

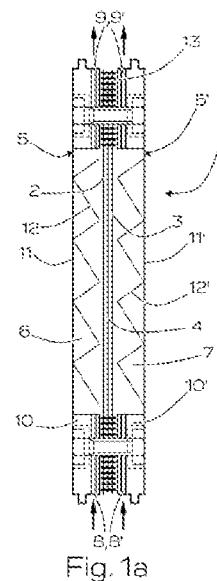
(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50387/2023 (51) Int. Cl.: **C25B 1/04** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 17.05.2023 **C25B 9/05** (2021.01)
(43) Veröffentlicht am: 15.01.2024

(56) Entgegenhaltungen: DE 102011100768 A1 EP 4194587 A1 EP 2716794 A1 US 2016130708 A1 US 2004040862 A1 US 4721555 A CN 115821299 A CN 115821300 A CN 114232004 A	(71) Patentanmelder: Andritz AG 8045 Graz (AT) (72) Erfinder: Rechberger Andreas 6300 Zug (CH) (74) Vertreter: Puchberger & Partner Patentanwälte 1010 Wien (AT)
---	--

(54) **Elektrolysezelle und Elektrolysevorrichtung mit einer Elektrolysezelle**

(57) Die Erfindung betrifft eine Elektrolysezelle zur alkalischen Wasserstoffelektrolyse, umfassend eine elektrische Anode, eine elektrische Kathode und eine im Wesentlichen gasundurchlässige, ionendurchlässige und elektrisch isolierende Membran die zwischen der Anode und der Kathode angeordnet ist, zwei elektrisch leitende Halbschalen, die an ihren Rändern miteinander elektrisch isolierend verbunden sind, wobei die Anode mit der ersten Halbschale elektrisch leitend verbunden ist, und die Kathode mit der zweiten Halbschale elektrisch leitend verbunden ist, und wobei die Anode, die Kathode und die Membran zwischen den beiden Halbschalen angeordnet sind, sodass ein Anodenraum und ein Kathodenraum gebildet werden, und wobei die Halbschalen jeweils zumindest eine Zuleitung und zumindest eine Ableitung für ein Medium umfassen, wobei die Halbschalen jeweils einen metallischen Stützrahmen zur Aufnahme von Druckkräften und jeweils eine im Wesentlichen plane, metallische Außenhaut umfassen, wobei der Stützrahmen und die Außenhaut stoffschlüssig verbunden, vorzugsweise verschweißt, sind.



Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Elektrolysezelle zur alkalischen Wasserstoffelektrolyse, umfassend eine elektrische Anode, eine elektrische Kathode und eine im Wesentlichen gasundurchlässige, ionendurchlässige und elektrisch isolierende Membran die zwischen der Anode und der Kathode angeordnet ist, zwei elektrisch leitende Halbschalen, die an ihren Rändern miteinander elektrisch isolierend verbunden sind, wobei die Anode mit der ersten Halbschale elektrisch leitend verbunden ist, und die Kathode mit der zweiten Halbschale elektrisch leitend verbunden ist, und wobei die Anode, die Kathode und die Membran zwischen den beiden Halbschalen angeordnet sind, sodass ein Anodenraum und ein Kathodenraum gebildet werden, und wobei die Halbschalen jeweils zumindest eine Zuleitung und zumindest eine Ableitung für ein Medium umfassen, wobei die Halbschalen jeweils einen metallischen Stützrahmen zur Aufnahme von Druckkräften und jeweils eine im Wesentlichen plane, metallische Außenhaut umfassen, wobei der Stützrahmen und die Außenhaut stoffschlüssig verbunden, vorzugsweise verschweißt, sind.

Fig. 1a

Elektrolysezelle und Elektrolysevorrichtung mit einer Elektrolysezelle

Die Erfindung betrifft eine Elektrolysezelle und eine Elektrolysevorrichtung zur Herstellung von Wasserstoff.

Verschiedene Verfahren zur Herstellung von Wasserstoff (H_2) sind im Stand der Technik bekannt. Beispielsweise kann Wasserstoff aus Erdgas/Methan gewonnen werden, was zu sogenanntem blauen oder grauen Wasserstoff führt. Verfahren wie diese benötigen jedoch Kohlenwasserstoffe als Ausgangsprodukt.

