

PATENTSCHRIFT 144 427

Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(11) 144 427 (44) 15.10.80 Int. Cl.³ 3(51) C 25 B 9/00
(21) WP B 01 K / 213 628 (22) 15.06.79

(71) siehe (72)

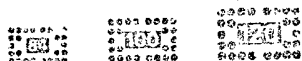
(72) Matschiner, Hermann, Prof. Dr. Dipl.-Chem.; Schleif, Martin, Dr. Dipl.-Math.; Thiele, Wolfgang, Dr. Dipl.-Chem.; Hesse, Ulrich, Dipl.-Chem.; Trautner, Kurt, Dipl.-Chem.; Schilling, Hans, Dr. Dipl.-Chem.; Biering, Holger, Dr. Dipl.-Chem., DD

(73) siehe (72)

(74) Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Büro für Neuererbewegung und Schutzrechte, 4020 Halle, Domplatz 4

(54) Vorrichtung zur Durchführung unter Gasentwicklung ablaufender elektro-chemischer Prozesse

(57) Die Erfindung hat eine Vorrichtung zur Durchführung elektro-chemischer Prozesse zum Inhalt, die eine Minimierung des unerwünschten Einflusses der Gasentwicklung auf den Zellenwiderstand und eine Anpassung des Strömungsverhaltens an die Erfordernisse des jeweiligen Elektrodenprozesses unter Ausnutzung der fördernden Wirkung der gebildeten Gase ermöglicht. Das wird dadurch erreicht, daß der Elektrodenraum in einzelne, durch Verbindungsleitungen hydrodynamisch miteinander gekoppelte Umlaufsysteme von mindestens 1 m Höhe aufgegliedert ist, welche aus senkrechten Elektrodenkanälen sowie hinter oder in der Elektrode angeordneten Rückströmkanälen gebildet werden, die über unten und/oder oben angeordnete Überströmöffnungen unter Zwischenschaltung von Gasabtrennzonen miteinander verbunden sind. Die unterschiedliche hydrodynamische Kopplung ermöglicht es, die bekannten strömungstechnischen Reaktortypen weitgehend anzunähern und in Verbindung mit konstruktiven Varianten für die Gestaltung der Elektroden- und Rückströmkanäle verschiedene anodische und katodische Prozesse durchzuführen.



Vorrichtung zur Durchführung unter Gasentwicklung ablaufender elektrochemischer Prozesse

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine neue Vorrichtung zur Durchführung anodischer und/oder katodischer Prozesse, die unter Gasentwicklung ablaufen, wie z.B. viele organische Elektrosynthesen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Die Effektivität eines Elektrolyseprozesses wird in hohem Maße durch die aufzubringende Zellspannung bestimmt. Man ist deshalb bestrebt, den Elektrodenabstand so gering wie möglich zu halten. Diesen Anforderungen werden insbesondere die Kapillarspaltzellen gerecht mit einem minimalen Elektrodenabstand von ca 0,1 mm (F.Beck u. H.Guthke, Chemie-Ing.-Techn. 41, 943 (1969)). Besondere Probleme ergaben sich, wenn sich beim Elektrolyseprozeß gleichzeitig Gase an den Elektroden entwickeln (R. Dworak u. H.Wendt, Chemie-Ing.-Techn. MS 474). Sie stören den laminaren Elektrolytfluß in der Elektrolysezelle und erhöhen insbesondere die elektrische Leitfähigkeit des Elektrolyten, was zu einer Erhöhung der Zellspannung im Vergleich zum gasfreien Elektrolyten führt.

Weiterhin blockieren die Gasblasen vor ihrer Ablösung einen Teil der Elektrodenoberfläche. Dadurch steigt die Stromdichte an der effektiv zur Verfügung stehenden Elektrodenfläche, was zu einer Vergrößerung der Überspannungen führt. Schließlich ist bei der Wahl der geometrischen Abmessungen den Erfordernissen des Abtransportes der entwickelten Gase Rechnung

zu tragen. Bei vertikalen Elektrolyseuren muß deshalb die Dicke des Elektrodenraumes um so größer gewählt werden, je größer die sich entwickelnde Gasmenge ist. Damit ergibt sich nicht nur eine weitere Erhöhung der Zellspannung mit einem Anstieg der pro Ladungsmenge entwickelten Gasmenge, der Stromdichte und der Elektrodenhöhe, sondern auch eine Begrenzung der Zellenhöhe und damit der pro Grundflächeneinheit erreichbaren Stromkapazität des Elektrolyseurs (K. Hertwig, Ch. Tenner und R. Thiele, Chem.-Techn. 29 (1977) 513).

Zur Beseitigung bzw. Minimierung dieser negativen Auswirkungen der Gasentwicklung ist man z.B. darum bemüht, den vom Strom durchflossenen Querschnitt des Elektrodenraumes von dem Querschnitt, durch den der Abtransport des Gases erfolgt, zu trennen. Dazu bedient man sich sogenannter "Vorgehängter Elektroden", die perforiert sind und auf deren Rückseite der Abtransport der entstehenden Gase erfolgt (F. Beck, Elektroorganische Chemie, Akademieverlag Berlin 1974). Damit erreicht man zwar niedrige Abstände Anode - Katode bzw. Elektrode - Diaphragma und eine Verringerung des Gasphasenanteiles im eigentlichen Elektrolyseraum, nicht aber bessere Ablösung der Gasblasen von der Elektrodenoberfläche. Infolge der unkontrollierten Rückvermischung ergeben sich außerdem niedrigere Strömungsgeschwindigkeiten längs der Elektrodenoberfläche und damit ungünstige Bedingungen für den Stromtransport.

Eine weitere Möglichkeit besteht in einem Zwangsumlauf des Elektrolyten durch die Zelle mit nachfolgend angeordneter Entgasungszone. Dadurch kann die Gasbeladung des Elektrolyten im stationären Zustand beliebig gesenkt werden bei gleichzeitiger Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeiten längs der Elektrodenfläche. Es ergeben sich sowohl gute Bedingungen für die Ablösung der Gasblasen von der Elektrodenoberfläche als auch für den Stofftransport. Ein solcher Zwangsumlauf erfordert aber nicht nur höhere apparative Aufwendungen und einen Mehrbedarf an Energie (N. Ibl, E. Adam, Chemie-Ing. Techn. 37 (1965) 573), sondern auch das einem stationären Rührkessel angenäherte Verweilzeitverhalten verursacht bei

einer Reihe von elektrochemischen Prozessen niedrigere Ausbeuten.

Den Nachteil der zusätzlichen Aufwendungen für den Zwangsumlauf kann man vermeiden, wenn der Auftrieb der sich entwickelnden Gase im Sinne des Mammutpumpenprinzips zur Kreislaufführung ausgenutzt wird. Dabei hat es sich als besonders vorteilhaft erwiesen, wenn die Elektrolyseräume in parallel durchströmte Kanäle aufgeteilt werden, die oben und unten durch Querkanäle mit einem Rückströmkanal verbunden sind und an dessen oberen Ende eine Entgasungszone angeordnet ist (z.B. DD 99548). Dieser Rückströmkanal kann sowohl innerhalb als auch außerhalb der Zelle angeordnet sein. In beiden Fällen ergeben sich bei technischen Elektrolyseuren relativ lange Verbindungskanäle und große dort umlaufende Flüssigkeitsmengen. Die dann vorliegenden, zum Teil unübersichtlichen hydrodynamischen Bedingungen führen zu zusätzlichen Druckverlusten und damit zu einer Verringerung des für die Kreislaufführung nutzbaren Anteiles am Auftrieb des Gas-Flüssigkeitsgemisches. Ist der Rückströmkanal innerhalb der Zelle parallel zu den Strömungskanälen angeordnet, dann wird dafür ein Teil der als Elektrodenfläche nutzbaren Gesamtfläche benötigt, was sich mindernd auf die erreichbare Raum- Zeit- Ausbeute auswirkt.

Es wurde auch bereits vorgeschlagen, den Rückströmkanal zur Zirkulation innerhalb oder hinter der Elektroden anzuordnen, wobei aber durch Rückvermischung innerhalb des Elektrodenraumes nicht die maximale mögliche Umlaufmenge zwischen Rückströmkanal und Elektrodenraum gefördert wird. In der DD 115 582 werden gerippte, aber vor dem Diaphragma durchgehende, spaltförmige ElektrolytKanäle von 1,5 bis 2mm Breite bildende Elektroden verwendet, die mit einem dahinter angeordneten, die gesamte Elektrodenbreite einnehmenden Rückströmkanal verbunden sein können. Wie die angegebene geringe Spannungsdifferenz bei Beispielen mit und ohne Rückströmkanal (2,68 zu 2,76 V) zeigt, ist in diesem Fall der Elektrolytkreislauf über den Rückströmkanal nahezu wirkungslos.

Außerdem kann die Kreislaufführung durch die fördernde Wirkung der gebildeten Gase nur bei solchen Prozessen verwendet werden, bei denen die vorliegende vollständige Rückvermischung nicht zu Ausbeuteminderungen führt.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist eine neue Vorrichtung zur Durchführung unter Gasentwicklung ablaufender katodischer und/oder anodischer Prozesse, wobei Elektrolyseure mit niedrigem inneren Widerstand, günstigen Stoffübergangsbedingungen und möglichst kompakter Bauweise zur Verfügung gestellt werden, in denen der unerwünschte Einfluß der Gasblasen minimiert und das Strömungsverhalten des Elektrolyten den Erfordernissen des durchzuführenden Elektrodenprozesses gut angepaßt ist, sowie ein niedriger spezifischer Elektroenergieverbrauch und hohe Raum-Zeit-Ausbeuten erzielt werden.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, durch konstruktive Maßnahmen Umlaufsysteme mit einer hohen Umlaufgeschwindigkeit des Elektrolyten auszubilden, die in unterschiedlicher Weise entsprechend den Erfordernissen des Elektrolyseprozesses hydrodynamisch gekoppelt werden. Es wird eine Vorrichtung zur Durchführung unter Gasentwicklung ablaufender katodischer und/oder anodischer Prozesse der Elektroden vorgeschlagen, in der an einer oder auch an beiden Elektroden der Elektrodenraum in einzelne, durch Verbindungsleitungen hydrodynamisch miteinander gekoppelte Umlaufsysteme von mindestens 1 m Höhe aufgegliedert ist, welche aus senkrechten Elektrodenkanälen von 2 bis 20 mm Breite und 0,5 bis 5 mm Dicke sowie hinter oder in der Elektrode angeordneten, 1 bis 10 mm dicken Rückströmkanälen gebildet werden, die über unten und oben angeordnete Überströmöffnungen unter Zwischenschaltung von Gasabtrennzonen verbunden sind.

Die geometrische Form der Elektrodenkanäle kann rechteckig sein oder auch beliebige andere Querschnittsformen aufweisen. Vorzugsweise werden solche Profilierungen angewandt, die eine große wirksame Elektrodenfläche bei möglichst gleichmäßiger

Stromdichteverteilung ergeben. Das ist z.B. bei trapez- oder halbkreisförmigen Querschnitten der Elektrodenkanäle und möglichst schmalen Zwischenstegen der Fall. Der Querschnitt der Rückströmkanäle muß mindestens den doppelten Querschnitt der Elektrodenkanäle aufweisen. Bei Spaltbreiten zwischen 0,5 und 5 mm durchläuft der Spannungsabfall je nach der Gasentwicklungsgeschwindigkeit, den Stoffeigenschaften des Elektrolyten und der Elektrodenhöhe ein ausgeprägtes Minimum.

Die stationäre Zweiphasen-Spaltströmung und die hohen Umlaufgeschwindigkeiten, bei denen der stationäre Gasphasenanteil im Elektrolyten niedrig und der Stofftransport zur und von der Elektrode begünstigt ist, werden erst bei Elektrodenhöhen von mindestens 1 m voll ausgebildet. Besonders vorteilhafte Strömungsbedingungen ergeben sich bei Höhen der Kanäle um oder über 2 m. Dadurch ist es zugleich möglich, große Stromkapazitäten pro Grundflächeneinheit unterzubringen.

Unter diesen erfindungsgemäßen Bedingungen gelingt es, bei minimalem Abstand Elektrode - Diaphragma in geteilten Zellen, bzw. Anode - Katode in ungeteilten Zellen, hohe Umlaufgeschwindigkeiten zu erreichen, wodurch der stationäre Gasphasenanteil im Elektrolyten niedrig gehalten und der Stofftransport zur und von der Elektrode begünstigt ist.

Den schematischen Aufbau eines solchen Umlaufsystems in einer Halbzelle zeigen Figuren 1 und 2. Fig. 1 zeigt einen Längsschnitt durch ein einzelnes Umlaufsystem, Fig. 2 einen Querschnitt in Höhe der Mittellinie. Darin stellt 1 den Elektrodenträger dar, in den die Rückströmkanäle 2 und die Entgasungszone 3 eingearbeitet sind. Die abgeschiedenen Gase verlassen die Zelle durch den Stutzen 4. Auf dem Elektrodenträger befindet sich die Elektrode 5 mit den oben und unten angeordneten Überströmöffnungen 6 zu den Rückströmkanälen. Die Elektrolyse-Elektrodenkanäle 7 werden seitlich durch den Dichtrahmen 8 bzw. die Abstandsstreifen 10 begrenzt, auf denen das Diaphragma 9 aufliegt. Aus Fig. 2 ist die Lage der einzelnen Strömungskanäle zueinander ersichtlich, die durch die

Abstandsstreifen 10 bzw. durch Rippen auf dem Elektrodenträger voneinander abgetrennt sind. Zur Zuführung des Elektrolyten dient der Stutzen 11. Die Abführung erfolgt am oberen Ende des Elektrolyseurs an der dem Eintrittsstutzen gegenüberliegenden Seite (im Bild nicht dargestellt).

Die erfindungsgemäße Anordnung von parallel angeordneten Elektrolyse- und Rückströmkanälen läßt sich bevorzugt in Vorrichtungen gemäß Fig. 4 und 5 verwirklichen, die nach dem Filterpressenprinzip unter Verwendung plattenförmiger Elektroden aufgebaut sind. Damit lassen sich gleichzeitig mehrere Einzelelemente zu einer kompakten Elektrolysezelle vereinigen. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist aber keineswegs allein auf Filterpressenzellen beschränkt. Für die konstruktive Gestaltung der Elektrolyse- und Rückströmkanäle einer Halbzelle ergeben sich folgende Möglichkeiten, die in Fig. 3 (a-1) schematisch dargestellt sind:

Darin bedeuten:

- 1 Elektrodenträger
- 2 Abstandsstreifen für Rückströmkanäle
- 3 Elektrode
- 4 Abstandsstreifen für Elektrolysekanäle
- 5 Diaphragma

Konstruktive Varianten für die Rückströmkanäle:

- Rückströmkanäle in den Elektrodenkörper integriert (Fig. 3, a-c)
- Rückströmkanäle in den Elektrodenträger aus elektrisch leitendem oder aus isolierendem Material eingearbeitet. (Fig. 3 , d-f)
- Rückströmkanäle in den Elektrodenträger aus leitendem oder isoliertem Material integriert (Fig. 3, g-i)
- Rückströmkanäle, gebildet durch Abstandsstreifen aus nichtleitendem, flexiblem Material zwischen Elektrodenträger und Elektrode (Fig. 3, j-1)

Konstruktive Varianten für die Elektrodenkanäle:

- Elektrodenkanäle, gebildet durch Abstandsstreifen aus flexiblem, nichtleitendem Material zwischen Elektrode und Diaphragma (Fig. 3, a, d, g, j)

- Elektrodenkanäle, in die Elektrode eingearbeitet (Fig. 3, b, e, h, k)
- Elektrodenkanäle, gebildet durch gerippte Diaphragmen (Fig. 3, c, f, i, l)

Die Elektroden können sowohl aus kompakten Materialien bestehen als auch in Form von Verbundelektroden, z.B. aus einem Ventilmaterial mit ganz oder teilweise aktivierter Oberfläche, eingesetzt werden.

Als Diaphragmen können sowohl mikroporöse flexible Materialien, beispielsweise PVC oder Ionenaustauschermembranen, z.B. aus sulfoniertem Polytetrafluoräthylen, verwendet werden.

Nach einem weiteren Merkmal vorliegender Erfindung wird die hydrodynamische Kopplung der einzelnen Umlaufsysteme und damit das Strömungsverhalten durch eine entsprechende Anordnung der Verbindungskanäle nach einer der folgenden Varianten dem Elektrodenprozeß angepaßt:

- Der Elektrolyt wird durch oben und unten angeordnete gemeinsame Verbindungsleitungen zu- und abgeführt, so daß alle Umlaufsysteme parallel durchströmt werden.
- Der Elektrolyt durchströmt alle Umlaufsysteme nacheinander über abwechselnd oben und unten zwischen je zwei benachbarten Umlaufsystemen angeordnete Verbindungskanäle.
- Der Elektrolyt durchströmt alle Elektrodenkanäle nacheinander, indem der Rückströmkanal des vorhergehenden mit dem Elektrodenkanal jedes nachfolgenden Zellelementes verbunden wird.
- Die Umlaufsysteme werden gruppenweise zusammengefaßt vom Elektrolyten nacheinander durchströmt, während sie innerhalb der Gruppen parallel durchströmt werden.

Dabei können die Überströmöffnungen bzw. Verbindungsleitungen zwischen den Umlaufsystemen in der Ebene der Rückströmkanäle, der Elektroden oder der Elektrodenkanäle bzw. in mehreren Ebenen angeordnet werden.

Die damit realisierbaren verschiedenen Strömungstypen elektrochemischer Reaktoren, in Verbindung mit den dargestellten

konstruktive Varianten und der Auswahl geeigneter Elektrodenmaterialien, ermöglichen eine große Anwendungsbreite vorliegender Erfindung.

Ausführungsbeispiele

Anhand von Beispielen werden Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben:

Beispiel 1

Durch die in Fig. 1 angedeutete Gasblasenentwicklung im Elektrolyt-Strömungskanal und den dadurch bedingten Auftrieb wird der Elektrolytumlauf über die Überströmöffnungen und die Rückströmkanäle bewirkt. Bei einer geteilten Zelle kann eine solche in Fig. 1 und 2 dargestellte Halbzelle mit einer weiteren, erfindungsgemäß aufgebauten oder eine beliebigen anderen Gegenelektrode zu einer kompletten Elektrolysezelle kombiniert werden. Bei einer ungeteilten Zelle tritt anstelle des Diaphragmas die Gegenelektrode. Bei einer Dimensionierung der Elektroden- und Rückströmkanäle gemäß vorliegender Erfindung werden mittlere Gasphasenanteile von 0,1 bis 0,2 und Strömungsgeschwindigkeiten, bezogen auf die reine flüssige Phase von 0,1 bis 0,4 m/s erreicht. Es bildet sich eine Zweiphasen-Spaltströmung mit bevorzugt kleinen Gasblasen aus, die sich schnell von der Elektrodenoberfläche ablösen. Der Spannungsabfall durchläuft in Abhängigkeit von der Spaltdicke ein ausgeprägtes Minimum, welches sich in Abhängigkeit von der Gasentwicklungsgeschwindigkeit, den Stoffeigenschaften des Elektrolyten und der Elektrodenhöhe bei Spaltdicken zwischen 0,5 und 5 mm einstellt.

Beispiel 2

Alle einzelnen Umlaufsysteme sind oben und unten durch gemeinsame Sammelleitung miteinander verbunden, wie schematisch in Fig. 4 dargestellt ist. Der Umlauf des Elektrolyten in einem der fünf parallel geschalteten Umlaufsysteme ist durch Pfeile verdeutlicht. Die Bedeutung der Ziffern ist die gleiche wie bei der Beschreibung von Fig. 1 und 2 angegeben. Der Elektrolyt verläßt die Zelle am Stutzen 12.

Die Verbindungskanäle sind in den Ebenen der Rückströmkanäle und der Elektrode angeordnet. Es erfolgt annähernd vollständige Rückvermischung innerhalb der Zelle (Strömungsform analog dem stationären Rührkessel). Bei sehr breiten Zellen kann es, wenn der Elektrolyt auf der einen Seite unten zugeführt wird und an der diagonal gegenüberliegenden Seite austritt, auch zur Überlagerung mit einer gerichteten Strömung und damit zu einem Konzentrationsgefälle von der Eintritts- zur Austrittsstelle kommen. Das kann verhindert werden durch ausreichende Dimensionierung der Querkkanäle oder durch Anordnung eines gemeinsamen Rückströmkanals für alle parallel durchströmten Elektrolysekanäle.

Beispiel 3

Die einzelnen Umlaufsysteme werden allein oder in Gruppen zusammengefaßt nacheinander vom Elektrolyten durchströmt, während innerhalb der Umlaufsysteme annähernd vollständige Rückvermischung vorherrscht (Strömungsform analog einer Rührkesselkaskade). Damit ist die Möglichkeit gegeben, eine beliebige Anzahl von Reaktionsstufen hintereinander zu schalten, ohne daß der maximal mögliche, durch die Gasentwicklung bewirkte Flüssigkeitsumlauf innerhalb der einzelnen Umlaufsysteme beschränkt zu werden braucht. In Fig. 5 ist eine solche Anordnung, bei sonst analogem Aufbau wie in Fig. 4, dargestellt.

Der Elektrolyt wird zwischen den Elektrodenkanälen 7, den Überströmöffnungen 6 und den Rückströmkanälen 2 im Kreislauf geführt, wie durch Pfeile verdeutlicht. Durch die im Vergleich zur Dosiergeschwindigkeit große Umlaufgeschwindigkeit wird innerhalb der einzelnen Umlaufsysteme wieder ein annähernd vollständige Rückvermischung erreicht. Diesem umlaufenden Flüssigkeitsstrom wird durch die dosierte Menge ein wesentlich kleinerer, gerichteter Volumenstrom überlagert, der über den Eintrittsstutzen (im Bild verdeckt) in das erste Umlaufsystem gelangt und durch die abwechselnd oben und unten angeordnete, je zwei Umlaufsysteme verbindenden Überströmöffnungen 6 bis zum Austrittsstutzen 12 geführt wird. Die abgetrennten Gase werden über die oberhalb des Flüssigkeitsspiegels angeordnete Entgasungszone 3 durch den

Stutzen 4 abgeführt. Die Bedeutung der übrigen Ziffern ist die gleiche wie in Fig. 1, 2 und 4.

Die Überströmöffnungen zu den benachbarten Umlaufsystemen sind bei dieser Variante so zu dimensionieren, daß ein Rückvermischung zwischen ihnen weitgehend unterdrückt wird. Die in Fig. 5 beispielsweise in der Ebene der Elektrode angeordneten Umströmöffnungen können auch in den Ebenen der Elektrodenkanäle bzw. der Rückströmkanäle angeordnet werden. Auch eine Trennung der Überströmöffnungen innerhalb eines Umlaufsystems von den Verbindungskanälen zwischen den einzelnen Umlaufsystemen ist möglich (unterschiedliche Ebenen, unterschiedliche Höhen im Elektrolyseur). Dabei kann auch ein durchgehender, alle Umlaufsysteme verbindender Kanal angeordnet werden, wenn durch eine dem Volumenstrom richtig angepaßte Dimensionierung die Rückvermischung weitgehend verhindert wird. Ein unten angeordneter Verbindungskanal hat den Vorteil, daß die Zelle über den Eintrittsstutzen vollständig entleert werden kann.

Schließlich kann es bei größeren Elektrolyseuren von Vorteil sein, in Gruppen zusammengefaßte Umlaufsysteme nach der in Fig. 5 angegebenen Weise miteinander zu verbinden, während innerhalb einer Gruppe die hydrodynamische Kopplung nach Beispiel 2 erfolgt.

Beispiel 4

Eine dem idealen Strömungsrrohr angenäherte Strömungsform wird erreicht, wenn die einzelnen Umlaufsysteme nacheinander mit hohen Elektrolytgeschwindigkeiten durchströmt werden, ohne daß die Möglichkeit einer Rückvermischung zwischen ihnen gegeben ist. Dazu wird jeder Rückströmkanal mit dem Elektrodenkanal der benachbarten Zelle verbunden, wie das schematisch in den Figuren 6 bis 8 dargestellt ist. Fig. 6 zeigt die Draufsicht auf eine Halbzelle (ohne Diaphragma) mit teilweise unterbrochenen Ebenen der Elektrodenkanäle bzw. Elektroden. Fig. 7 zeigt eine Schnittdarstellung in Höhe der oberen Überströmöffnungen und Fig. 8 eine Schnittdarstellung in Höhe der Mittellinie. Der bei 11 eintretende Elektrolyt gelangt durch die erste der Überströmöffnungen 6

in den ersten Elektrodenkanal 7 und über die obere Überströmöffnung in den Rückströmkanal, welcher mit der unteren Überströmöffnung zu dem benachbarten Elektrodenkanal verbunden ist. Der Elektrolyt durchläuft so nacheinander sämtliche Elektrodenkanäle und verläßt die Zelle durch den Austrittsstutzen 12. Sämtliche Rückströmkanäle sind oberhalb des Flüssigkeitsspiegels durch die Gasabtrennzone 3 verbunden. Die abgeschiedenen Gase treten durch den Stutzen 4 aus. Die übrigen Ziffern haben die gleiche Bedeutung wie in Fig. 1, 2, 4 und 5.

Bei dieser Variante ist die Anzahl der hintereinanderschaltenden Elektrodenkanäle bzw. die Dosiermenge nur in einem bestimmten Bereich frei wählbar. Die Dosiermenge wird begrenzt durch den Volumenstrom, welcher auf Grund der fördernden Wirkung der entwickelten Gasmenge maximal transportiert werden kann. Andernfalls baut sich eine Niveaudifferenz zwischen Eintrittsseite und Austrittsseite auf, die zu einem Flüssigkeitsübertritt durch die Gasabtrennzone führen würde.

Durch Kombination mit Beispiel 2, also durch Hintereinanderschaltung mehrerer in sich parallel geschalteter Segmente kann dieses Prinzip dem jeweiligen Elektrodenprozeß weitgehend angepaßt werden.

Erfindungsanspruch

1. Vorrichtung zur Durchführung unter Gasentwicklung ablaufender katodischer und/oder anodischer Prozesse, gekennzeichnet dadurch, daß an einer oder auch an beiden Elektroden der Elektrodenraum in einzelne, durch Verbindungsleitungen hydrodynamisch miteinander gekoppelte Umlaufsysteme von mindestens 1 m Höhe aufgegliedert ist, welche aus senkrechten Elektrodenkanälen von 2 bis 20 mm Breite und 0,5 bis 5 mm Dicke sowie hinter oder in der Elektrode angeordneten 1 bis 10 mm dicken Rückströmkanälen gebildet werden, die über unten und/oder oben angeordnete Überströmöffnungen unter Zwischenschaltung einer Gasabtrennzone verbunden sind.
2. Vorrichtung nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt der Elektrodenkanäle vorzugsweise rechteckig, trapezförmig oder halbkreisförmig ausgebildet ist und die Zwischenstege schmal gehalten werden.
3. Vorrichtung nach den Punkten 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Höhe der Umlaufsysteme um oder über 2 m beträgt.
4. Vorrichtung nach den Punkten 1 bis 3 dadurch gekennzeichnet, daß die Rückströmkanäle mindestens den doppelten Querschnitt der Elektrodenkanäle haben.
5. Vorrichtung nach den Punkten 1. bis 4 dadurch gekennzeichnet, daß vorzugsweise nach dem Filterpressenprinzip aufgebaute Elektrolysezellen mit plattenförmigen Elektroden verwendet werden.
6. Vorrichtung nach den Punkten 1 bis 5 dadurch gekennzeichnet, daß die Rückströmkanäle in den Elektrodenkörper integriert sind.
7. Vorrichtung nach den Punkten 1 bis 6 dadurch gekennzeichnet, daß die Rückströmkanäle in dem Elektrodenträger aus elektrisch leitendem oder isolierendem Material eingearbeitet sind.

8. Vorrichtung nach den Punkten 1. bis 5 dadurch gekennzeichnet, daß die Rückströmkanäle durch Abstandsstreifen aus nichtleitendem, flexiblem Material gebildet werden.
9. Vorrichtung nach den Punkten 1. bis 8 dadurch gekennzeichnet, daß die Elektrodenkanäle durch Abstandsstreifen aus flexiblem, nichtleitendem Material zwischen Elektrode und Diaphragma bzw. Elektroden und Gegenelektrode gebildet werden.
10. Vorrichtungen nach den Punkten 1. bis 8 dadurch gekennzeichnet, daß die Elektrodenkanäle in die Elektrode eingearbeitet sind.
11. Vorrichtung nach den Punkten 1. bis 8 dadurch gekennzeichnet, daß die Elektrodenkanäle durch Verwendung gerippter Diaphragmen ausgebildet werden.
12. Vorrichtung nach den Punkten 1. bis 11 dadurch gekennzeichnet, daß plattenförmige Festelektroden aus kompaktem Material verwendet werden.
13. Vorrichtung nach den Punkten 1. bis 11 dadurch gekennzeichnet, daß Verbundelektroden aus einem Ventilmaterial mit ganz oder teilweise aktivierter Oberfläche verwendet werden.
14. Vorrichtung nach den Punkten 1. bis 13 dadurch gekennzeichnet, daß bei geteilten Zellen Diaphragmen aus mikroporösen flexiblen Materialien, z.B. aus Polyvinylchlorid, verwendet werden.
15. Vorrichtung nach den Punkten 1. bis 13 dadurch gekennzeichnet, daß bei geteilten Zellen Ionenaustauschermembranen, z.B. aus Polytetrafluoräthylen, verwendet werden.
16. Vorrichtung nach den Punkten 1. bis 15 dadurch gekennzeichnet, daß die hydrodynamische Kopplung der einzelnen Umlaufsysteme durch oben und unten in der elektrolysezelle angeordnete gemeinsame Verbindungsleitungen in der Weise erfolgt, daß sie vom zugeführten Elektrolyten parallel durchflossen werden.

17. Vorrichtung nach den Punkten 1. bis 16 , dadurch gekennzeichnet, daß die hydrodynamische Kopplung benachbarter Umlaufsysteme durch abwechselnd oben und unten in der Elektrolysezelle angeordnete Verbindungsleitungen in der Weise erfolgt, daß sie vom zugeführten Elektrolyten nacheinander durchflossen werden.
18. Vorrichtung nach den Punkten 1, bis 17 , dadurch gekennzeichnet, daß die hydrodynamische Kopplung der einzelnen Umlaufsysteme durch Verbindung des Rückströmkanals des vorhergehenden mit dem Elektrodenkanal des nachfolgenden Zellenelements erfolgt und der Elektrolyt alle Elektrodenkanäle nacheinander durchströmt.
19. Vorrichtung nach Punkt 1. bis 18 , dadurch gekennzeichnet, daß die Überströmöffnungen bzw. Verbindungsleitungen zwischen den Umlaufsystemen in der Ebene der Rückströmkanäle, der Elektroden oder der Elektrodenkanäle bzw. in mehreren Ebenen angeordnet sind.
20. Vorrichtung nach Punkt 1. bis 18', dadurch gekennzeichnet, daß die Umlaufsysteme gruppenweise zusammengefaßt sind und vom Elektrolyten nacheinander durchströmt werden, während die Umlaufsysteme innerhalb einer Gruppe parallel durchströmt werden.
- 21.) Vorrichtung nach Punkt 1. bis 20 , dadurch gekennzeichnet, daß bei parallel durchströmten Elektrodenkanälen ein gemeinsamer Rückströmkanal angeordnet wird.

