



(10) **DE 10 2018 209 520 A1** 2019.12.19

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2018 209 520.5**

(22) Anmeldetag: **14.06.2018**

(43) Offenlegungstag: **19.12.2019**

(51) Int Cl.: **C25B 9/00 (2006.01)**

C25B 1/26 (2006.01)

(71) Anmelder:

**ThyssenKrupp Uhde Chlorine Engineers GmbH,
44141 Dortmund, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2007 042 171	A1
US	2007 / 0 020 505	A1
US	2009 / 0 050 472	A1
WO	2003/ 014 419	A2

(72) Erfinder:

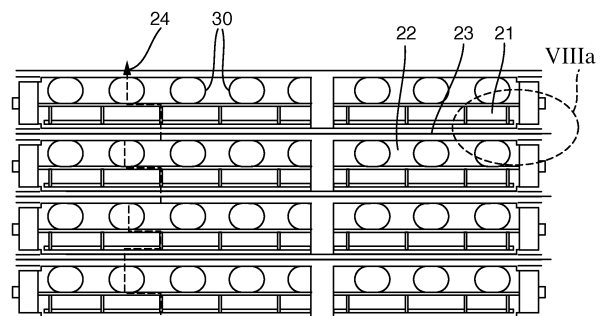
Austenfeld, Sebastian, 59494 Soest, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Elektrolysezelle**

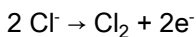
(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Elektrolysezelle umfassend eine Anodenkammer (22) und eine Kathodenkammer (21), die durch eine Ionenaustauschermembran (23) voneinander getrennt sind, wobei die Elektrolysezelle (10) weiterhin eine Anode, eine Gasdiffusionselektrode und einen kathodischen Stromverteiler (13) aufweist, wobei Anode (14), Ionenaustauschermembran (23), Gasdiffusionselektrode (24) und kathodischer Stromverteiler (13) in der genannten Reihenfolge jeweils miteinander im direkten Berührungskontakt stehen und wobei jenseits der Anode (14) und/oder jenseits des kathodischen Stromverteilers (13) flexibel federnde Haltelemente (30) angeordnet sind, die einen Anpressdruck auf die Anode und/oder auf den kathodischen Stromverteiler ausüben, wobei erfindungsgemäß die flexibel federnden Haltelemente (30) Ringelemente oder mindestens einen rohrförmigen Abschnitt umfassen, deren Achse in Höhenrichtung der Elektrolysezelle (10) ausgerichtet ist. Durch die flexibel federnden und sich teilweise auch plastisch verformenden Ringelemente oder rohrförmigen Abschnitte erreicht man eine effektive mechanische Anpressung der Ionenaustauschermembran an die Sauerstoffverzehrkathode zur Erzeugung einer zero-gap-Konfiguration.



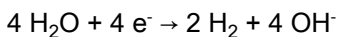
Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Elektrolysezelle umfassend eine Anodenkammer und eine Kathodenkammer, die durch eine Ionenaustauschermembran voneinander getrennt sind, wobei die Elektrolysezelle weiterhin eine Anode, eine Gasdiffusionselektrode und einen kathodischen Stromverteiler aufweist, wobei Anode, Ionenaustauschermembran, Gasdiffusionselektrode und kathodischer Stromverteiler in der genannten Reihenfolge jeweils miteinander im direkten Berührungskontakt stehen und wobei jenseits der Anode und/oder jenseits des kathodischen Stromvertellers federnde Halteelemente angeordnet sind, die einen Anpressdruck auf die Anode und/oder auf den kathodischen Stromverteiler ausüben.

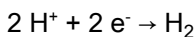
[0002] Die vorliegende Erfindung bezieht sich insbesondere auf Elektrolysezellen in Elektrolyseuren, die nach der ODC-Technologie mit einer Sauerstoffverzehrkathode arbeiten. Bei der heute üblichen Chlor-Herstellung durch die Chlor-Alkali-Elektrolyse oder die Salzsäure-Elektrolyse entsteht an der Anode das gewünschte Hauptprodukt Chlor nach der folgenden Gleichung:



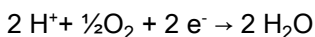
[0003] An der Kathode entsteht Wasserstoff als Nebenprodukt gemäß:



bzw. bei der Salzsäure-Elektrolyse:



[0004] Durch Einsatz einer Gasdiffusionselektrode und Sauerstoff als zusätzlichen Reaktionspartner läuft bei der Salzsäure-Elektrolyse die nachfolgende Reaktion ab:



[0005] Die vorliegende Erfindung bezieht sich insbesondere auf Elektrolysezellen für die Salzsäure-Elektrolyse mit Sauerstoffverzehrkathode, im englischen Sprachraum als „Oxygen Depolarized Cathode“ (abgekürzt „ODC“) bezeichnet, gemäß der oben wiedergegebenen Gleichung. Bei dieser HCl-ODC-Technologie hat man bislang in der Regel Elektrolyseure mit einem definierten Spalt zwischen Anodenelektrode und der durch Prozessdruck auf der Sauerstoffverzehrkathode aufliegenden Membran ausgeführt. Da die internen Komponenten der Zelle alle starr ausgeführt wurden, wurde deren Tolerierung auf einen resultierenden Spalt ausgelegt, um eine zu starke Verpressung zu vermeiden.

[0006] Aus der NaCl-Technologie (Chlor-Alkali-Elektrolyse) sind unterschiedliche Designs zum Erreichen einer so genannten „zero-gap“-Konfiguration bekannt, bei der Anodenelektrode und Kathodenelektrode direkten Kontakt zu der Membran haben. Diese Konzepte arbeiten mit einer Stromübertragung zwischen starren und flexiblen Nickelbauteilen per Berührungskontakt. Dieses Prinzip ist jedoch aufgrund der korrosiven Bedingungen in einer HCl-ODC-Zelle auf diesen Zelltyp nicht übertragbar. Dort werden daher Titanlegierungen verwendet, die bei Kontakt zum Medium eine dichte Oxidschicht ausbilden und dadurch eine Beständigkeit gegenüber dem Medium ausbilden. Diese Oxidschicht hat jedoch eine isolierende Wirkung, so dass ein Berührungskontakt hier mit der Zeit versagen würde.

[0007] Primär wird bei einer zero-gap-Konfiguration erwartet, dass sich die Elemente bei gleicher Stromdichte bei geringerer Betriebsspannung betreiben lassen. Außerdem wird für den Fall einer geringeren HCl-Konzentration auf der Anodenseite erwartet, dass die Betriebsspannung der Zellen weniger stark steigt als beim herkömmlichen Design, da der Einfluss der Leitfähigkeit des Mediums in der zero-gap-Konfiguration eine geringere Rolle spielt.

[0008] Aus der WO 03/014419 A2 ist eine Elektrolysezelle zur elektrochemischen Herstellung von Chlor bekannt, bei der eine Anode, eine Kationenaustauschermembran, eine Gasdiffusionselektrode und ein Stromkollektor so elastisch zusammengehalten werden, dass kein Abstand zwischen den einzelnen Komponenten auftritt. Der elastische Zusammenhalt wird durch eine elastische Befestigung des Stromkollektors am Kathodenrahmen oder der Anode am Anodenrahmen erzielt. Dabei werden Halteelemente verwendet, die als Federelemente ausgebildet sind und sich beispielsweise im Kathodenraum zwischen einer Rückwand und dem Stromkollektor erstrecken. Es werden Spiralfedern verwendet, die einerseits an ihrem einen Ende über Z-Profile an der Rückwand befestigt sind und andererseits an ihrem anderen Ende in ihrer axialen Richtung eine Andrückkraft auf den Stromkollektor ausüben. Diese Spiralfedern erstrecken sich mit ihrer axialen Richtung in Querrichtung der Elektrolysezelle, das heißt senkrecht zur Ebene der Elektroden.

[0009] In der US 2009/0050472 A1 wird eine Elektrolysezelle mit einer Anodenkammer und einer Kathodenkammer beschrieben, die über eine Ionenaustauschermembran voneinander getrennt sind, wobei die Elektrolysezelle weiterhin eine Gasdiffusionselektrode aufweist. Die Anordnung der einzelnen Bauelemente in der Elektrolysezelle ist so, dass auf die Anode die Ionenaustauschermembran folgt, dann ein Perkolator, dann die Kathode, ein elastischer Stromsammler und die Kathodenrückwand. Es handelt sich bei der Elektrolysezelle um eine Chlor-Alkali-Zelle mit

Sauerstoffverzehrkathode. Der hier verwendete elastische Stromsampler besteht aus einer Art Matte aus Nickel. Alternativ kann ein Stromsampler mit elastisch federnden Zungen in kammartiger Anordnung oder mit einseitig befestigten vorstehenden federnden Platten verwendet werden, die auf die Kathode oder auf die Anode drücken und diese an die Ionenaustauschermembran andrücken.

[0010] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Elektrolysezelle mit den Merkmalen der eingangs genannten Gattung zur Verfügung zu stellen, bei der eine effektive mechanische Anpressung der Ionenaustauschermembran an die Sauerstoffverzehrkathode zur Erzeugung einer zero-gap-Konfiguration (Null-Abstand-Konfiguration) gewährleistet ist.

[0011] Die Lösung der vorgenannten Aufgabe liefert eine Elektrolysezelle der eingangs genannten Art mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

[0012] Eine alternative Lösungsvariante wird durch die in Anspruch 2 angegebenen Merkmale definiert.

[0013] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die federnden Haltelemente Ringelemente oder mindestens einen rohrförmigen Abschnitt umfassen, deren Achse in Höhenrichtung oder in Längsrichtung der Elektrolysezelle ausgerichtet ist. Von dem oben zitierten Stand der Technik unterscheidet sich somit die erfindungsgemäße Lösung wesentlich, da im Stand der Technik federnde Haltelemente verwendet werden, die ähnlich wie Spiralfedern gestaltet sind und die so in der Elektrolysezelle angeordnet sind, dass sich deren Achse in Querrichtung der Elektrolysezelle erstreckt.

[0014] Die Ausdehnung der Elektrolysezelle in den drei zueinander senkrechten Raumrichtungen wird in der vorliegenden Anmeldung so definiert, dass die Richtung parallel zu den zumeist flächigen Elektroden und der flächigen Membran als Längsrichtung bezeichnet wird. Die Richtung senkrecht zu der Längsrichtung, ebenfalls parallel zur Ausdehnung der flächigen Elektroden, in der Elektrolysezelle vom unteren Ende zum oberen Ende hin, wird als Höhenrichtung bezeichnet. Die Richtung quer zu den Elektroden, das heißt in Richtung der Flächennormalen zu den Elektroden und zu der Membran und somit quer zur Längsrichtung und Höhenrichtung wird als Querrichtung bezeichnet.

[0015] Die erfindungsgemäßen Elektrolysezellen können somit beispielsweise eine etwa quaderförmige Grundform aufweisen, wobei in der Regel die Ausdehnung der Elektrolysezelle in der oben definierten Querrichtung geringer ist als die Ausdehnung in der Längsrichtung. In Querrichtung sind zudem bei einem Elektrolyseur bevorzugt mehrere Elektrolysezellen in

einer Reihenschaltung nebeneinander bzw. hintereinander angeordnet, derart, dass auf die Kathodenkammer der einen Zelle immer jeweils die Anodenkammer der nächsten Elektrolysezelle in der Reihenschaltung folgt, wobei zwischen der Kathodenkammer der ersten Elektrolysezelle und der Anodenkammer der nächsten benachbarten Elektrolysezelle jeweils die Ionenaustauschermembran angeordnet ist.

[0016] Eine bevorzugte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Aufgabenlösung sieht vor, dass die Ringelemente oder der rohrförmige Abschnitt der federnden Haltelemente zwischen der Anode und dem kathodischen Stromverteiler so angeordnet sind, dass sie in radialer Richtung auf Kompression beaufschlagt werden. Dies bedeutet, die radiale Richtung der Ringelemente entspricht bei der erfindungsgemäßen Lösung der Querrichtung der Elektrolysezelle, das heißt der Richtung, in der die Anpressung der Ionenaustauschermembran an die Sauerstoffverzehrkathode gewünscht ist. Das Ringelement oder der rohrförmige Abschnitt ist also flexibel in seiner radialen Richtung. Die Anpressung der flächigen Membran/Elektrodenstruktur wird erzeugt durch ein Einfedern der Ringelemente oder rohrförmigen Abschnitte in ihrer radialen Richtung, wobei ein Verschieben der Elektrode in Richtung der Rückwand der Kammer ohne gleichzeitige seitliche Verschiebung erreicht wird, denn durch letztere bestünde die Gefahr von Membranschäden.

[0017] Es ist aber alternativ dazu im Rahmen der Erfindung auch möglich, die federnden Haltelemente in der Elektrolysezelle in der Anodenkammer und/oder in der Kathodenkammer so anzuordnen, dass sie sich mit ihrer Achse nicht in Höhenrichtung, sondern in Längsrichtung der Elektrolysezelle erstrecken. Auch in diesem Fall würden die vorzugsweise elastoplastisch federnd ausgebildeten Haltelemente in radialer Richtung auf Kompression beaufschlagt.

[0018] Dabei kann es gemäß einer Weiterbildung der Erfindung so sein, dass die Ringelemente oder der rohrförmige Abschnitt der Haltelemente in der Elektrolysezelle durch die Anpressung neben einer elastischen Verformung mindestens teilweise auch eine plastische Verformung erfahren. Hierbei wird unter plastischer Verformung eine bleibende Verformung eines Materials verstanden, bei dem die im Material wirkende Spannung die Streckgrenze oder 0,2 %-Dehngrenze des Materials übersteigt. Die Haltelemente gemäß der vorliegenden Erfindung zeigen in diesem Fall ein elastoplastisches Verhalten. Daher wird nachfolgend in der vorliegenden Anmeldung auch von elastoplastischen Haltelementen und elastoplastischen Ringelementen gesprochen. Die Ringelemente oder die rohrförmigen Abschnitte erzielen die Anpressung der flächigen Membran/Elektrodenstruktur durch ein elastoplastisches Einfedern in ihrer radialen Richtung. Dies bedeutet, bei ei-

ner Demontage der Elektrolysezelle lässt sich dann feststellen, dass die Ringelemente oder die rohrförmigen Abschnitte auch dauerhaft etwas deformiert sind, was man aber gegebenenfalls durch eine mechanische Korrektur, das heißt zum Beispiel einen Richtvorgang in einer Werkstatt wieder korrigieren kann, so dass anschließend erneut eine Plastifizierung der Ringelemente oder rohrförmigen Abschnitte in der Elektrolysezelle möglich ist.

[0019] Durch die mindestens teilweise plastische Verformung des Ringelements oder rohrförmigen Abschnitts wird eine Überpressung der Membran effektiv verhindert. Das Ringelement oder der rohrförmige Abschnitt kann nur eine gewisse maximale Grenzkraft ausüben, da vor einer Überschreitung dieser Grenzkraft eine bleibende Verformung eintritt.

[0020] Gemäß der in Anspruch 2 angegebenen Lösungsvariante umfassen die federnden Haltelemente Ringelemente oder mindestens einen rohrförmigen Abschnitt welche in der Elektrolysezelle neben einer elastischen Verformung mindestens teilweise eine plastische Verformung erfahren und elastoplastisch federnd ausgebildet sind.

[0021] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung können die elastoplastisch federnden Haltelemente zum Beispiel eine Mehrzahl jeweils zueinander parallel und mit Abstand zueinander angeordneter und miteinander verbundener Ringelemente aufweisen. Beispielsweise kann man für die Verbindung der Ringelemente untereinander Stege verwenden, die sich in einer Richtung senkrecht zur Ebene der Ringelemente erstrecken. Derartige Stege ermöglichen eine bessere Verarbeitbarkeit der Haltelemente bei der Montage der Elektrolysezelle, da man dann die flexiblen Haltelemente ohne Unterbrechung beispielsweise mittels Laser mit der Rückwand der Anodenkammer oder Kathodenkammer und/oder der Anode oder der Kathode verschweißen kann. Andernfalls wäre ein zusätzlicher Vorrichtungsaufwand erforderlich.

[0022] Die ringförmige Struktur der erfindungsgemäßen Haltelemente hat den weiteren Vorteil, dass sie den Einbau von Zubehörteilen der Elektrolysezelle, wie zum Beispiel von Ablaufrohren, in dem durch das Ringelement geschaffenen Ringraum, beispielsweise etwa konzentrisch in dessen Mitte, ermöglicht.

[0023] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung weisen die Ringelemente einen von der Kreisform abweichenden ovalisierten Querschnitt auf. Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn die Ringelemente einen von der Kreisform abweichenden, in zwei am Umfang gegenüber liegenden Bereichen abgeflachten Querschnitt aufweisen. Ein solcher symmetrischer Querschnitt stellt eine Verschiebung der Elektrode (Anode oder Kathode) ausschließlich in

Richtung senkrecht zur Oberfläche der Elektrode, das heißt in Querrichtung der Elektrolysezelle sicher. Die ovale oder mit großen Radien versehene Form sorgt außerdem für eine gleichmäßige Verformung. Insbesondere bei plastischen Verformungen würde es bei anderen geometrischen Formen wie beispielsweise einer Rautenform in den Spitzen zu großen Plastifizierungen des Materials kommen. Das würde Rissbildungen begünstigen und ein mechanisches Richten der Struktur könnte dann zu Beschädigungen an der Federstruktur führen.

[0024] Eine bevorzugte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die federnden Haltelemente mit wenigstens einem benachbarten Bauelement der Elektrolysezelle, insbesondere mit der Anode und/oder mit einer Rückwand der Elektrolysezelle verschweißt sind. Das Verschweißen stellt den Kontakt zwischen dem flexiblen Haltelement zu der Rückwand der Kammer und der Elektrode (insbesondere der Anode) her, wodurch ein optimaler verlustarmer Stromübergang gewährleistet ist. Der abgeflachte Querschnitt der Ringelemente an beiden am Umfang gegenüber liegenden Seiten verbessert diesen Kontakt, da die Anlagefläche vergrößert wird. Man kann die Verschweißung beispielsweise über eine in vertikaler Richtung des Haltelements (Höhenrichtung der Elektrolysezelle) verlaufende Laserschweißnaht verwirklichen.

[0025] Wenn man Haltelemente mit zwei oder mehreren voneinander beabstandeten Ringelementen verwendet, die über Stege miteinander verbunden sind, welche in senkrechter Richtung zu den Ringelementen verlaufen, dann ergeben sich zwischen den einzelnen Ringelementen jeweils Freiräume, die eine Durchströmung der Haltelemente mit dem Betriebsmedium der Elektrolysezelle ermöglichen, wodurch eine effektive Kühlung erreicht wird und die ohmschen Spannungsverluste gering gehalten werden.

[0026] Eine alternative Ausführung der Erfindung betrifft Halteelemente mit einem oder mehreren rohrförmigen Abschnitten. Im Querschnitt können diese zumindest abschnittsweise rohrförmig ausgebildeten Haltelemente beispielsweise polygonförmig ausgebildet sein. Insbesondere ist eine Rautenform vorteilhaft, um einen geringeren Materialbedarf zu gewährleisten. Auch die Polygoneometrie ist im Querschnitt vorzugsweise symmetrisch oder doppelt symmetrisch, auszuführen, um möglichst eine Verformung senkrecht zur Membranfläche zu erhalten. Wenn man rautenförmige Querschnitte für die rohrförmigen Abschnitte wählt, dann sind die Haltelemente bevorzugt so in einer der Kammern der Elektrolysezelle angeordnet, dass sich eine der Diagonalen der Rautenform etwa in Richtung der Flächennormalen zu der flächigen Anordnung von Elektroden erstreckt.

[0027] Um bei der Variante mit rohrförmigen Abschnitten die verringerte Steifigkeit bzw. die gewünschte plastische Verformung zur Minimierung der Presskraft auf die Membran und die Elektrodenanordnung zu erreichen, sind in den rohrförmigen Abschnitten Durchbrechungen vorgesehen, die zum Beispiel in Reihen angeordnet sein können und/oder die sich beispielsweise parallel zur Achse der rohrförmigen Abschnitte erstrecken. Beispielsweise können diese Durchbrechungen etwa schlitzartig ausgebildet sind. Durch die Durchbrechungen wird das Material, aus denen die rohrförmigen Abschnitte bestehen, geschwächt und damit wird die plastische Verformbarkeit der Halteelemente erhöht.

[0028] Prinzipiell ist die Verwendung der erfindungsgemäßen Halteelemente sowohl auf der Anodenseite als auch auf der Kathodenseite der Elektrolysezelle möglich. Jedoch wurde im Rahmen der Erfindung festgestellt, dass die Verwendung auf der Anodenseite besonders vorteilhaft ist wegen der üblichen Differenzdrücke und der besseren Kühlung der Struktur. Ein etwas erhöhter elektrischer Widerstand führt zu einer Wärmeentwicklung und eine Abfuhr dieser Wärme durch Mediumkühlung ist auf der Anodenseite möglich. Aufgrund der vorgesehenen Auslaufgröße ist die Bauhöhe der Anodenkammer größer als diejenige der Kathodenkammer. Dadurch ist in der Anodenkammer eine größere radiale Ausdehnung der elastischen Halteelemente möglich, was deren Steifigkeit reduziert.

[0029] Bisher wird nach dem Stand der Technik das Anliegen der Membran auf der Sauerstoffverzehrkathode durch einen Überdruck von beispielsweise etwa 200 mbar auf der Anodenseite gewährleistet. Wenn nun gemäß der vorliegenden Erfindung die zero-gap-Konfiguration mechanisch erzeugt wird, kann dieser Überdruck gegebenenfalls reduziert werden. Dies führt potentiell zu einer geringeren Chlordrift auf die Kathodenseite. Dies kann sich zum Beispiel positiv auf die Korrosionssituation (geringere HCl-Konzentration im Kondensat) auswirken. Außerdem ließe sich so der Absolutdruck in der Kathodenkammer auf den der Anodenkammer anheben. In der WO 03/014419 A2 wird beschrieben, dass der erhöhte Sauerstoffdruck an der Sauerstoffverzehrkathode die Betriebsspannung der Elektrolysezelle reduziert.

[0030] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist es von Vorteil, für die Fertigung der Halteelemente verhältnismäßig dünnes Blechmaterial zu verwenden. Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn die Ringelemente und/oder die diese untereinander verbindenden Stege aus Blechstreifen mit einer Materialstärke von weniger als einem Millimeter, vorzugsweise mit einer Materialstärke von weniger als 0,8 mm und mehr als 0,4 mm, beispielsweise im Bereich von etwa 0,5 mm bis etwa 0,7 mm gefertigt sind. Dadurch werden bei vorhandenem Bauraum die gewünsch-

ten Elastizitäten erreicht. Um bei Verwendung dünner Bleche den erhöhten ohmschen Spannungsabfall gering zu halten, sollten auch die Stromwege in dem Halteelement gering gehalten werden. Andererseits ist eine gewisse minimale Materialstärke zu empfehlen, um einen ausreichenden Querschnitt für einen verlustarmen elektrischen Übergang zu gewährleisten.

[0031] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung umfasst eine Elektrolysezelle wenigstens zwei in Längsrichtung der Elektrolysezelle zueinander beabstandet angeordnete, elastoplastisch federnde Halteelemente. Dies ist vorteilhaft, um eine gleichmäßige Anpressung der flächigen Struktur umfassend Ionenaustauschermembran, Sauerstoffverzehrkathode und Anode in größeren Flächenbereichen zu erzielen.

[0032] Vorzugsweise sind gemäß der Erfindung die federnden Halteelemente mindestens teilweise aus einem Titanwerkstoff gefertigt. Unter einem Titanwerkstoff wird Titan oder eine Titanlegierung verstanden. Durch die Passivierung des Titanwerkstoffs durch das vorliegende Betriebsmedium ist es jedoch empfehlenswert, die federnden Halteelemente stoffschlüssig mit benachbarten Bauteilen zu verbinden. Eine Schweißverbindung mit den benachbarten Bauteilen ist daher bevorzugt.

[0033] Es ist jedoch auch die Verwendung anderer Materialien mit einer für die Anwendung in einer Elektrolysezelle ausreichenden elektrischen Leitfähigkeit möglich. Dies sind insbesondere elektrisch leitende Materialien mit einem spezifischen elektrischen Widerstand kleiner als 100 Ohm mm²/m. Insbesondere können dies für Elektrolyse in Anwendungsbereichen außerhalb der HCl-Elektrolyse z.B. Nickel oder Graphit sein. Im Anwendungsbereich der HCl-Elektrolyse ist zum Beispiel die Verwendung von Tantal, Niob oder auch Graphit möglich.

[0034] Bei einer Elektrolysezelle der erfindungsgemäßen Art ist vorzugsweise eine Stützstruktur in der Kathodenkammer angeordnet, welche wenigstens zwei sich in Querrichtung der Elektrolysezelle erstreckende Z-Profile umfasst, vorzugsweise eine Mehrzahl solcher Z-Profile, die in Längsrichtung der Elektrolysezelle voneinander beabstandet angeordnet sind. Bei Verwendung einer solchen Stützstruktur mit Z-Profilen ist es gemäß einer bevorzugten konstruktiven Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Aufgabenlösung vorteilhaft, wenn die elastoplastisch federnden Halteelemente in der Anodenkammer angeordnet sind und diese jeweils so angeordnet sind, dass in Längsrichtung der Elektrolysezelle gesehen die federnden Halteelemente jeweils zu den Z-Profilen versetzt angeordnet sind. Ein etwa mittiges Versetzen der Halteelemente bezogen auf den jeweiligen Abstand zweier Z-Profile in der Kathodenkam-

mer ist besonders vorteilhaft. Dadurch lässt sich auch die Biegeelastizität der Elektroden nutzen, um eine zero-gap-Konfiguration über einen möglichst großen Flächenanteil zu erreichen und Membranschäden im Kontaktbereich zwischen dem Halteelement und den Z-Profilen zu vermeiden.

[0035] Weiterhin ist es gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung vorteilhaft, wenn in Höhenrichtung der Elektrolysezelle gesehen wenigstens zwei Halteelemente in axialer Verlängerung übereinander angeordnet sind. Vorzugsweise sind wenigstens drei Halteelemente in axialer Verlängerung übereinander angeordnet. Auf diese Weise ist es möglich, eine Anpressung und Stützung über einen überwiegenden Teil oder idealerweise über die gesamte Höhe der Elektrode zu erzielen.

[0036] Bei Versuchen im Rahmen der vorliegenden Erfindung wurde bei Testzellen zunächst eine Zellspannung von beispielsweise 1,30 V bei 5 kA/m² kurz nach dem Einschalten gemessen.

[0037] Nach längerer Laufzeit konnte eine weiter verringerte Betriebsspannung von 1,25 V bei 5 kA/m² gemessen werden. Somit ist bei Verwendung der erfindungsgemäßen Halteelemente eine Spannungsreduktion im Bereich von 100 bis 150 mV oder mehr möglich. Dies entspricht einer Verringerung des Energieverbrauchs von etwa 7,1 % bis 10,7% gegenüber einer bisher herkömmlichen Zellspannung von 1,4 V bei 5 kA/m².

[0038] Bei mechanischen Untersuchungen der Federsteifigkeiten an Prototypen der zuvor beschriebenen federnden Halteelemente wurde eine Membranbelastung von etwa 100 mbar bei einem Federweg von 2,5 mm errechnet.

[0039] Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist weiterhin ein federndes Halteelement zur Verwendung in einer Elektrolysezelle, um einen Anpressdruck auf eine flächige Formation umfassend wenigstens zwei Elektroden und eine Ionenaustauschermembran zu erzeugen, wobei das Halteelement elastoplastisch federnd ausgebildet ist.

[0040] Vorzugsweise umfasst das vorgenannte federnde Halteelement eine Mehrzahl jeweils zueinander parallel und mit Abstand zueinander angeordneter und miteinander verbundener Ringelemente oder es umfasst mindestens einen rohrförmigen Abschnitt.

[0041] Vorzugsweise sind weiterhin, bei der Variante der vorgenannten federnden Halteelemente mit Ringelementen, die Ringelemente über sich in einer Richtung senkrecht zur Ebene der Ringelemente erstreckende Stege miteinander verbunden.

[0042] Vorzugsweise sind bei der Variante der Halteelemente mit rohrförmigen Abschnitten diese Abschnitte mit Durchbrechungen versehen, um deren Steifigkeit zu reduzieren.

[0043] Ein solches federndes Halteelement weist weiterhin vorzugsweise eines oder mehrere der in der obigen Beschreibung bei der Erläuterung der erfindungsgemäßen Elektrolysezelle genannten Merkmale auf.

[0044] Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist weiterhin eine Elektrolysezelle umfassend wenigstens ein elastoplastisch federnd ausgebildetes Halteelement mit den zuvor genannten Merkmalen.

[0045] Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist weiterhin ein Elektrolyseur umfassend wenigstens eine Elektrolysezelle mit wenigstens einem federnden Halteelement mit den zuvor geschilderten Merkmalen.

[0046] Bevorzugt ist Gegenstand der Erfindung ein Elektrolyseur umfassend wenigstens zwei, vorzugsweise eine größere Anzahl von Elektrolysezellen mit den oben beschriebenen Merkmalen, in Reihenschaltung in einer Anordnung der Elektrolysezellen jeweils in ihrer Querrichtung nebeneinander, wobei auf die Kathodenkammer einer Elektrolysezelle jeweils die Anodenkammer der benachbarten Elektrolysezelle folgt. Eine solche Anordnung bezeichnet man auch als aufeinandergeschichtete Einzelzellen in Anordnung Rücken an Rücken oder auch bipolare bzw. Filterpressen-Bauart.

[0047] Nachfolgend wird die vorliegende Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine schematisch vereinfachte Ansicht einer beispielhaften erfindungsgemäßen Elektrolysezelle;

Fig. 2 einen vergrößerten Vertikalschnitt durch die Elektrolysezelle von **Fig. 1**;

Fig. 3 einen vergrößerten Horizontalschnitt durch die Elektrolysezelle von **Fig. 1**;

Fig. 4 eine Draufsicht eines federnden Halteelements gemäß einer beispielhaften Variante der vorliegenden Erfindung;

Fig. 5 eine Seitenansicht eines federnden Halteelements gemäß **Fig. 4**;

Fig. 6 eine Ansicht eines Querschnitts durch ein federndes Halteelement gemäß **Fig. 5**;

Fig. 7 eine Abwicklung eines federnden Halteelements gemäß den **Fig. 4** bis **Fig. 6**;

Fig. 8 eine beispielhafte Anordnung mehrerer Einzelzellen in einem Elektrolyseur;

Fig. 8 a eine vergrößerte Detailansicht eines Ausschnitts aus **Fig. 8**;

Fig. 9 ein Kraft-Weg-Diagramm welches den durchschnittlichen Anpressdruck in Abhängigkeit von der Federauslenkung eines erfindungsgemäßen elastoplastisch federnden Halteelements angibt;

Fig. 10 einen Horizontalschnitt durch eine Elektrolysezelle mit einem beispielhaften Halteelement gemäß einer alternativen Variante der vorliegenden Erfindung;

Fig. 11 eine Seitenansicht eines Halteelements, welches bei der Variante der Elektrolysezelle gemäß **Fig. 10** verwendet wird;

Fig. 12 eine perspektivische Ansicht des Halteelements von **Fig. 11**.

[0048] Nachfolgend wird zunächst unter Bezugnahme auf die **Fig. 1** bis **Fig. 3** der grundsätzliche Aufbau einer erfindungsgemäßen Elektrolysezelle **10** näher erläutert. In **Fig. 1** ist eine Ansicht der Elektrolysezelle von der Kathodenseite her gesehen dargestellt, wobei jedoch die Elektrode selbst aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit nicht dargestellt ist. Die Elektrolysezelle **10** hat in der Seitenansicht im Prinzip einen etwa rechteckigen Umriss. In einem Elektrolyseur sind in der Regel eine größere Anzahl von Elementen (Elektrolysezellen **10**) der in **Fig. 1** gezeigten Art in einem Block miteinander kombiniert. Dabei können mehrere Elektrolysezellen in an sich bekannter Weise bipolar in einer Reihenschaltung miteinander verschaltet sein, wobei benachbarte Einzelzellen Rücken an Rücken hintereinandergeschichtet liegen. Bei dieser Bauform wird der Abstand von Anode und Kathode minimiert, wobei man bei der herkömmlichen Bauform durch entsprechende Tolerierung der starren Bauteile sicherstellt, dass nur ein minimaler Spalt zwischen einer Elektrode und der Membran vorhanden ist, wodurch Membranschäden ausgeschlossen werden. Bei den herkömmlichen Zellen spricht man in diesem Fall von „finite-gap-Zellen“. Durch die erfindungsgemäße Änderung des Designs und Einführung der elastoplastischen Komponenten ergibt sich eine Nullabstandszelle oder „zero-gap-Zelle“, das heißt, dass Anode und Kathode nur noch durch die Ionenaustauschermembran voneinander getrennt sind. Eine Anordnung mehrerer Einzelzellen in dieser Form in Reihenschaltung ist in der **Fig. 8** dargestellt und wird anhand dieser Zeichnung später noch näher erläutert. Da in **Fig. 1** die Gasdiffusionselektrode und das flächige Streckmetall, auf dem die Gasdiffusionselektrode, die die eigentliche Kathodenelektrode bildet, nicht dargestellt sind, erkennt man die Stützstruktur **11** auf der Kathodenseite.

[0049] Weitere Details dieser starren Stützstruktur **11** auf der Kathodenseite ergeben sich aus der Detaildarstellung gemäß **Fig. 3**. Man sieht, dass dort auf der Kathodenseite mehrere Z-Profile **12** jeweils in Längsrichtung der Elektrolysezelle **10** mit Abstand zueinander angeordnet sind, wobei sich der längere Steg des „Z“ jeweils in Querrichtung der Elektrolysezelle und somit zur Anodenseite hin erstreckt. Mit Längsrichtung wird die größere (horizontale) Ausdehnungsrichtung in dem rechteckigen Umriss der Elektrolysezelle **10** in der Zeichnung gemäß **Fig. 1** von rechts nach links bezeichnet. Die kleinere (vertikale) Ausdehnungsrichtung in dem rechteckigen Umriss der Elektrolysezelle in der Zeichnung gemäß **Fig. 1** von unten nach oben wird als Höhenrichtung definiert. Die Ausdehnung der Elektrolysezelle senkrecht zur Zeichenebene in **Fig. 1** wird als Querrichtung bezeichnet. Die beiden kürzeren endseitigen Schenkel des „Z“, die etwa senkrecht zu dem längeren Steg des „Z“ verlaufen, erstrecken sich somit in Längsrichtung der Elektrolysezelle und sind in der Regel mit weiteren Stützstrukturen, die sich in Längsrichtung erstrecken, verschweißt. Die kürzeren endseitigen Schenkel des „Z“, die außenseitig liegen, sind wie man in **Fig. 3** erkennt mit der dort eingezeichneten Kathode, die in der vorliegenden Anmeldung als Stromverteiler **13** bezeichnet wird, beispielsweise durch Verschweißen verbunden. Die eigentliche Kathode bildet bei einer Elektrolysezelle dieses Typs die Sauerstoffverzehrelektrode, weshalb die Kathode hierin als Stromverteiler bezeichnet wird.

[0050] Ebenfalls in **Fig. 3** dargestellt ist die Anode **14**. Der rohrförmige anodische Flüssigkeitseinlass **15** befindet sich in **Fig. 3** auf der rechten Seite der Zeichnung. Der anodische Flüssigkeitsauslass **16** erstreckt sich nach unten hin und ist in **Fig. 2** erkennbar.

[0051] Der kathodische Gaseinlass **18a**, über den beispielsweise Reinstsauerstoff oder ein zumindest sauerstoffreiches Gas zugeführt werden kann, befindet sich in **Fig. 3** auf der linken Seite und liegt somit in Längsrichtung der Elektrolysezelle **10** gesehen auf der dem anodischen Flüssigkeitseinlass **15** gegenüber liegenden Seite. Der kathodische Flüssigkeitsauslass **19** für das entstehende Kondensat ist in **Fig. 2** auf der unteren Seite der Elektrolysezelle **10** erkennbar. Der kathodische Gasauslass **18b** ist ebenso wie der Gaseinlass in **Fig. 1**, in der Draufsicht der Kathodenkammer zu erkennen.

[0052] Man sieht in **Fig. 3** außerdem die in der Anodenkammer liegenden erfindungsgemäßen federnden Halteelemente **30**, deren Funktion weiter unten noch unter Bezugnahme auf die **Fig. 4** bis **Fig. 7** näher erläutert werden. Diese federnden Halteelemente **30** sind in der Elektrolysezelle **10** so angeordnet, dass sich ihre Achse in Höhenrichtung der Elektrolysezelle erstreckt. Die federnden Halteelemente haben im Querschnitt eine beidseitig etwas abgeflach-

te annähernd ovale Ringform und liegen in der Elektrolysezelle **10** so, dass die jeweils etwas abgeflachten, am Umfang gegenüber liegenden Bereiche an der Anode **14** einerseits und an der Anodenrückwand **17** andererseits anliegen. Somit drücken die Halteelemente **30** die Anode **14** an die Membran an (siehe auch **Fig. 8**) und werden andererseits von der Stützstruktur der Kathodenkammer beaufschlagt, welche die Z-Profile **12** umfasst. Wie man in **Fig. 3** erkennt liegen die Halteelemente **30** jedoch nicht genau dort, wo sich die Z-Profile **12** befinden, sondern in Längsrichtung der Zelle gesehen jeweils zu den Z-Profilen **12** versetzt, derart, dass in Längsrichtung gesehen immer jeweils ein Halteelement **30** vorzugsweise etwa mittig zwischen zwei Z-Profilen **12** liegt.

[0053] In **Fig. 2** erkennt man ebenso wie in **Fig. 3** den umlaufenden Rahmen **20** der Elektrolysezelle **10**, der lösbar mit den übrigen Bauelementen verbindbar sein kann und der insbesondere dazu dient, die Elemente zueinander abzudichten. Dazu ist der Rahmen beispielsweise als Stahlvollmaterial ausgebildet, um die Flanschflächen der Anoden- und der Kathodenkammer optimal zu unterstützen. Auf den Flanschflächen werden vorzugsweise die Dichtungen platziert, die die Elemente gegenüber der eingeklemmten Membran abdichten. Die erforderlichen Kräfte zum Abdichten des Zellstapels sind deutlich größer als die Kräfte, die zur Deformation der vorzugsweise elastoplastischen Komponenten gemäß der Erfindung benötigt werden.

[0054] In **Fig. 2** sind auch die zuvor beschriebenen federnden Halteelemente **30** in der Anodenkammer zu sehen, wobei man hier jeweils die Ringelemente **31** erkennt. Die Anodenkammer hat in dem Ausführungsbeispiel in Richtung der Breite (Querrichtung) der Elektrolysezelle **10** eine etwas größere Ausdehnung als die Kathodenkammer. Außerdem kann man in **Fig. 2** den längeren Steg eines der Z-Profile **12** der Stützstruktur in der Kathodenkammer erkennen.

[0055] Nachfolgend wird auf die **Fig. 4** bis **Fig. 7** Bezug genommen und anhand dieser wird der Aufbau eines beispielhaften Haltelements **30** gemäß der vorliegenden Erfindung näher erläutert. Dieses federnde und sich im montierten Zustand in der Elektrolysezelle teilweise auch plastisch verformende Halteelement **30** umfasst eine Mehrzahl zueinander parallel ausgerichteter und voneinander beabstandeter Ringelemente **31**, die wie aus der Querschnittsansicht gemäß **Fig. 6** erkennbar ist im Umriss nicht kreisrund sind, sondern eine in zwei am Umfang gegenüber liegenden Bereichen **32** jeweils leicht abgeflachte und somit insgesamt annähernd ovale Form aufweisen. Diese Ringelemente **31** können wie das federnde Halteelement **30** insgesamt aus Blechstreifen mit einer Materialstärke von beispielsweise weniger als 1 mm gefertigt sein. Alle Ringelemente **31** eines Haltelements **30** sind untereinander jeweils über zwei Stege **33, 34**

miteinander verbunden, wobei sich diese Stege **33, 34** jeweils in einer achsparallelen Richtung, das heißt in Längsrichtung des Haltelements erstrecken. Diese achsparallele Erstreckung der Stege **33, 34** verläuft somit jeweils etwa senkrecht zur Umfangsrichtung der Ringelemente **31**. Aus der Schnittansicht gemäß **Fig. 6** ergibt sich, dass sich die beiden Stege **33, 34** bezogen auf das einzelne Ringelement **31** jeweils am Umfang gegenüber liegen, wobei sich die Stege **33, 34** jeweils dort befinden, wo die Ringelemente **31** jeweils die abgeflachten Bereiche **32** aufweisen.

[0056] **Fig. 7** zeigt eine mögliche Abwicklung bzw. einen beispielhaften Zuschnitt des zuvor beschriebenen Haltelements **30**, aus dem das erfindungsgemäße Halteelement zu der in **Fig. 6** gezeigten zweiseitig abgeflachten zylindrischen Form gebogen wird. Man erkennt hier die Blechstreifen, aus denen die zahlreichen parallelen Ringelemente **31** entstehen, sowie einen der beiden in Längsrichtung bzw. axialer Richtung verlaufenden Stege **33**. Der zweite Steg ist in dem Zuschnitt gemäß **Fig. 7** jeweils an den Rändern zur Hälfte vorgesehen, so dass nach dem Biegen in die zylindrische Form die beiden Hälften **34a, 34b** miteinander verbunden werden können und dann den zweiten Steg **34** bilden.

[0057] Nachfolgend werden unter Bezugnahme auf die **Fig. 8** und **Fig. 8a** Aufbau und Funktion eines beispielhaften Elektrolyseurs mit mehreren Elektrolysezellen der oben beschriebenen Art in Reihenschaltung näher erläutert. In der Zeichnung sind beispielhaft vier Elektrolysezellen **10** in Reihenschaltung jeweils in Anordnung Rücken an Rücken dargestellt, die so angeordnet sind, dass die Elektrolysezellen **10** in ihrer oben beschriebenen Querrichtung hintereinander liegen, derart dass sich immer Anodenkammer und Kathodenkammer abwechseln, wobei jeweils zwischen einer Kathodenkammer **21** und einer Anodenkammer **22** zweier benachbarter Elektrolysezellen **10** jeweils eine Ionenaustauschermembran **23** angeordnet ist. Der elektrische Stromfluss durch die Anordnung von Elektrolysezellen ist in **Fig. 8** beispielhaft und schematisch vereinfacht durch den mäandernden Pfeil **24** dargestellt, wobei der Stromfluss tatsächlich über die gesamte Elektrodenfläche stattfindet.

[0058] In der detaillierteren Darstellung gemäß **Fig. 8 a** sind weitere Details der Anordnung erkennbar. Man sieht dort eines der in der Anodenkammer **22** liegenden federnden Halteelemente **30** in der Draufsicht mit seiner abgeflachten ringförmigen Struktur. Die einzelnen Bauelemente liegen in Querrichtung der Anordnung gesehen ausgehend von der zweitobersten Elektrolysezelle zur ersten obersten Elektrolysezelle in folgender Reihenfolge: Anode **14** der zweitobersten Elektrolysezelle, Ionenaustauschermembran **23**, Gasdiffusionselektrode (ODC oder Sauerstoffverzehrkathode) **24** und kathodischer

Stromverteiler **13** (zur ersten obersten Elektrolysezelle gehörig). Die genannte Reihenfolge setzt sich dann in der Anordnung mehrerer in Reihe geschalteter Elektrolysezellen so fort. Man erkennt in **Fig. 8a**, dass die federnden Halteelemente **30** somit mit ihren Ringelementen **31** die Anode **14** stützen und an die Ionenaustauschermembran **23** andrücken, wobei wiederum diese Ionenaustauschermembran dicht an der Gasdiffusionselektrode **24** anliegt, welche wiederum dicht an dem kathodischen Stromverteiler **13** der benachbarten Elektrolysezelle anliegt, welche die Z-Profile **12** als Stützstruktur aufweist. In der Zeichnung ist jeweils ein Abstand zwischen der Anode **14**, der Ionenaustauschermembran **23** und der Gasdiffusionselektrode **24** dargestellt, was aber lediglich der besseren zeichnerischen Darstellung dient, d.h. es handelt sich hier quasi um eine teilweise explodierte Darstellung. Tatsächlich wird angestrebt, dass die Anode, die Ionenaustauschermembran, die Gasdiffusionselektrode und der kathodische Stromverteiler dicht aneinander (aufeinander) liegen, so dass sich die so genannte „zero-gap“-Konfiguration ergibt. Durch die erfindungsgemäßen Halteelemente **30** wird dieses Ziel unterstützt, da diese die Anode aufgrund ihrer elastoplastischen Federkraft und mit ihrer Fähigkeit zu einer gewissen plastischen Verformung an die Gasdiffusionselektrode und die weiteren flächigen Elemente der Anordnung andrücken und somit eine Spaltbildung zwischen diesen verhindern.

[0059] Dabei sind die Halteelemente **30** in der Anodenkammer so angeordnet, dass sich ihre Achse in Höhenrichtung der Elektrolysezelle erstreckt, so dass das Andrücken über die federnden und verformbaren Ringelemente **31** quasi in deren radialer Richtung erfolgt und nicht wie beispielsweise bei einer Spiralfeder über einen Federeffekt in axialer Richtung der Feder.

[0060] In **Fig. 9** ist ein Kraft-Weg-Diagramm wiedergegeben, welches den durchschnittlichen Anpressdruck in mbar bezogen auf die Elektrodenfläche angibt, den ein erfindungsgemäßes elastoplastisches federndes Halteelement auf die Membran ausübt, in Abhängigkeit von der jeweiligen Federauslenkung des Ringelements in mm. In dem Diagramm sind zwei Kurven eingezeichnet. Die obere Kurve **35** ergibt sich aus den Messungen für ein Ringelement aus Titanblech mit einer Materialstärke von 0,6 mm. Die untere Kurve **36** ergibt sich aus den Messungen für ein Ringelement mit einer geringeren Materialstärke von nur 0,5 mm. Man erkennt, dass der Anpressdruck bei beiden Kurven mit zunehmender Federauslenkung immer weniger zunimmt, so dass sich eine asymptotische Annäherung an die Horizontale ergibt und somit ein bestimmter Grenzwert für den Anpressdruck nicht überschritten wird, da das Ringelement zuvor mit einer plastischen Verformung reagiert. Dieser Grenzwert ist bei dem Ringelement aus Blech mit einer ge-

ringeren Materialstärke niedriger als bei dem Ringelement mit größerer Materialstärke (Kurve **35**).

[0061] Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf die **Fig. 10** bis **Fig. 12** eine alternative Ausführungsvariante der vorliegenden Erfindung erläutert. **Fig. 10** ist eine ähnliche horizontale Schnittansicht einer Elektrolysezelle, wie sie bereits unter Bezugnahme auf **Fig. 3** oben erläutert wurde, so dass die analogen Bauteile hier nicht noch einmal beschrieben werden. Jedoch sind bei dieser Variante gemäß dem Ausführungsbeispiel von **Fig. 10** die Halteelemente, die hier mit dem Bezugszeichen **40** bezeichnet sind, anders ausgestaltet. Diese Halteelemente **40** können wie oben beschrieben zwischen der Anode **14** und der Anodenrückwand **17** in der Anodenkammer so angeordnet sein, dass sie einen Anpressdruck auf die flächige Elektrodenstruktur ausüben, wobei die Halteelemente in der Querrichtung der Anodenkammer, das heißt in Richtung der Flächennormalen zur flächigen Anordnung der Elektroden, flexibel und in einem gewissen Ausmaß plastisch verformbar sind. Die Halteelemente **40** haben bei dieser Variante einen polygonalen, beispielsweise einen etwa rautenförmigen Querschnitt und werden vorzugsweise in Richtung einer der Diagonalen dieser Rautenform beaufschlagt. Auch bei dieser Variante können die Halteelemente **40** beispielsweise aus einem Blechmaterial aus Titan, Nickel oder einem der anderen oben genannten Materialien bestehen.

[0062] Weitere Details der Rautenform der Halteelemente **40** ergeben sich aus den **Fig. 11** und **Fig. 12**, die eine Seitenansicht bzw. eine perspektivische Ansicht eines Halteelements zeigen. Man sieht, dass die Halteelemente **40** mindestens abschnittsweise eine längliche Rohrform mit etwa rautenförmigem Querschnitt aufweisen, wobei ihre axiale Erstreckung im eingebauten Zustand der Höhenrichtung der Elektrolysezelle entspricht (siehe auch **Fig. 10**). Um die Flexibilität und gegebenenfalls eine gewisse plastische Verformung im eingebauten Zustand zu erreichen, weisen die Halteelemente **40** in ihren Wänden **41**, welche rohrförmige Abschnitte bilden, zahlreiche Durchbrechungen **42** oder Ausstanzungen auf, die beispielsweise schlitzartig ausgebildet und die in sich in Längsrichtung des Halteelements erstreckenden Reihen, insbesondere in mehreren Reihen angeordnet sein können. Durch diese Durchbrechungen **42** wird das ansonsten rohrförmige Halteelement **40** etwas geschwächt, so dass seine Steifigkeit abnimmt und die angestrebte Flexibilität in Querrichtung (Diagonalrichtung) erzielt wird. In **Fig. 10** erkennt man, dass die Rautenform des Querschnitts in dem an der Anode **14** anliegenden Eckbereich und im gegenüber liegenden Eckbereich leichte Abflachungen **43** aufweist, ähnlich zu den abgeflachten Bereichen **32** bei der unter Bezugnahme auf **Fig. 3** oben beschriebenen Variante.

Bezugszeichenliste

10	Elektrolysezelle
11	Stützstruktur
12	Z-Profile
13	Stromverteiler
14	Anode
15	anodischer Flüssigkeitseinlass
16	anodischer Flüssigkeitsauslass
17	Anodenrückwand
18 a	kathodischer Gaseinlass
18 b	kathodischer Gasauslass
19	kathodischer Flüssigkeitsauslass
20	umlaufender Rahmen
21	Kathodenkammer
22	Anodenkammer
23	Ionenaustauschermembran
24	Pfeil für den Stromfluss
30	federndes Halteelement
31	Ringelement
32	abgeflachte Bereiche
33	axialer Steg
34	axialer Steg
35	obere Kurve
36	untere Kurve
40	federndes Halteelement
41	Wände des Halteelements, rohrförmige Abschnitte
42	Durchbrechungen
43	Abflachungen

ZITATE ENHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- WO 03/014419 A2 [0008, 0029]
- US 2009/0050472 A1 [0009]

Patentansprüche

1. Elektrolysezelle umfassend eine Anodenkammer (22) und eine Kathodenkammer (21), die durch eine Ionenaustauschermembran (23) voneinander getrennt sind, wobei die Elektrolysezelle (10) weiterhin eine Anode (14), eine Gasdiffusionselektrode (24) und einen kathodischen Stromverteiler (13) aufweist, wobei Anode (14), Ionenaustauschermembran (23), Gasdiffusionselektrode (24) und kathodischer Stromverteiler (13) in der genannten Reihenfolge jeweils miteinander im direkten Berührungskontakt stehen und wobei jenseits der Anode (14) und/oder jenseits des kathodischen Stromvertellers (13) federnde Halteelemente (30, 40) angeordnet sind, die einen Anpressdruck auf die Anode (14) und/oder auf den kathodischen Stromverteiler (13) ausüben, **dadurch gekennzeichnet**, dass die federnden Haltelemente (30, 40) Ringelemente (31) oder mindestens einen rohrförmigen Abschnitt (41) umfassen, deren Achse in Höhen- oder Längsrichtung der Elektrolysezelle (10) ausgerichtet ist.

2. Elektrolysezelle, insbesondere nach Anspruch 1, umfassend eine Anodenkammer (22) und eine Kathodenkammer (21), die durch eine Ionenaustauschermembran (23) voneinander getrennt sind, wobei die Elektrolysezelle (10) weiterhin eine Anode (14), eine Gasdiffusionselektrode (24) und einen kathodischen Stromverteiler (13) aufweist, wobei Anode (14), Ionenaustauschermembran (23), Gasdiffusionselektrode (24) und kathodischer Stromverteiler (13) in der genannten Reihenfolge jeweils miteinander im direkten Berührungskontakt stehen und wobei jenseits der Anode (14) und/oder jenseits des kathodischen Stromvertellers (13) federnde Halteelemente (30, 40) angeordnet sind, die einen Anpressdruck auf die Anode (14) und/oder auf den kathodischen Stromverteiler (13) ausüben, **dadurch gekennzeichnet**, dass die federnden Haltelemente (30, 40) Ringelemente (31) oder mindestens einen rohrförmigen Abschnitt (41) umfassen, welche in der Elektrolysezelle (10) neben einer elastischen Verformung mindestens teilweise eine plastische Verformung erfahren und elastoplastisch federnd ausgebildet sind

3. Elektrolysezelle nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ringelemente (31) oder die rohrförmigen Abschnitte (41) der federnden Halteelemente (30, 40) in der Anodenkammer (22) oder in der Kathodenkammer (21), insbesondere zwischen der Anode (14) und dem kathodischen Stromverteiler (13) so angeordnet sind, dass sie in radialer - Richtung auf Kompression beaufschlagt werden.

4. Elektrolysezelle nach Anspruch 1 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ringelemente (31) oder rohrförmigen Abschnitte (41) der Halteelemente (30, 40) in der Elektrolysezelle (10) neben einer elastischen Verformung mindestens teilweise eine plas-

tische Verformung erfahren und elastoplastisch federnd ausgebildet sind.

5. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die federnden Haltelemente (30) eine Mehrzahl jeweils zueinander parallel und mit Abstand zueinander angeordneter und miteinander verbundener Ringelemente (31) aufweisen.

6. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ringelemente (31) über sich in einer Richtung senkrecht zur Ebene der Ringelemente (31) erstreckende Stege (33, 34) miteinander verbunden sind.

7. Elektrolysezelle nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens zwei die Ringelemente (31) untereinander verbindende Stege (33, 34) vorgesehen sind, die über den Umfang der Ringelemente (31) gesehen sich etwa gegenüber liegen.

8. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ringelemente (31) einen von der Kreisform abweichenden ovalisierten Querschnitt aufweisen.

9. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die rohrförmigen Abschnitte (41) der Halteelemente (40) eine Mehrzahl von Durchbrechungen (42), insbesondere schlitzförmige Durchbrechungen aufweisen.

10. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 bis 4 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Halteelemente (40) rohrförmige Abschnitte (41) mit polygonalem, insbesondere mit etwa rautenförmigem Querschnitt aufweisen.

11. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ringelemente (31) der Halteelemente (30) oder die rohrförmigen Abschnitte (41) der Halteelemente (40) einen von der Kreisform oder von der Rautenform abweichenden, in zwei am Umfang gegenüber liegenden Bereichen (32) abgeflachten Querschnitt aufweisen.

12. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ringelemente (31) und/oder die diese untereinander verbindenden Stege (33, 34) der Halteelemente (30) oder die rohrförmigen Abschnitte (41) der Halteelemente (40) aus Blech gefertigt sind.

13. Elektrolysezelle nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ringelemente (31) und/oder die diese untereinander verbindenden Stege (33, 34) oder die rohrförmigen Abschnitte (41) aus Blech mit einer Materialstärke von weniger als einem

Millimeter, vorzugsweise mit einer Materialstärke von weniger als 0,8 mm gefertigt sind.

14. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die federnden Halteelemente (30, 40) mindestens teilweise aus einem Titanwerkstoff, einem Nickelwerkstoff, einem Graphitwerkstoff oder einem anderen Werkstoff mit einer für den Betrieb einer Elektrolysezelle ausreichenden Leitfähigkeit gefertigt sind.

15. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass diese wenigstens zwei in Längsrichtung der Elektrolysezelle (10) zueinander beabstandet angeordnete federnde Halteelemente (30) umfasst.

16. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass diese eine in der Kathodenkammer (21) angeordnete Stützstruktur mit wenigstens zwei sich in Querrichtung der Elektrolysezelle (10) erstreckenden Z-Profilen (12) umfasst, die in Längsrichtung der Elektrolysezelle (10) voneinander beabstandet angeordnet sind.

17. Elektrolysezelle nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die federnden Halteelemente (30, 40) in der Anodenkammer (22) angeordnet sind und diese jeweils so angeordnet sind, dass in Längsrichtung der Elektrolysezelle (10) gesehen die federnden Halteelemente (30, 40) zu den Z-Profilen (12) versetzt angeordnet sind.

18. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Höhenrichtung der Elektrolysezelle gesehen wenigstens zwei Halteelemente (30, 40) in axialer Verlängerung übereinander angeordnet sind, vorzugsweise wenigstens drei Halteelemente (30, 40) in axialer Verlängerung übereinander angeordnet sind.

19. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die federnden Halteelemente (30, 40) mit wenigstens einem benachbarten Bauelement der Elektrolysezelle, insbesondere mit der Anode und/oder mit einer Rückwand der Elektrolysezelle verschweißt sind.

20. Federndes Halteelement (30, 40) zur Verwendung in einer Elektrolysezelle, um einen Anpressdruck auf eine flächige Formation umfassend wenigstens zwei Elektroden und eine Ionenaustauschermembran zu erzeugen, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Halteelement (30) elastoplastisch federnd und/oder sich mindestens teilweise plastisch verformend ausgebildet ist.

21. Federndes Halteelement (30, 40) nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass dieses eine Mehrzahl jeweils zueinander parallel und mit Ab-

stand zueinander angeordneter und miteinander verbundener Ringelemente (31) oder mindestens einen rohrförmigen Abschnitt (41) umfasst.

22. Federndes Halteelement (30) nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ringelemente (31) über sich in einer Richtung senkrecht zur Ebene der Ringelemente (31) erstreckende Stege (33, 34) miteinander verbunden sind.

23. Federndes Halteelement (40) nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass der rohrförmige Abschnitt oder die rohrförmigen Abschnitte (41) eine Mehrzahl von Durchbrechungen (42) aufweisen.

24. Federndes Halteelement (30, 40) nach einem der Ansprüche 20 bis 23, **gekennzeichnet durch** die Merkmale eines der Ansprüche 7 bis 14.

25. Elektrolysezelle umfassend mindestens ein elastoplastisch federnd ausgebildetes Halteelement (30) mit den Merkmalen eines der Ansprüche 20 bis 24.

26. Elektrolyseur umfassend wenigstens eine Elektrolysezelle mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 19 oder 25.

27. Elektrolyseur umfassend wenigstens zwei, vorzugsweise eine größere Anzahl von Elektrolysezellen mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 19 oder 25 in Reihenschaltung in einer Anordnung der Elektrolysezellen jeweils in ihrer Querrichtung nebeneinander, wobei auf die Kathodenkammer einer Elektrolysezelle jeweils die Anodenkammer der benachbarten Elektrolysezelle folgt.

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

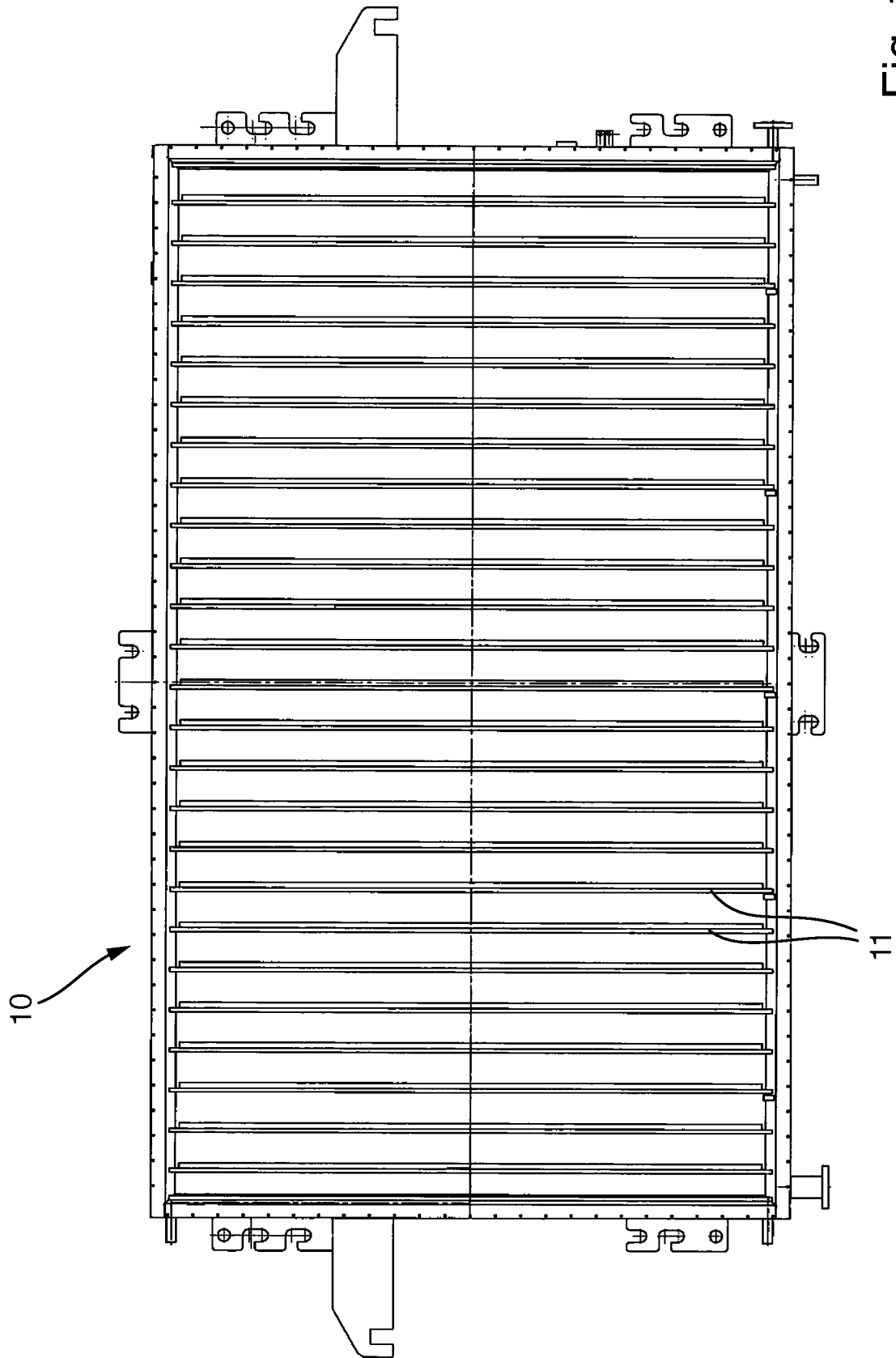


Fig. 1

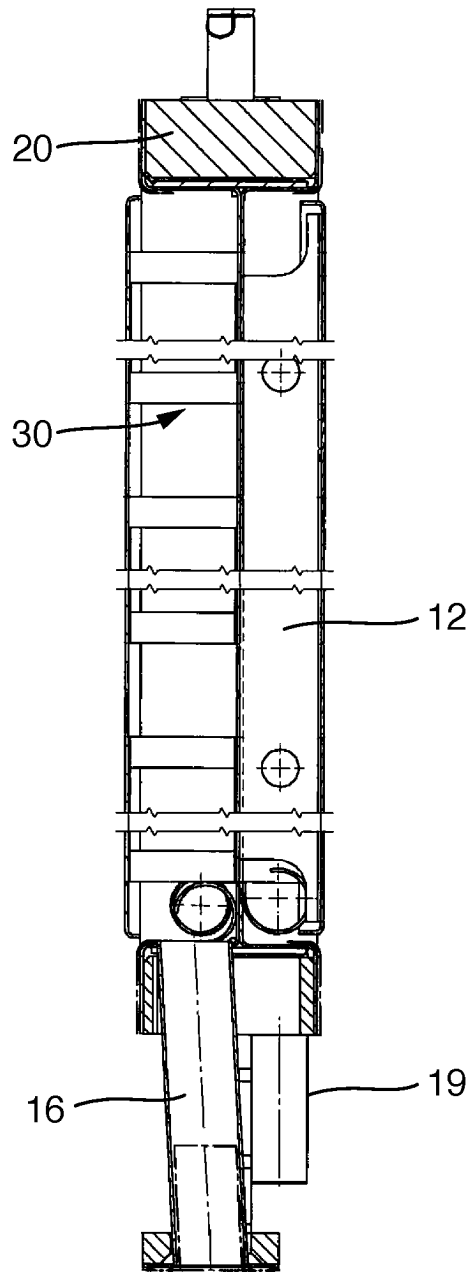


Fig. 2

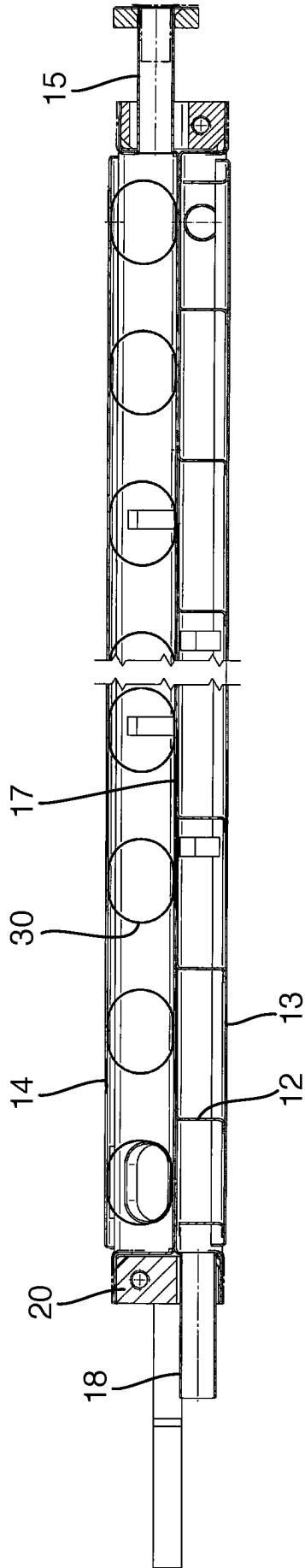


Fig. 3

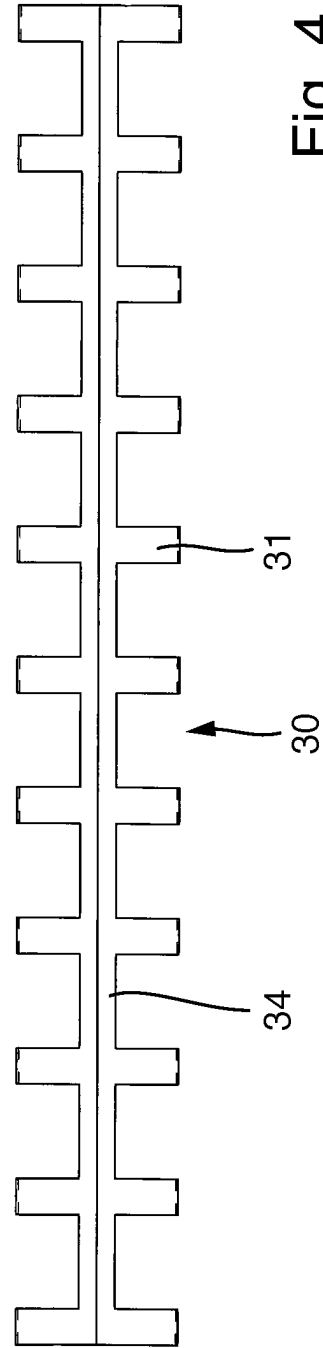
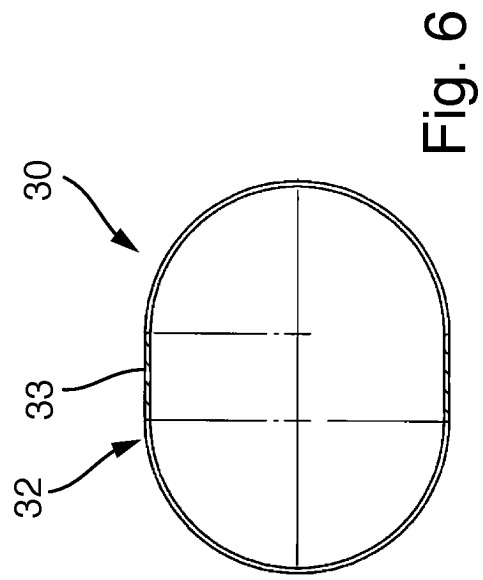
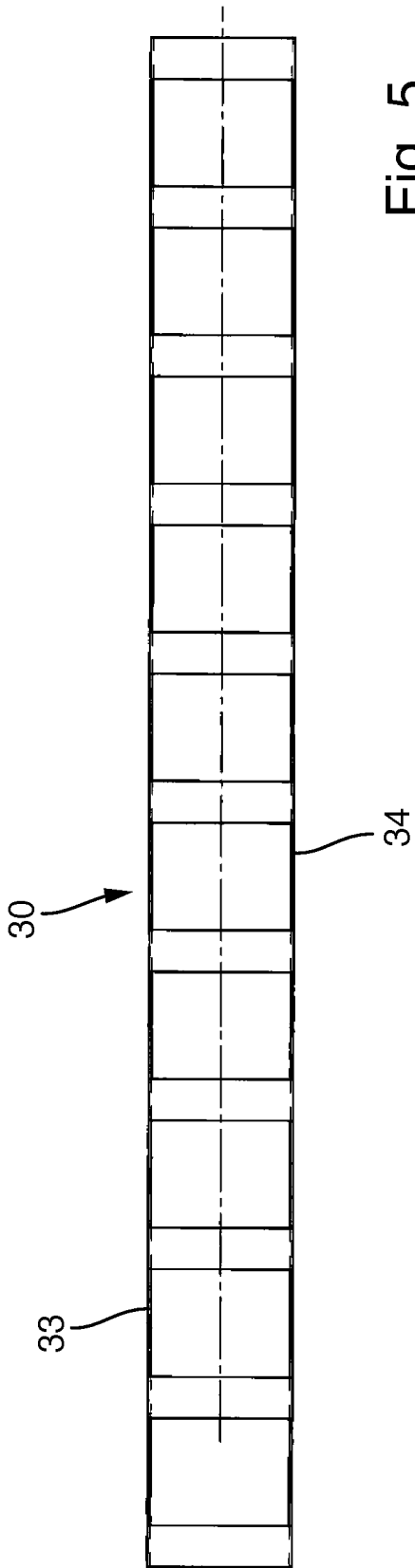


Fig. 4



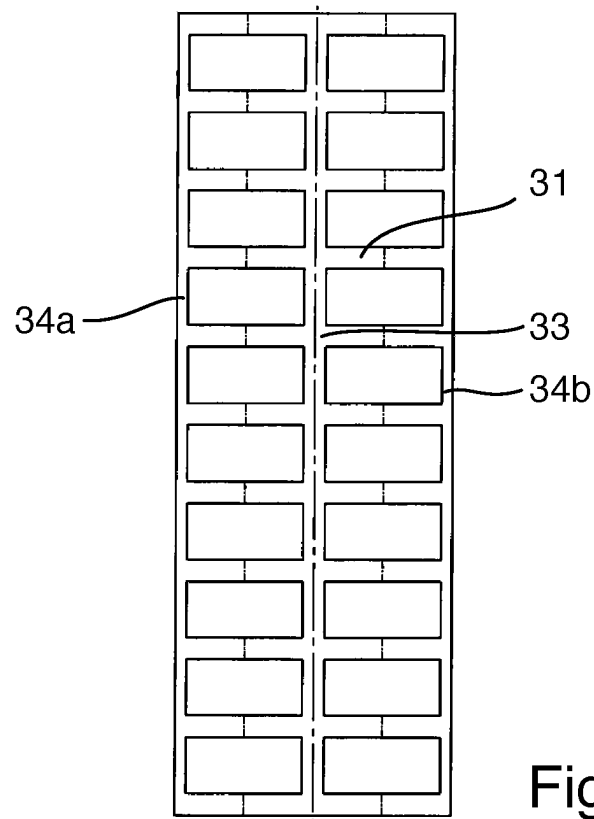


Fig. 7

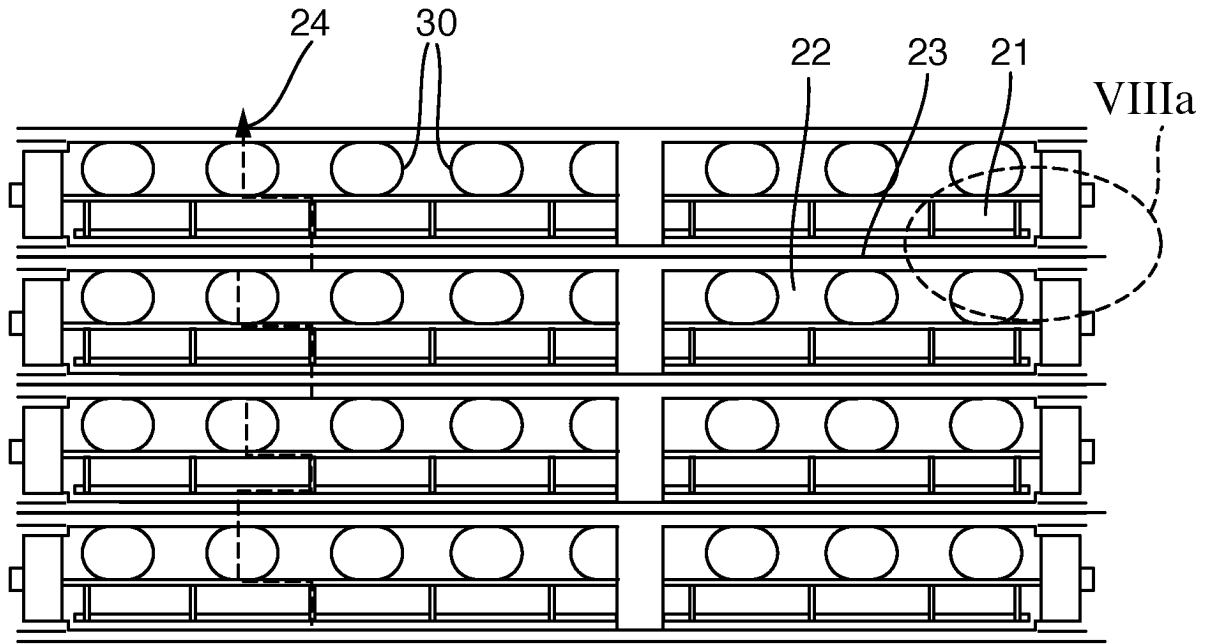


Fig. 8

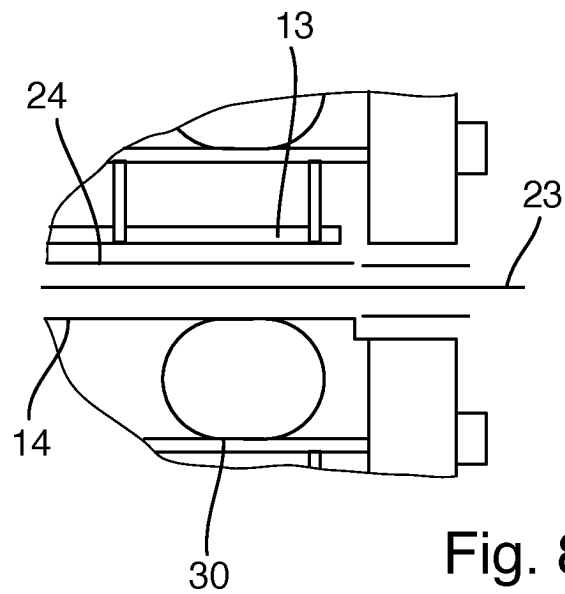


Fig. 8a

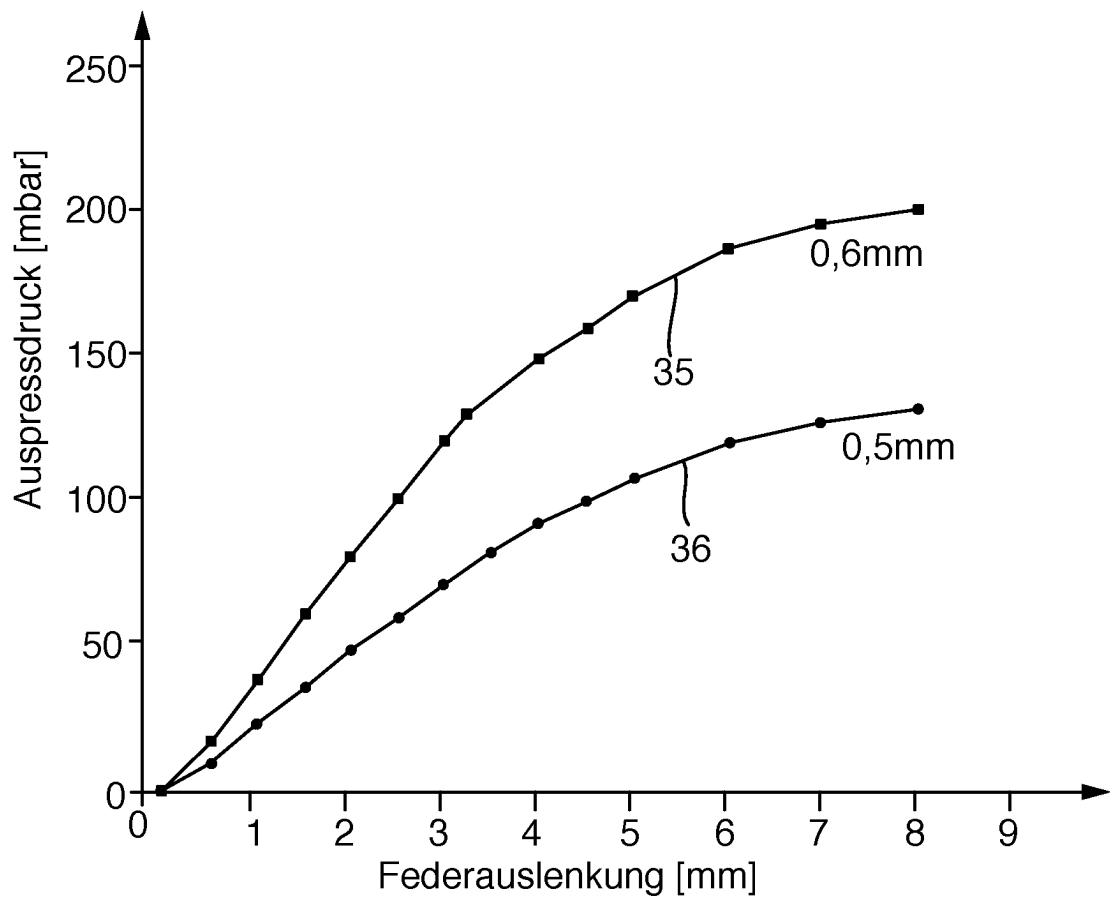


Fig. 9

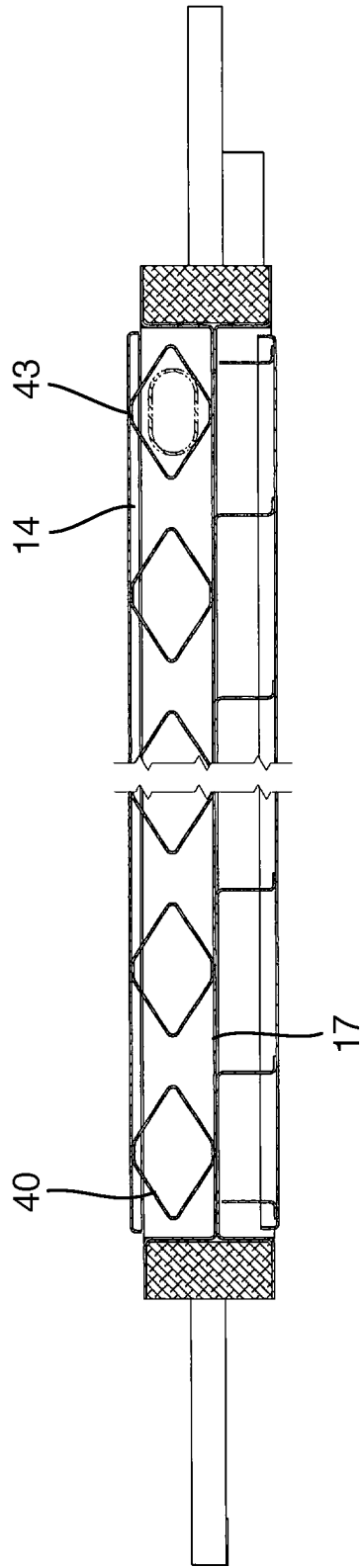


Fig. 10

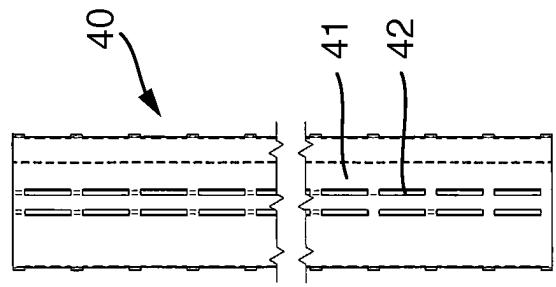


Fig. 11

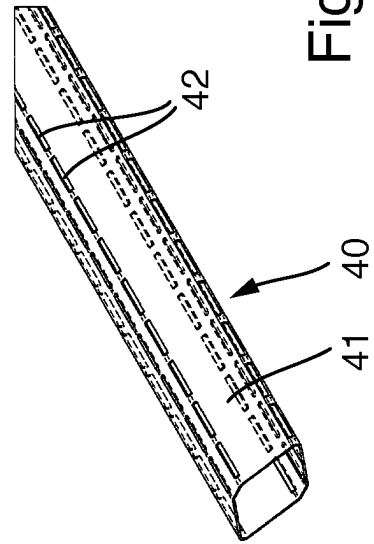


Fig. 12