Eine umweltfreundlichere Variante der Wasserstoffherstellung ist die Herstellung durch Elektrolyse aus Wasser und die Nutzung von Strom aus erneuerbarer Energie. Dieses Herstellungsverfahren führt zum sogenannten grünen Wasserstoff und ist besonders vorteilhaft, da die Wasserstoffherstellung eine Möglichkeit zur Speicherung von überschüssigem Strom, beispielsweise aus Windkraft, bietet.

Die Wasserstoffherstellung durch Elektrolyse ist seit langem im Stand der Technik bekannt. In der Industrie werden dabei besonders das Verfahren der alkalischen Elektrolyse und die Elektrolyse mittels Protonen-Exchange-Membran genutzt.

Im Stand der Technik bekannte alkalische Elektrolyseure sind zumeist Systeme, die unter atmosphärischem Druck bzw. leichtem Überdruck bis 1 bar betrieben werden. Solche Systeme sind oft als zusammengeschaltete Einzelzellen ausgeführt, um so leichteren Transport und Aufbau des Elektrolyseurs zu ermöglichen. Die Zufuhr von Medium, oft eine Kaliumhydroxidlösung (KOH), im Fall eines alkalischen Elektrolyseurs erfolgt hierbei für jede Einzelzelle separat. Auch die Abfuhr von Produkt und überschüssiger KOH erfolgt für jede Einzelzelle separat. Das Problem bei einem Verfahren unter solchen Bedingungen ist, dass der Wasserstoff für die Weiterverarbeitung oder den Weitertransport komprimiert werden muss. Für Systeme, die unter atmosphärischen Bedingungen betrieben werden, wird also zusätzlich ein Verdichter benötigt. Der Nachteil dieser Verdichter ist jedoch deren hohe Wartungsintensität und die dadurch entstehenden zusätzlichen Kosten.

Alkalische Elektrolyseure können auch als druckbehaftete Systeme ausgeführt sein. Hierbei werden sie in der Regel bei bis zu 30 bar betrieben. Druckbehaftete Elektrolyseure sind als integrierte Multizellen Stacks ausgeführt, das heißt, dass die Verteilung der Lauge und die Entnahme des Produkts innerhalb der Zellen erfolgt. Der Nachteil von Systemen, die unter Druck betrieben werden ist, dass sie schwer zu transportieren und zusammenzubauen sind. Derartige Systeme wiegen bis zu 90 Tonnen. Auch erschwert diese Ausführungsform die serienmäßige Fertigung von druckbehafteten Systemen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die Probleme des Standes der Technik zu überwinden und einen druckbehafteten Elektrolyseur zur Verfügung stellen, der Einzelzellen umfasst, deren Transport, Aufbau und/oder Wartung möglichst einfach ist. Eine weitere Aufgabe der Erfindung kann darin gesehen werden, ein möglichst leistungsstarkes System unter geringem Materialeinsatz bereitzustellen und eine möglichst einfache serielle Produktion der Komponenten für eine druckbehaftete Elektrolysevorrichtung zu ermöglichen.

Diese und andere Aufgaben werden durch eine **Elektrolysezelle gemäß Anspruch 1** gelöst.

Eine erfindungsgemäße Elektrolysezelle zur alkalischen Wasserstoffelektrolyse umfasst eine elektrische Anode, eine elektrische Kathode und eine im Wesentlichen gasundurchlässige, ionendurchlässige und elektrisch isolierende Membran, die zwischen der Anode und der Kathode angeordnet ist. Die Elektrolysezelle umfasst zwei elektrisch leitende Halbschalen, die an ihren Rändern miteinander elektrisch isolierend verbunden sind, wobei die Anode mit der ersten Halbschale elektrisch leitend verbunden ist, und die Kathode mit der zweiten Halbschale elektrisch leitend verbunden ist, und wobei die Anode, die Kathode und die Membran zwischen den beiden Halbschalen angeordnet sind, sodass ein Anodenraum und ein Kathodenraum gebildet werden, und wobei die Halbschalen jeweils zumindest eine Zuleitung und zumindest eine Ableitung für ein Medium umfassen.