Hierzu 5 Seiten Zeichnungen

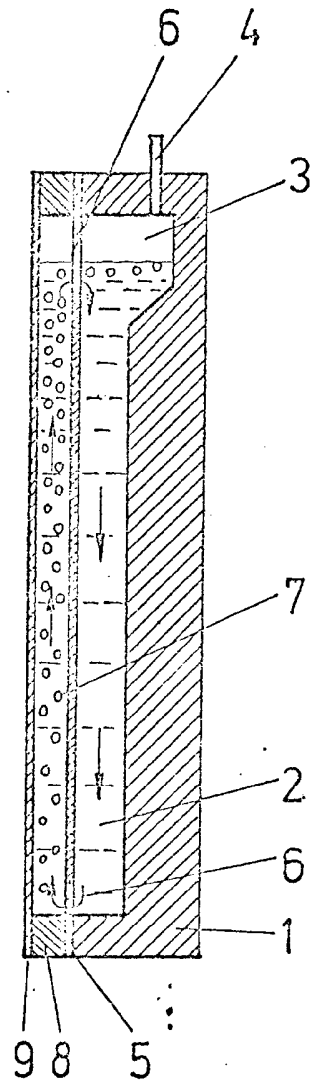


FIG.1

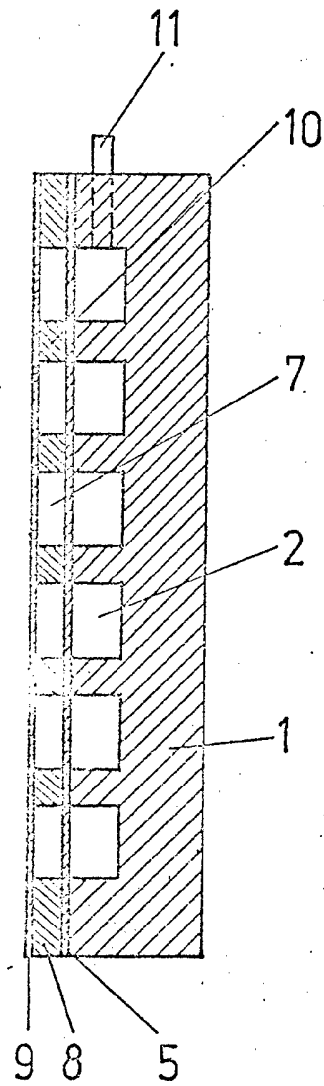


