschnitt einer zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen elektrochemischen Zelle mit Strömungsleitstrukturen im Spalt zwischen Gasdiffusionselektrode und Ionenaustauschermembran

[0028] In Figur 1 ist eine erfindungsgemäße elektro-

chemische Zelle 1 dargestellt, welche aus einer Anodenhalbzelle 2 mit einer Anode 21 und einer Kathodenhalbzelle 3 mit einer Gasdiffusionselektrode 31 als Kathode aufgebaut ist. Die beiden Halbzellen 2, 3 sind durch eine Ionenaustauschermembran 4 voneinander getrennt. Die Gasdiffusionselektrode 31 ist von der Ionenaustauschermembran 4 durch einen Spalt 32 getrennt. Dichtungen 39 dichten die Halbzelle 3 nach außen ab. Die Kathodenhalbzelle 3 besitzt einen Elektrolytzulauf 33 und einen Elektrolytablauf 34 sowie einen Gaseintritt 35 und einen Gasaustritt 36. Der Elektrolytzulauf 33 ist mit dem Spalt 32 dicht verbunden. Der Elektrolyt wird über den Elektrolytzulauf 33 der Halbzelle 3 zugeführt und strömt im Spalt 32 nach unten, bevor er über den Elektrolytablauf 34 aus der Halbzelle 3 abgeführt wird. Der Spalt 32 ist im Betrieb der Elektrolysezelle 1 vollständig mit Elektrolyt gefüllt. Gas wird über den Gaseintritt 35 dem Gasraum 37 der Halbzelle 3 zugeführt, strömt in dem Gasraum 37 nach oben und wird über den Gasaustritt 36 aus der Halbzelle 3 abgeführt. Die dichte Verbindung des Elektrolytzulaufs 33 mit dem Spalt 32 erlaubt es, den Elektrolyten mit Hilfe eine Pumpe durch den Spalt 32 zu fördern und so einen gewünschten Volumenstrom bzw. eine gewünschte Strömungsgeschwindigkeit des Elektrolyten im Spalt 32 einzustellen. Die dichte Verbindung muss verhindern, dass Gas aus dem Gasraum 37 in den Spalt 32 strömt. Dazu ist der Elektrolytzulauf 33 vollständig gefüllt. Die Ausgleichsöffnung 38 ist dabei so zu bemessen, dass ein sehr geringer Volumenstrom des Elektrolyten über die Öffnung 38 in den Gasraum 37 abfließt. Vorzugsweise beträgt der Volumenstrom über die Öffnung 38 in den Rückraum weniger als 5 % des Gesamtvolumenstromes. Gleichzeitig erlaubt die Ausgleichsöffnung 38 ein Austritt von Gas, welches im Betrieb der Elektrolysezelle 1 in geringen Mengen vom Gasraum 37 durch die Gasdiffusionselektrode 31 in den Spalt 32 eintritt und in Form von Gasblasen nach oben steigt. Auf diese Weise kann das Gas aus dem Spalt 32 über die Ausgleichsöffnung 38 in dem Elektrolytzulauf 33 in den Gasraum 37 gelangen.

[0029] Im Vergleich zu der in Figur 1 dargestellten Ausführungsform weist die Elektrolysezelle 1 in Figur 2 zusätzlich zu der dichten Verbindung des Elektrolytzulaufs 33 mit dem Spalt 32 Strömungsleitstrukturen 51, 52, 53, 54 in dem Spalt 32 auf. Die Strömungsleitstrukturen 51, 52, 53, 54 verringern die Strömungsgeschwindigkeit des Elektrolyten in dem Spalt 32 gegenüber der Strömungsgeschwindigkeit, die der Elektrolyt im freien Fall annehmen würde. Die Strömungsleitstrukturen 51, 52, 53, 54 bestehen aus dünnen Platten mit Öffnungen 56, die einen Durchtritt des Elektrolyten erlauben. Sie sind in den dargestellten Ausführungsformen zwischen die Ionenaustauschermembran 4 und die Gasdiffusionselektrode 31 eingeklemmt. Die Strömungsleitstrukturen 51 sind in dem Spalt 32 im Wesentlichen horizontal, d.h. quer zur Strömungsrichtung des Elektrolyten, angeordnet. Ebenso können die Strömungsleitstrukturen 53 schräg, d.h. in einem Winkel zur Strömungsrichtung, z.B. in Richtung

der Ionenaustauschermembran 4 geneigt, angeordnet sein. In einer weiteren Ausführungsform sind die Strömungsleitstrukturen 53 V-förmig ausgebildet. Die Strömungsleitstrukturen 54 sind nach unten gekrümmt.

Patentansprüche

1. Elektrochemische Zelle (1), wenigstens bestehend aus einer Anodenhalbzelle (2) mit einer Anode (21), einer Kathodenhalbzelle (3) mit einer Kathode (31) und einer zwischen Anodenhalbzelle (2) und Kathodenhalbzelle (3) angeordneten Ionenaustauschermembran (4), wobei die Anode (21) und/oder die Kathode (31) eine Gasdiffusionselektrode ist und zwischen der Gasdiffusionselektrode (31) und der Ionenaustauschermembran (4) ein Spalt (32) angeordnet ist und die Halbzelle (2, 3) mit Gasdiffusionselektrode (31) einen Elektrolytzulauf (33) und einen Elektrolytablauf (34) sowie einen Gaseintritt (35) und einen Gasaustritt (36) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Elektrolytzulauf (33) mit dem Spalt (32) dicht verbunden ist, dass ein Gasraum (37) hinter der Gasdiffusionselektrode (31) angeordnet ist und dass der Gasraum (37) einen Gaseintritt (35) und einen Gasaustritt (36) aufweist.
2. Elektrochemische Zelle nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Spalt (32) Strömungsleitstrukturen (51; 52; 53; 54) angeordnet sind.
3. Elektrochemische Zelle nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strömungsleitstrukturen (51; 52; 53; 54) zwischen die Gasdiffusionselektrode (31) und die Ionenaustauschermembran (4) eingeklemmt sind.
4. Elektrochemische Zelle nach einem der Ansprüche 1-3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strömungsleitstrukturen (51; 52; 53; 54) gegenüber der Horizontalen geneigt sind.
5. Verfahren zur Elektrolyse einer wässrigen Alkalihalogenid-Lösung in einer elektrochemischen Zelle (1), wenigstens bestehend aus einer Anodenhalbzelle (2) mit einer Anode (21), einer Kathodenhalbzelle (3) mit einer Kathode (31) und einer zwischen Anodenhalbzelle (2) und Kathodenhalbzelle (3) angeordneten Ionenaustauschermembran (4), wobei die Anode (21) und/oder die Kathode (31) eine Gasdiffusionselektrode ist und zwischen der Gasdiffusionselektrode (31) und der Ionenaustauschermembran (4) ein Spalt (32) angeordnet ist und die Halbzelle (2, 3) mit einer Gasdiffusionselektrode (31) einen Elektrolytzulauf (33) und einen Elektrolytablauf (34) sowie einen Gaseintritt (35) und einen Gasaustritt (36) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der

Elektrolyt mittels einer Pumpe in dem Spalt (32) von oben nach unten strömt, wobei der Spalt (32) vollständig mit Elektrolyt angefüllt ist, dass ein Gasraum (37) hinter der Gasdiffusionselektrode (31) angeordnet ist und dass der Gasraum (37) einen Gaseintritt (35) und einen Gasaustritt (36) für das Reaktionsgas aufweist.

Claims

1. Electrochemical cell (1), at least consisting of an anode half-cell (2) with an anode (21), a cathode half-cell (3) with a cathode (31), and an ion exchange membrane (4) that is arranged between the anode half-cell (2) and the cathode half-cell (3), the anode (21) and/or the cathode (31) being a gas diffusion electrode and a gap (32) being arranged between the gas diffusion electrode (31) and the ion exchange membrane (4), and the half-cell (2, 3) with the gas diffusion electrode (31) having an electrolyte inflow (33) and an electrolyte outflow (34) as well as a gas inlet (35) and a gas outlet (36), **characterized in that** the electrolyte inflow (33) is connected to the gap (32) in a sealed manner, **in that** a gas space (37) is arranged downstream of the gas diffusion electrode (31) and **in that** the gas space (37) has a gas inlet (35) and a gas outlet (36).
2. Electrochemical cell according to Claim 1, **characterized in that** flow directing structures (51; 52; 53; 54) are arranged in the gap (32).
3. Electrochemical cell according to either of Claims 1 and 2, **characterized in that** the flow directing structures (51; 52; 53; 54) are clamped between the gas diffusion electrode (31) and the ion exchange membrane (4).
4. Electrochemical cell according to one of Claims 1-3, **characterized in that** the flow directing structures (51; 52; 53; 54) are inclined with respect to the horizontal.
5. Method for the electrolysis of an aqueous alkali halide solution in an electrochemical cell (1), at least consisting of an anode half-cell (2) with an anode (21), a cathode half-cell (3) with a cathode (31), and an ion exchange membrane (4) that is arranged between the anode half-cell (2) and the cathode half-cell (3), the anode (21) and/or the cathode (31) being a gas diffusion electrode and a gap (32) being arranged between the gas diffusion electrode (31) and the ion exchange membrane (4), and the half-cell (2, 3) with a gas diffusion electrode (31) having an electrolyte inflow (33) and an electrolyte outflow (34) as well as a gas inlet (35) and a gas outlet (36), **characterized in that** the electrolyte flows from top to

bottom in the gap (32) by means of a pump, the gap (32) being completely filled with electrolyte, **in that** a gas space (37) is arranged downstream of the gas diffusion electrode (31) and **in that** the gas space (37) has a gas inlet (35) and a gas outlet (36) for the reaction gas.

Revendications

1. Cellule électrochimique (1) constituée au moins d'une demi-cellule anodique (2) dotée d'une anode (21), d'une demi-cellule cathodique (3) dotée d'une cathode (31) et d'une membrane (4) échangeuse d'ions disposée entre la demi-cellule anodique (2) et la demi-cellule cathodique (3), l'anode (21) et/ou la cathode (31) étant des électrodes à diffusion de gaz et un interstice (32) étant disposé entre l'électrode (31) à diffusion de gaz et la membrane (4) échangeuse d'ions, les demi-cellules (2, 3) dotées d'une électrode (31) à diffusion de gaz présentant une amenée d'électrolyte (33) et une sortie d'électrolyte (34) ainsi qu'une entrée de gaz (35) et qu'une sortie de gaz (36), **caractérisée en ce que** l'amenée d'électrolyte (33) est raccordée de manière étanche à l'interstice (32) de manière obtenir un espace de gaz (37) en aval de l'électrode (31) à diffusion de gaz et **en ce que** l'espace de gaz (37) présente une entrée de gaz (35) et une sortie de gaz (36).
2. Cellule électrochimique selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** des structures (51; 52; 53; 54) de guidage d'écoulement sont disposées dans l'interstice (32).
3. Cellule électrochimique selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisée en ce que** les structures (51; 52; 53; 54) de guidage d'écoulement sont serrées entre l'électrode (31) à diffusion de gaz et la membrane (4) échangeuse d'ions.
4. Cellule électrochimique selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** les structures (51; 52; 53; 54) de guidage d'écoulement sont inclinées par rapport à l'horizontale.
5. Procédé d'électrolyse d'une solution aqueuse d'halogénure de métal alcalin dans une cellule électrochimique (1) constituée au moins d'une demi-cellule anodique (2) dotée d'une anode (21), d'une demi-cellule cathodique (3) dotée d'une cathode (31) et d'une membrane (4) échangeuse d'ions disposée entre la demi-cellule anodique (2) et la demi-cellule cathodique (3), l'anode (21) et/ou la cathode (31) étant des électrodes à diffusion de gaz et un interstice (32) étant dis-

posé entre l'électrode (31) à diffusion de gaz et la membrane (4) échangeuse d'ions, les demi-cellules (2, 3) dotées d'une électrode (31) à diffusion de gaz présentant une amenée d'électrolyte (33) et une sortie d'électrolyte (34) ainsi qu'une entrée de gaz (35) et qu'une sortie de gaz (36),

caractérisé en ce que

l'électrolyte s'écoule du haut vers le bas dans l'interstice (32) au moyen d'une pompe, l'interstice (32) étant entièrement rempli d'électrolyte,

en ce qu'un espace de gaz (37) est disposé en aval de l'électrode (31) à diffusion de gaz et

en ce que l'espace de gaz (37) présente une entrée de gaz (35) et une sortie de gaz (36) pour le gaz de réaction.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

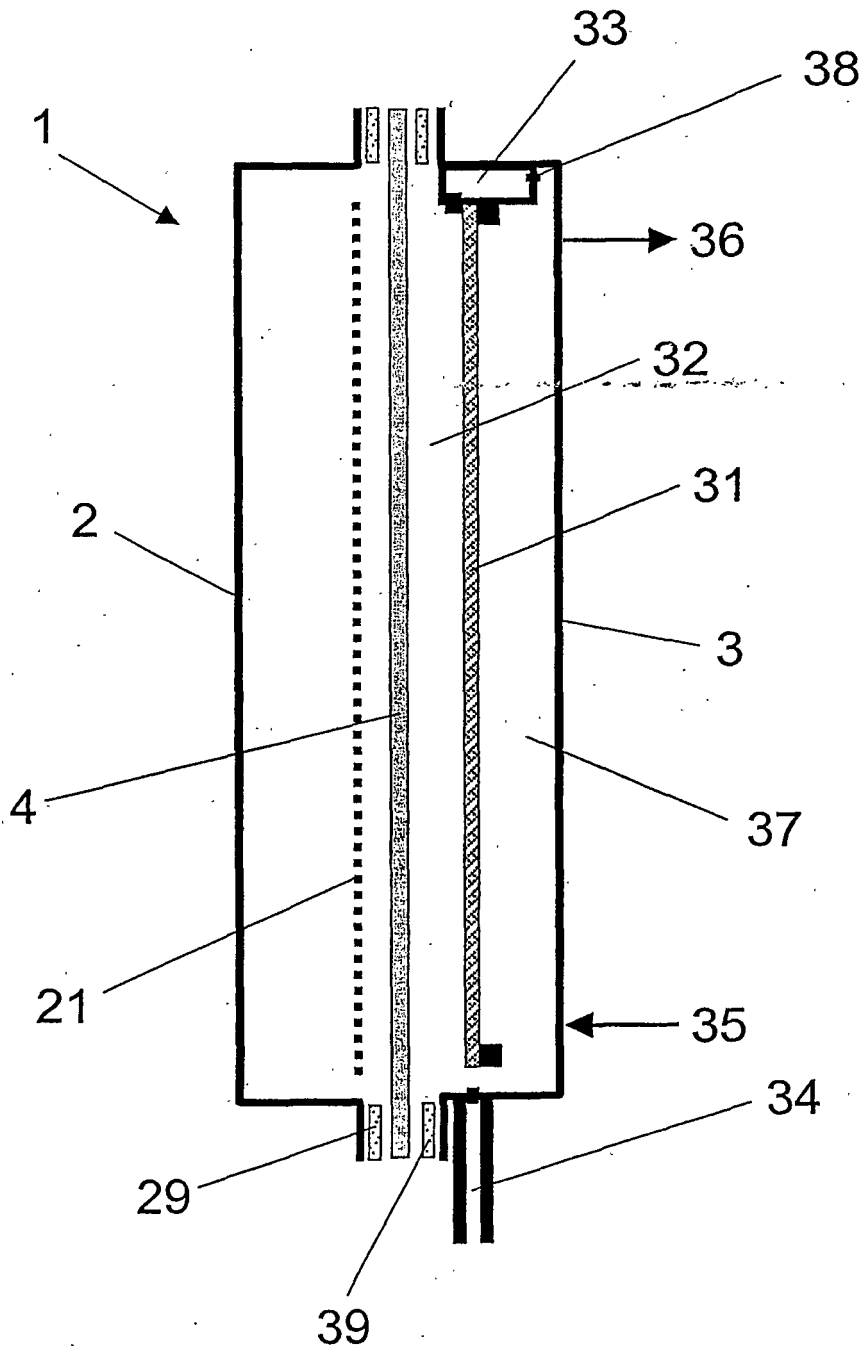


Fig. 1

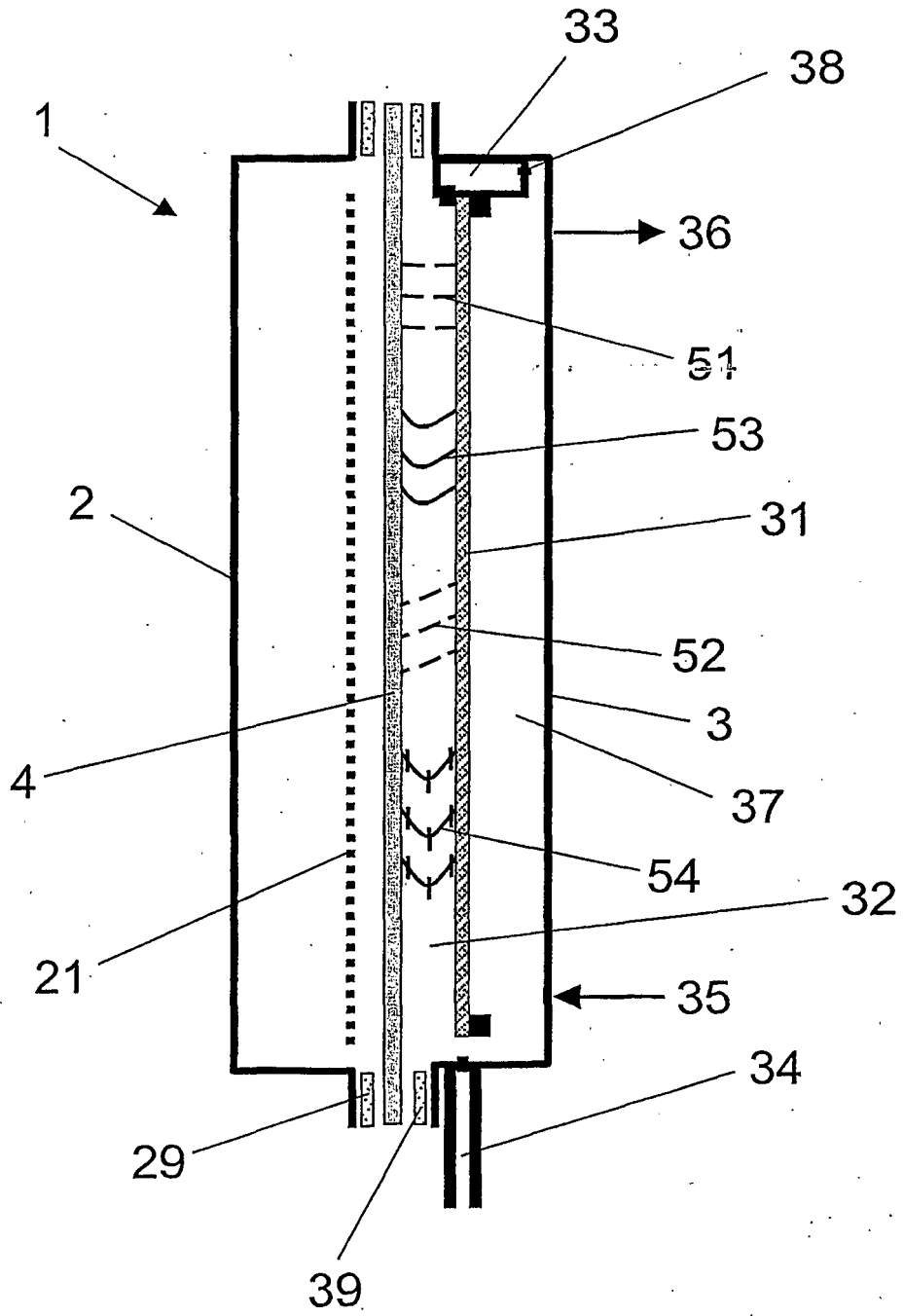


Fig. 2

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 0157290 A [0002]
- US 6117286 A [0003]
- EP 1033419 A [0004]