Die alkalische Wasserstoffelektrolyse kann hierbei die Elektrolyse mittels wässriger Kaliumhydroxidlösung (KOH) oder wässriger Natriumhydroxidlösung (NaOH) als Medium umfassen. Als Medium sind somit die Laugen KOH und NaOH, die Gase H_2 und O_2 , sowie Mischungen dieser Substanzen zu verstehen.

Die Elektrolysezelle ist vorzugsweise als Zero-gap System ausgeführt. Das Zero-gap System erlaubt den direkten Kontakt der Elektroden (Kathode und Anode) mit der Membran, wodurch eine höhere Stromdichte (bis zu 500 mA/cm^2) möglich ist als bei Zellen, bei denen die Elektroden weiter voneinander entfernt angeordnet sind. Diese Ausführungsform erlaubt eine kompakte Bauweise und minimiert Überspannungen.

Die gasundurchlässige, ionendurchlässige Membran ist elektrisch isolierend, damit es nicht zu Kurzschlüssen zwischen den Elektroden kommt. Die Membran ist vorzugsweise 0.05 mm bis 0.5 mm dick und porös. Die Ionendurchlässigkeit ist durch Lauge, die in die Membran eindringt gegeben. Gas kann aufgrund der Polarität des Materials nicht durch die Membran diffundieren, da die Membran unpolare Verbindungen wie H_2 und O_2 im Wesentlichen abstößt. OH^- - Ionen können jedoch durch die Membran diffundieren. Als Membran kann beispielsweise ein Polyphenylensulfid-gewebe, dass mit einer Mischung aus einem Polymer (z. B. Polysulfon) und Zirkoniumoxid (ZrO_2) beschichtet ist, vorgesehen sein.

Die Halbschalen der Elektrolysezelle sind miteinander verbunden, wobei die Verbindung vorzugsweise durch Verschrauben der Halbschalen miteinander hergestellt wird. Die Halbschalen sind im Wesentlichen so ausgebildet, dass durch Anlegen einer Gleichspannung von mindestens 1,23 Volt im Kathodenraum H_2 und OH^- und im Anodenraum O_2 und H_2O gebildet werden. OH^- kann in weiterer Folge durch die Membran in den Anodenraum diffundieren, wodurch erneut O_2 und H_2O gebildet werden können. Vorzugsweise wird während des Betriebs für eine Einzelzelle eine Spannung von 1,48 Volt oder mehr zwischen Anode und Kathode verwendet.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Halbschalen jeweils an ihren Rändern einen massiven, umlaufenden metallischen **Stützrahmen** zur Aufnahme von Druckkräften aufweisen. Der Stützrahmen umspannt eine großflächige, im Wesentlichen plane, metallische Außenhaut der Halbschalen. Der Stützrahmen und die Außenhaut sind stoffschlüssig verbunden, vorzugsweise verschweißt.

Der metallische Stützrahmen kann aus Stahl, Stahl mit Nickelbeschichtungen oder Nickel, vorzugsweise aus Edelstahl, bestehen. Die metallische Außenhaut kann aus Nickel, geeignetem Edelstahl oder einer Nickellegierung bestehen.

Allgemein kann vorgesehen sein, dass alle Komponenten der Elektrolysezelle im Wesentlichen laugenbeständig, wasserstoffbeständig, sauerstoffbeständig und wasserbeständig sind. Die erfindungsgemäße Elektrolysezelle ist vorzugsweise im Wesentlichen gasdicht und flüssigkeitsdicht.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Außenhaut der Elektrolysezelle als laugenbeständige, metallische Folie mit einer Dicke von unter 0,1 mm, vorzugsweise etwa 0,05 mm, ausgebildet ist. Eine derartig dünne Außenhaut erlaubt einen geringeren Materialverbrauch und ein geringeres Gesamtgewicht der Elektrolysezelle, ohne dabei die Funktionalität der Elektrolysezelle einzuschränken.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Außenhaut der Elektrolysezelle einen laugenbeständigen Edelstahl, Nickel oder eine Nickel-Legierung umfasst oder daraus besteht.

Diese Ausführungsform hat sich in der Praxis als vorteilhaft erwiesen, da die nötigen technischen Voraussetzungen zum Betreiben der Elektrolysezelle dadurch erfüllt werden.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der Stützrahmen im Wesentlichen ringförmig und die Außenhaut im Wesentlichen kreisförmig ist. