



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

⑯ Veröffentlichungsnummer: 0 097 991
B1

⑯

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

⑯ Veröffentlichungstag der Patentschrift:
14.10.87

⑯ Anmeldenummer: 83200883.3

⑯ Anmeldetag: 16.06.83

⑯ Int. Cl. 4: C 25 B 9/00, C 25 B 11/02

⑯ Membran-Elektrolysezelle mit vertikal angeordneten Elektroden.

⑯ Priorität: 25.06.82 DE 3223701

⑯ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
11.01.84 Patentblatt 84/2

⑯ Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
14.10.87 Patentblatt 87/42

⑯ Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE

⑯ Entgegenhaltungen:
DE-C-563 393
FR-A-2 080 780
FR-A-2 486 105
US-A-3 960 699
US-A-4 075 077

⑯ Patentinhaber: METALLGESELLSCHAFT AG,
Reuterweg 14 Postfach 3724, D-6000 Frankfurt/M.1
(DE)

⑯ Erfinder: Lohrberg, Karl, Breslauer Strasse 1,
D-6056 Heusenstamm (DE)
Erfinder: Kohl, Peter, Dr., Feldbergstrasse 3,
D-6451 Neuberg 3 (DE)
Erfinder: Haas, Günter, Mauerweg 6, D-6370
Oberursel 5 (DE)

⑯ Vertreter: Rieger, Harald, Dr., Reuterweg 14,
D-6000 Frankfurt am Main (DE)

EP 0 097 991 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Membranelektrolysezelle mit vertikal angeordneten Elektroden für elektrochemische Prozesse.

5 Bei der Durchführung elektrochemischer Prozesse kommt es auf eine gleichmäßige Verteilung des Stroms über die Elektrodenoberfläche an. Die gleichmäßige Verteilung wird durch die Streufähigkeit des Elektrolyten wie auch durch die Homogenität der Elektroden beeinflußt. Die Streufähigkeit ist um so besser, je größer die auf der Gegenelektrode von den Stromlinien beaufschlagte Fläche ist. Zwar kann mangelnde Streufähigkeit durch Vergrößerung des Elektrodenabstandes ausgeglichen werden, doch wird hierdurch der Spannungsabfall 10 der Zelle erhöht. Inhomogenitäten in der Elektrodenoberfläche bewirken Strom-Verwerfungen. Dem Abstand der Elektrodenplatten, d.h. dem Abstand zwischen Anode und Kathode kommt somit wesentliche Bedeutung zu.

15 Im Idealfall stehen sich die Flächen beider Elektroden parallel gegenüber. Planparallelität der Flächen ist die Voraussetzung für eine effizient arbeitende Zelle, da nur so eine gleichmäßige Stromverteilung gewährleistet und lokale Überhitzungen vermieden werden können. Um den Spannungsabfall möglichst gering zu halten und somit den Energieverbrauch zu reduzieren, soll der Abstand zwischen Anode und Kathode darüberhinaus möglichst gering gehalten werden. Alle diese Forderungen sind relativ einfach in kleinen Laborzellen zu verwirklichen, der Bau großer industrieller Einheiten bereitet aber Schwierigkeiten, sollen die theoretisch zu fordernden Idealvorstellungen realisiert werden. Es kommt hinzu, daß Zellen um so empfindlicher auf Abweichungen von der Planparallelität und auf Stromverwerfungen reagieren, je größer sie sind. Zur Vermeidung einer beschleunigten Zerstörung der Ionenaustauschermembran dieses Typs besteht im allgemeinen der Zwang zur Begrenzung der Höhe der Elektroden, zur Einstellung eines erheblichen Abstandes zwischen den Elektroden der Zelle und zur Begrenzung der elektrischen Stromdichte, was gleichzeitig für die energetische Ausbeute der Elektrolysezelle und ihre Produktivität von Nachteil ist.

20 25 Zur Verminderung dieser Nachteile von Elektrolysezellen mit Membranen und vertikal angeordneten Elektroden werden im allgemeinen Elektroden mit Öffnungen für die Abfuhr der Reaktionsgase verwendet, beispielsweise gelochte Elektroden, Drahtgewebe oder Streckmetall. Die Nachteile liegen unter anderem in der verminderten aktiven Oberfläche, der mangelnden mechanischen Stabilität und dem Verlust an hochwertigem Beschichtungsmaterial auf der Elektrodenrückseite.

30 35 Üblicherweise werden Membranzellen mit Ionenaustauschermembranen mit einer möglichst starren Rahmenkonstruktion versehen, in der die Elektroden starr, in der überwiegenden Zahl der Fälle durch Schweißverbindungen montiert sind. Um zu gewährleisten, daß einerseits die erforderlichen engen Toleranzen in der planparallelen Anordnung der Elektroden eingehalten, andererseits aber eine Vielzahl solcher Rahmen zu einem Elektrolyseur nach dem Filterpressenprinzip leckagefrei verbunden werden können, müssen auch die Kontaktflächen der Rahmen entsprechend aufwendig bearbeitet werden.

Aus DE-PS 563 393 ist eine elektrolytische Zelle bekannt, bei der zwischen segmentierten Elektroden und dem Diaphragma elastische oder federnde Elemente angebracht sind, welche das Diaphragma an selbständigen Schwingungen oder schädlichen Bewegungen hindern.

40 Die aus FR-OS 2 486 105 bekannte Membranelektrolysezelle weist in mehrere Einheiten vertikal geteilte Elektroden auf, und die Anodenanordnung besitzt flexible Federelemente, welche die Anoden verschiebbar machen.

Nach einem aus DE-AS 20 59 868 bekannten Vorschlag hat man auch schon bei vertikal anzuordnenden Elektroden in gasbildenden Diaphragmazellen eine aus einzelnen Platten bestehende Elektrodenplatte vorgesehen, wobei die einzelnen Platten Führungsflächen für die Ableitung des erzeugten Gases aufweisen. 45 Auf Grund der vorgesehenen Neigung der Führungsplatte bzw. -fläche ergeben sich zwangsläufig unterschiedliche Abstände der aktiven Oberfläche zur Gegenelektrode, wobei insbesondere durch lokale Temperaturerhöhungen in den empfindlichen Trennwänden schlechter Wärmeleitfähigkeit leicht Verwerfungen bewirkt werden. Des weiteren kann auch die gesamte aktive Oberfläche der Elektrode nicht in den energetisch wünschenswert engen Abstand zur Gegenelektrode gebracht werden.

50 Aufgabe der Erfindung ist es daher, die genannten und weitere Nachteile zu vermeiden und eine Elektrodenanordnung für eine Membran-Elektrolysezelle bereitzustellen, die unter technischen Betriebsbedingungen eine sichere Planparallelität der Elektrodenflächen und einen energetisch günstigen geringsten Elektrodenabstand gewährleistet und eine sichere und rasche Gasabfuhr bewirkt.

55 Die Erfindung löst diese Aufgabe mit einer Membran-Elektrolysezelle mit aus mehreren Einheiten zusammengesetzten vertikal angeordneten, mit Federelementen versehenen Elektroden. Bei einer Zelle der genannten Art besteht die Erfindung darin, daß

- a) die Elektrode der einen Polarität in mehrere getrennte Einheiten horizontal geteilt ist,
- b) die Elektrode der entgegengesetzten Polarität in mehrere getrennte Einheiten vertikal geteilt ist, und
- c) die jeweiligen Einheiten mindestens einer der beiden Elektroden durch Federelemente verschiebbar sind.

60 65 Mit der erfindungsgemäßen Anordnung werden die beiden geometrischen Bezugssysteme in der Zelle, nämlich Rahmen/Rahmen und Anode/Kathode voneinander unabhängig gestaltet. Beispielsweise wird die eine Elektrode, wie Kathode, in einzelne horizontal geteilte Plattenabschnitte starr mit dem Kathodenrahmen verbunden, während die Elektrode der entgegengesetzten Polarität, wie in mehrere Platten oder Streifeneinheiten vertikal geteilte Anode, flexibel bzw. verschiebbar ausgestaltet wird. Diese flexible Ausgestaltung wird über Federelemente herbeigeführt. Die Federelemente sind zweckmäßig an den

Stromzuführungen zu den Elektroden angebracht und bewirken über Anpreßdruck oder Verschweißung den elektrischen Kontakt mit den einzelnen Streifeneinheiten der Elektrode (Anode).

Gemäß der Erfindung kann bei der vorerwähnten Anordnung auch die Kathode flexibel eingerichtet werden bei starrer Fixierung der Anode. Es können aber auch beide, in Einzeleinheiten aufgeteilte Elektroden durch

5 Federelemente verschiebbar ausgerüstet werden. Auf diese Weise werden die zwangsläufig vorhandenen und nur mit hohem Arbeitsaufwand zu beseitigenden Unebenheiten der Kontaktflächen der Zellenrahmen nicht auf die Positionierung der Elektrode übertragen. Vielmehr werden mittels der beweglichen Verbindung des Stromverteilers mit der Aktivfläche der Elektrode die im Bereich des Zellenrahmens auftretenden Toleranzen überbrückt.

10 Die Federkraft der Federelemente wird so bemessen, daß sie die Anpassung der relativen räumlichen Lage von Anode und Kathode erlaubt. Hierbei können die Rahmen vorteilhaft aus handelsüblichem, gezogenen Material ohne wesentliche Nachbearbeitung gefertigt und die geforderten engen Toleranzen durch Abstandshalter erzielt werden.

Nach einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird die bewegliche bzw. verschiebbare Anordnung der

15 Elektrodenaktivflächen zur Ableitung entwickelten und angesammelten Gases, wie Chlorgas, verwendet und dementsprechend ausgestaltet. In diesem Fall bilden die als flexible Stromzuführungen gestalteten Federelemente eine zum Zellenboden gerichtete konkave Wölbung oder einen nach dort geöffneten Winkel. Beispielsweise kann das Federelement eine an der Stromzuführung angeschweißte Blattfeder sein. Das unter

20 den einzelnen flexiblen Federelementen bzw. Stromzuführern gesammelte Chlorgas wird an einer Stelle durch im Elektrolysenraum seitlich angeordnete Gasabführorgane nach oben abgeleitet. Auf diese Weise findet eine partielle Entgasung des Elektrodenraumes bzw. Anodenraumes statt. Diese partielle Entgasung bewirkt wiederum Konvektionströmungen im Elektrolyten und einen verbesserten Elektrolyte austausch im Aktivbereich der Elektroden, der zu erheblichen Verbesserungen der Energieausbeute führt.

Nach der Erfindung sind zwischen den einzelnen Einheiten der Elektrode, an welcher die Membran nicht anliegt, horizontale Trennstellen geschaffen, in denen Abstandhalter angeordnet sind. Aufgrund der unterschiedlichen Dichten von Katholyt und Anolyt liegt die Membran bei gleichen hydrostatischen Höhen an einer Elektrode an, d. h., es wirkt eine seitliche Kraft auf die Elektrode ein.

Dieser Seitenkraft wirkt nun die Federkraft der flexiblen Stromzuführ entgegen. Federstärken und hydrostatische Höhendifferenz zwischen Anolyt- und Katholyt-Kreislauf werden daher so aufeinander abgestimmt, daß z. B. mehrere horizontal an der Kathode montierte Abstandhalter ohne großen Kraftaufwand, d.h., mit möglichst geringer Quetschung der Membran, die relative Lage der beiden Aktivflächen zueinander justieren. Die Abstandhalter haben vorzugsweise eine Stärke von 1 bis 5 mm.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist bei gasentwickelnden Prozessen der Abstandhalter als Leitorgan zur Ableitung des entwickelten Gases aus dem Elektrodenraum ausgebildet. Der Abstandhalter fungiert bei horizontaler Anordnung als Gastrenneinheit. Er besteht dann beispielsweise aus streifenförmigen Platten mit ausgezackten Rändern oder Streifen mit schlitz- oder kreisförmigen Öffnungen oder aus gitter- oder netzförmigen Streifen. Derartige Abstandhalter bewirken einen völligen Gasabzug aus dem Elektrodenspalt nach jeder Teilung der mehrfach horizontal geteilten Elektrode (Kathode).

In den Figuren 1 bis 4 der Zeichnung ist die Erfindung näher und beispielhaft veranschaulicht.

40 Es zeigt Fig. 1 in Frontansicht einen Elektrodenrahmen F mit horizontal geteilter Kathodenplatte 2. Fig. 1b ist eine ähnliche Ansicht eines Elektrodenrahmens mit vertikal und horizontal geteilter Anode 3.

Fig. 1a ist ein Schnitt gemäß der Linie I - I in Fig. 1 und zeigt die horizontal gestaltete Kathodenplatte 2 mit Abstandhalter 1.

45 Fig. 2 ist eine vergrößerte Darstellung des Ausschnitts "A" in Fig. 1a. In Fig. 2 veranschaulicht der Abstandhalter 2 ein Gasabführungsorgan. Die horizontal geteilte Elektrode 2 (Kathode) und die vertikal geteilte Gegenelektrode 3 (Anode) sind ebenfalls dargestellt. Die Pfeile 5 und 6 bezeichnen den Elektrolyteintritt bzw. Austritt des Gas-Elektrolyt-Gemisches aus der Zelle.

50 Fig. 3 zeigt in der Draufsicht eine verschiebbare Elektrodenkombination aus horizontal geteilter Kathode 2 und vertikal geteilter Anode 3 sowie Federelemente 7, die mit der Stromzuführung 8 verbunden sind.

In Fig. 4 ist in der Draufsicht von oben eine verschiebbare Anode 3 dargestellt. Diese Figur ist eine vergrößerte Darstellung des Ausschnitts "B" in Fig. 1c und zeigt Federelemente 7, die mit der Stromzuführung 8 und der Anode 3 verbunden sind. In Arbeitsposition ist die Anode gegen die Membran 4 gepreßt.

55 Die erfindungsgemäße Elektrolysezelle weist u.a. folgende Vorteile auf. Aufgrund der durch mehrfache Teilungen bewirkten beweglichen Elektrodenkombination mit Federelementen kann der kleinste kritische Elektrodenabstand jederzeit während des Betriebs der Elektrolysezelle eingehalten werden. Diese Kombination erübrigt einen erheblichen technischen Fertigungsaufwand sowohl für die Elektroden als auch für die Elektrodenrahmen hinsichtlich der Einhaltung enger Fertigungstoleranzen. Des weiteren wird eine Begrenzung der Höhenbauweise der Elektrolysenzelle praktisch aufgehoben, da entwickeltes Gas in jeder Teilung aus dem Elektrodenspalt abgeführt wird, d. h. die Gasakkumulation wird vermieden.

60 Die Erfindung wird anhand der nachstehenden Beispiele und Berechnungen näher und beispielhaft erläutert.

Beispiel 1

A) Laboratoriumszelle zur Erzeugung von Natriumchlorat.

5	Größe: $50 \times 50 \text{ mm} =$	0,0025 m^2
	Elektrodenabstand:	5 mm
	Stromdichte:	3 kA/m^2
	Spannungsabfall im Elektrolyten:	250 mV

- 10 Annahme:
1 cm^2 einer der Elektroden sei um 1 mm erhaben. Dann ergibt sich an der erhabenen Stelle eine Stromdichte, die in erster Näherung über die Leistungsaufnahme zu ermitteln ist.
Bei planparallelen Elektroden gleichmäßigen Abstandes ist die Leistungsaufnahme

$$15 \text{ VA } 3 \frac{\text{kA}}{\text{m}^2} \times 0,0025 \text{ m}^2 \times 0,25 \text{ V} \times 1000 = 1,875$$

Bei gleicher Stromdichte wäre die Leistungsaufnahme auf der um 1 mm erhabenen Fläche von 1 cm^2

$$VA 3 \frac{\text{kA}}{\text{m}^2} \times 0,0001 \times 0,25 \times \frac{1}{5} \times 1000 = 0,060$$

- 20 Die Leistungsaufnahme auf der nicht erhabenen Fläche ist dann

$$1,875 \times \frac{25-1}{25} = 1,800$$

- 25 Die Gesamtleistungsaufnahme also 1,860,
d.h. die Spannung reduziert sich auf

$$250 \times \frac{1,86}{1,875} = 248 \text{ mV},$$

- 30 die Stromdichte auf der nicht erhabenen Fläche auf
 $> r \frac{3 \times 0,0025 - 3,75 \times 0,0001}{0,0025 - 0,0001} = 2,97 \text{ kA/m}^2$
 > r die Stromdichte auf der erhabenen Fläche
 $> r 3 \frac{\text{kA}}{\text{m}^2} \times \frac{5}{4} \text{ mm} \times \frac{248}{250} \text{ mV} = 3,72 \frac{\text{kA}}{\text{m}^2}$
 > r B) Membranzelle zur Erzeugung von Cl_2 , NaOH , H_2

35	Größe:	50 x 50 mm =	0,0025 m^2
	Elektrodenabstand:	5,0 mm	
	Stromdichte:	3,0 kA/m^2	
	Spannungsabfall im Elektrolyten:	250 mV	

40 Spannungsabfall in der Membran: 400 mV

Annahme:

1 cm^2 einer der Elektroden sei um 1 mm erhaben.

Die gleiche Rechnung wie unter Beisp. 1, A ergibt dann folgende Werte:

- 45 Gesamtspannungsabfall: 648 mV
 Stromdichte auf der erhabenen Fläche: 3,24 kA/m^2
 Stromdichte auf der nicht erhabenen Fläche: 2,99 kA/m^2
 > r Die Membran als zusätzlicher Widerstand hat also eine stabilisierende Wirkung, die Wärmeentwicklung

50 in der Membran steigt jedoch nicht unerheblich an:

Wärmeentwicklung bei 3 kA/m^2 in der Membran:

$$3 \times 0,4 \times 860 = 1032 \text{ kcal/m}^2 \times \text{h}$$

Wärmeentwicklung bei 3,24 kA/m^2 :

$$3,24 \times 0,4 \times \frac{3,24}{3,0} \times 860 = 1204 \text{ kcal/m}^2 \times \text{h}$$

- 55 Bei gleicher Wärmeabfuhr steigt also die Temperaturdifferenz zwischen Membran und Elektrolyt um ca. 20 %.

Es ist einleuchtend, daß eine Unebenheit von 1 mm bei kleinen Laborzellen schwierig darzustellen ist.

- Im Gegensatz dazu sind Unebenheiten von 1 mm bei Zellen industrieller Größe ohne besondere Maßnahmen nicht zu vermeiden. Wirtschaftliche Zwänge erlauben es nicht, bei Zellen industrieller Größe mit Abständen von 5 mm zu arbeiten. Angestrebte werden Abstände, die geringsten Spannungsabfall gewähren. Dieser liegt in Abhängigkeit von der Elektrodenform bei 1 bis 3 mm. Die gesamte Anoden- oder Kathodenfläche kann Größenordnungen von 50 m^2 erreichen, wobei Höhen von 1,2 m normalerweise nicht überschritten werden. Ursache für die Beschränkung der Höhe ist ein unvermeidbares Ansteigen der Gaskonzentration in Elektrolyten im oberen Teil von Elektrolysezellen.

- 65 An den folgenden Beispielen soll die Auswirkung von geringerem Abstand und höheren Gaskonzentrationen

erläutert werden.

5 Beispiel 2

Großtechnische Zellen

A) Membranzelle zur Erzeugung von Cl_2 , NaOH , H_2 , monopolar

10	Größe:	$16 \times 1000 \times 1200 \text{ mm} =$	19,2 m^2
	Elektrodenabstand:	3 mm	
	Stromdichte:	3 kA/m^2	
	Spannungsabfall Elektrolyt:	150 mV	
	Spannungsabfall Membran:	400 mV	

15

Annahme:

10 cm^2 beider Elektroden sind um 0,75 mm erhaben und stehen sich gegenüber.
Die gleiche Rechnung (wie in Beispiel 1, A) ergibt dann folgende Werte:

20	Gesamtspannungsabfall	550 mV
	Stromdichte an den erhabenen Flächen:	3,47 kA/m^2

Aufgrund der Relation erhabene Fläche zum Rest der Fläche ergibt sich praktisch keine Änderung im Gesamtspannungsabfall und keine messbare Verringerung der Stromdichte auf den nicht erhabenen Flächen.

25 Die Wärmeentwicklung in der Membran (s. Beispiel 1, B) steigt jedoch auf 1380 $\text{kcal/m}^2 \times \text{h}$ entsprechend 133 % vom Normalwert.

B) Salzsäureelektrolyse mit Diaphragma zur Erzeugung von Cl_2 und H_2 aus Abfallsäure, bipolar.

30	Elektrodenhöhe	1,0 m
	Breite	2,5 m
	O/Stromdichte	4 kA/m^2
	Elektrodenform:	einteilige, vertikal, geschlitzt Graphitplatten mit 30 % Gasabzugsraum, bezogen auf die Oberfläche
35	gemessene Stromdichte:	oberes Drittel 3,50 kA/m^2 unteres Drittel 4,60 kA/m^2

Beispiel 2 zeigt die Begrenzungen beim Bau großtechnischer Elektrolysezellen, bedingt durch Stromverwerfungen. $\pm 0,75 \text{ mm}$ sind Toleranzen, die mit vertretbarem Aufwand gerade noch eingehalten werden können. Bei einer 1 m breiten oder hohen Zelle bedeutet diese Toleranz eine Genauigkeit von 0,075 % bezogen auf das Endmaß. Ferner sind 30 bis 50 % freie Fläche für den Gasabzug das Maximum des Tolerierbaren, weil sonst die effektive Stromdichte zu sehr ansteigt.

45 Patentansprüche

1. Membran-Elektrolysezelle mit aus mehreren Einheiten zusammengesetzten, vertikal angeordneten, mit Federelementen versehenen Elektroden, dadurch gekennzeichnet, daß
 - a) die Elektrode der einen Polarität in mehrere getrennte Einheiten horizontal geteilt ist,
 - b) die Elektrode der entgegengesetzten Polarität in mehrere getrennte Einheiten vertikal geteilt ist und
 - c) die jeweiligen Einheiten mindestens einer der beiden Elektroden durch Federelemente verschiebbar sind.
2. Membran-Elektrolysezelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Einheiten der Elektrode, an welcher die Membran nicht anliegt, horizontale Trennstellen belassen werden, in denen Abstandhalter angeordnet sind.
3. Membran-Elektrolysezelle nach Anspruch 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstandhalter in den horizontalen Trennstellen als streifenförmige Platte zur Ableitung sich an der Elektrodeneinheit entwickelnder Gase ausgebildet sind.
4. Membran-Elektrolysezelle nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei in vertikale Einheiten aufgeteilten Elektroden die Federelemente mit zum Zellenboden gerichteter konkaver Wölbung oder nach dort geöffnetem Winkel als Gasabzugseinrichtung ausgebildet sind.

Claims

1. A membrane-type electrolytic cell comprising vertically extending electrodes, which are composed of a plurality of units and provided with spring elements, characterized in that
 - 5 a) the electrode of one polarity is horizontally divided into a plurality of separate units,
 - b) the electrode of the opposite polarity is vertically divided into a plurality of separate units, and
 - c) the units of at least one of the two electrodes are displaceable by spring elements.
2. A membrane-type electrolytic cell according to claim 1, characterized in that horizontal gaps, which contain spacers, are left between the units of that electrode which is not contacted by the membrane.
- 10 3. A membrane-type electrolytic cell according to claim 1 or 2, characterized in that the spacers in the horizontal gaps consist of a strip-shaped plate for diverting gases which evolve at the electrode unit.
4. A membrane-type electrolytic cell according to claims 1 to 3, characterized in that the electrodes are divided into vertical units and the spring elements are concavely curved toward the bottom of the cell or form an angle which is open in that direction to constitute gas-with-drawing means.

15

Revendications

- 20 1. Cellule d'électrolyse à membrane et à électrodes composées de plusieurs unités, disposées verticalement, et munies d'éléments élastiques, caractérisée en ce que
 - a) l'électrode ayant l'une des polarités est subdivisée horizontalement en plusieurs unités distinctes,
 - b) l'électrode de polarité opposée est subdivisée verticalement en plusieurs unités distinctes,
 - et
 - c) les unités d'au moins l'une des deux électrodes peuvent être déplacées par des éléments élastiques.
- 25 2. Cellule d'électrolyse à membrane suivant la revendication 1, caractérisée en ce que, entre les unités des électrodes sur lesquelles la membrane n'est pas appliquée, sont laissées des emplacements horizontaux de séparation dans lesquels sont disposées des entretoises.
- 30 3. Cellule d'électrolyse à membrane suivant la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que les entretoises dans les emplacements horizontaux de séparation sont constituées de plaques en forme de bandes destinées à l'évacuation des gaz se dégageant sur l'unité d'électrode.
4. Cellule d'électrolyse à membrane suivant les revendications 1 à 3, caractérisée en ce que, dans l'électrode subdivisée en unités verticales les éléments élastiques sont constitués en dispositifs d'évacuation des gaz, en ayant une courbure concave tournée vers le fond de la cellule, ou en faisant un angle s'ouvrant vers ce fond.

35

40

45

50

55

60

65

Fig. 1

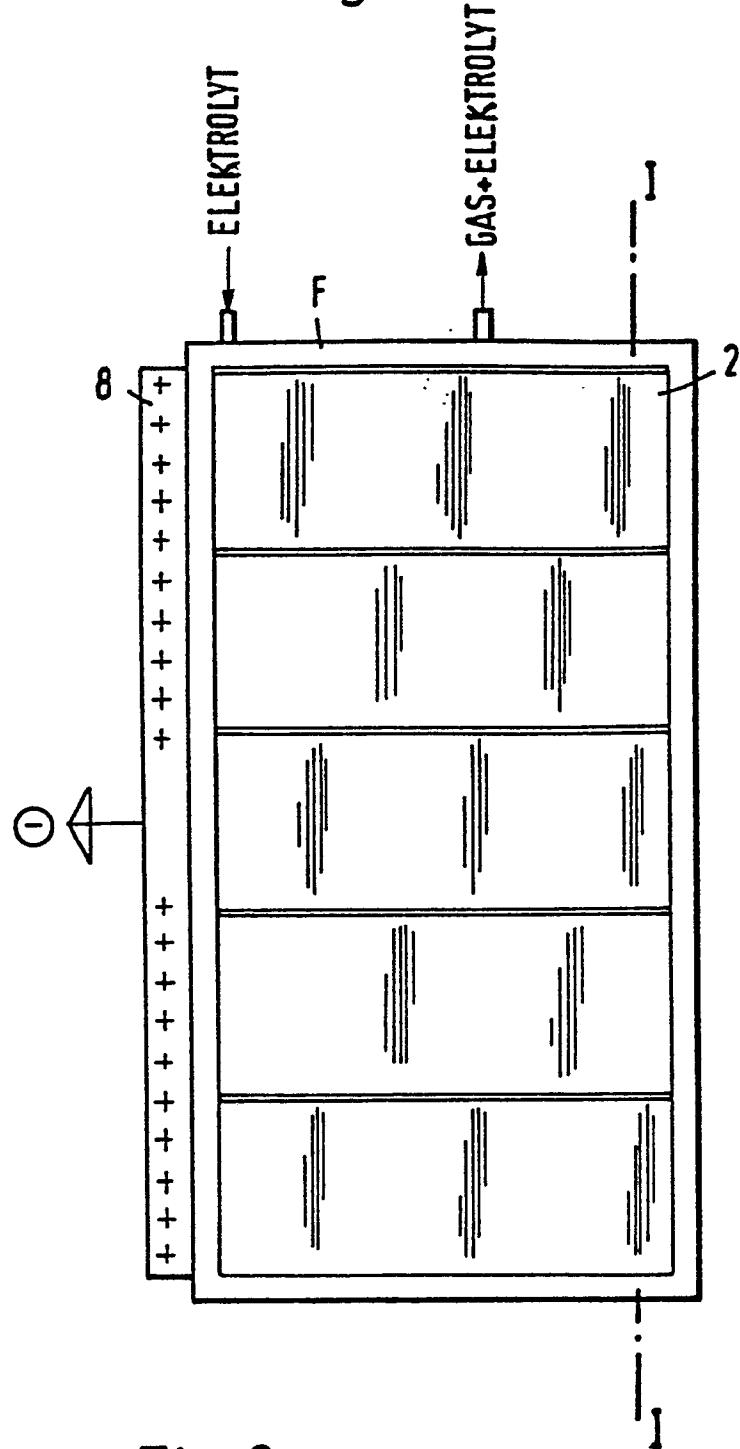


Fig. 2

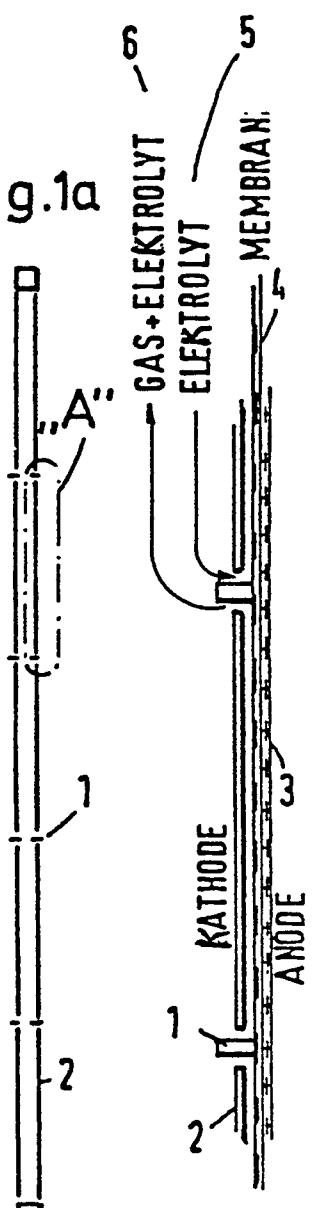


Fig. 1a

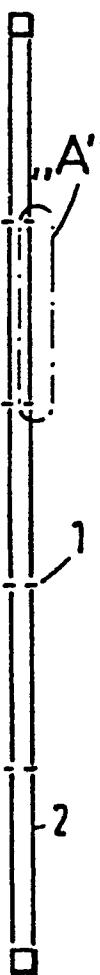


Fig. 3