FIG.2

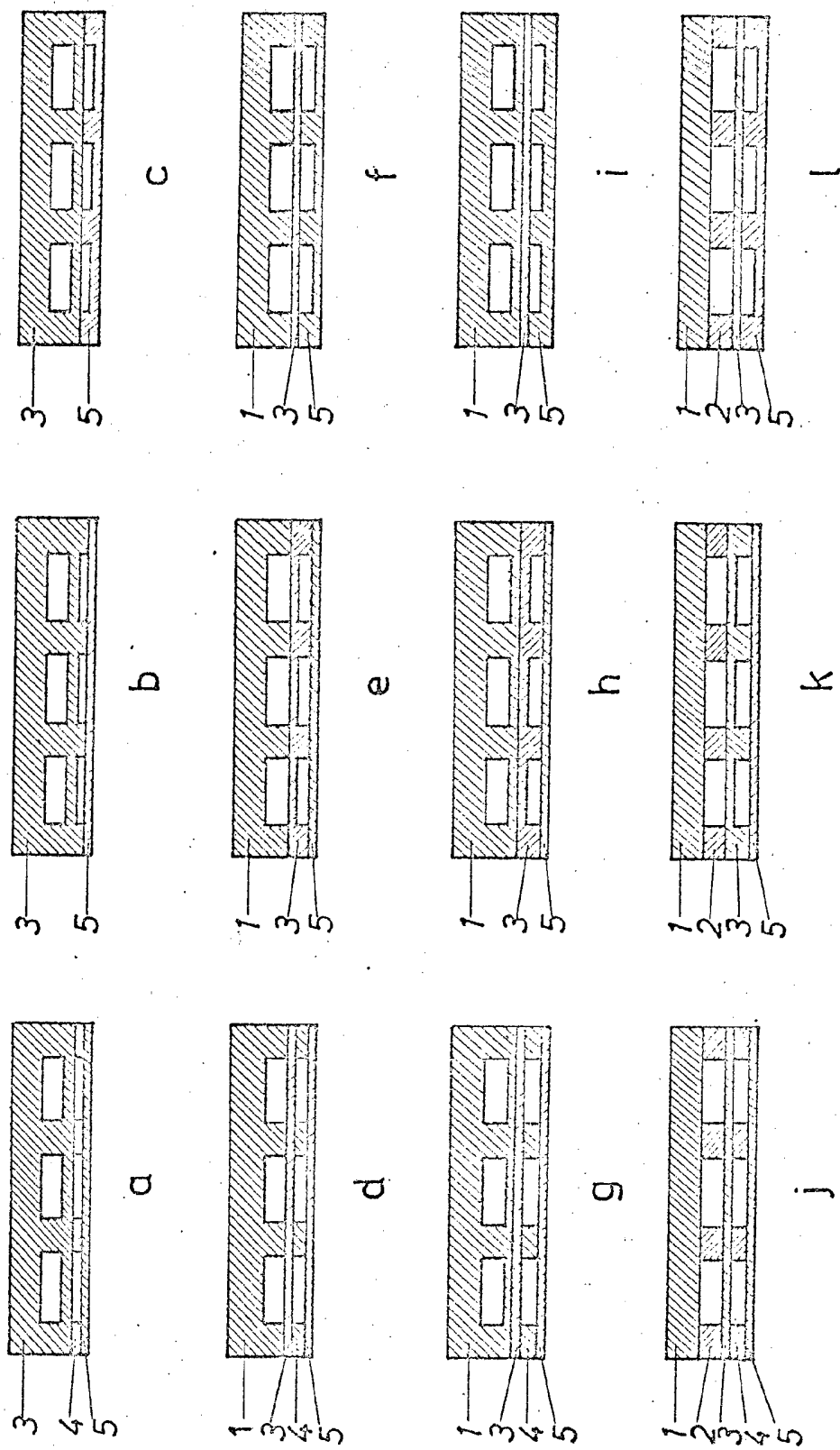


FIG. 3

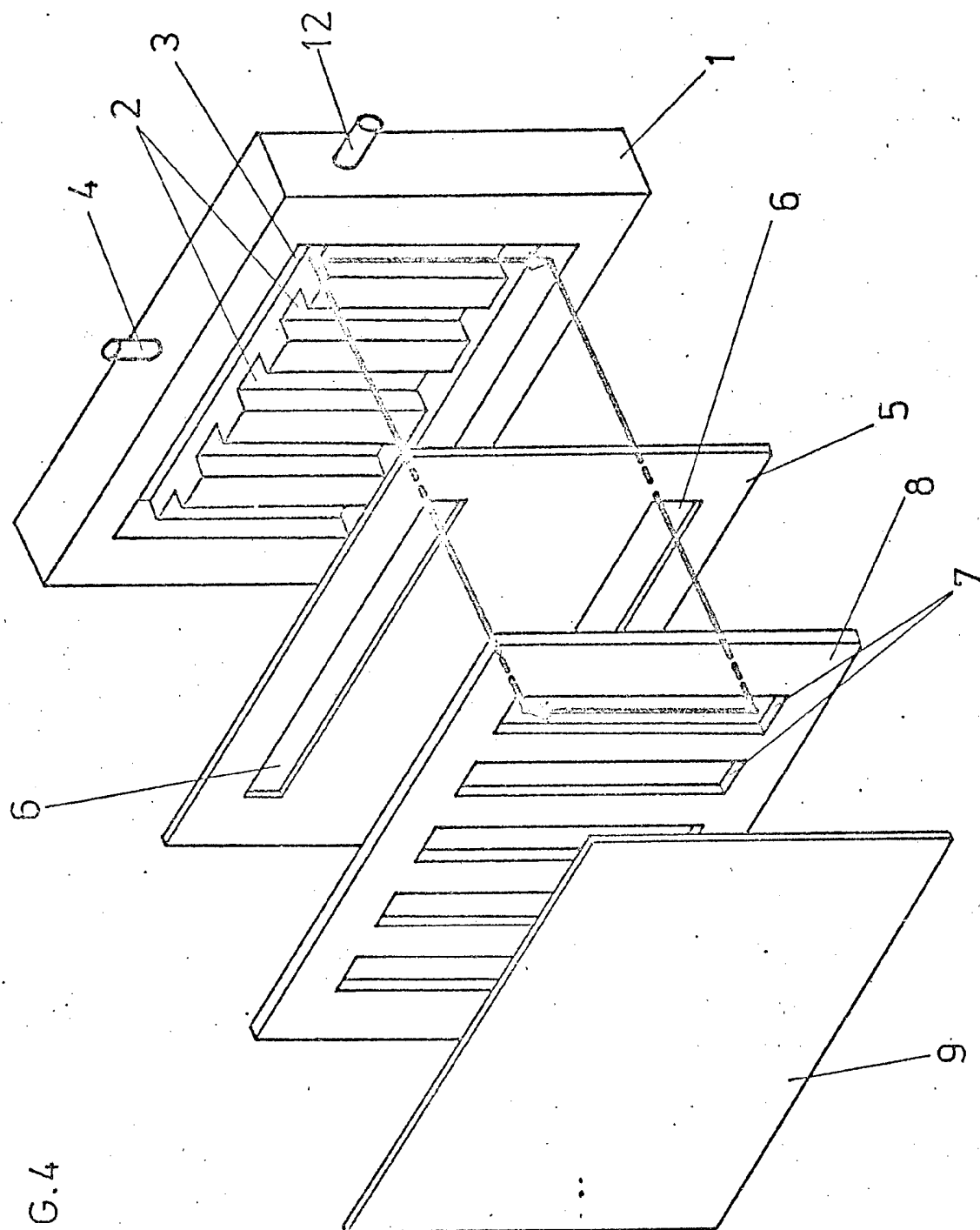


FIG.4

FIG.5

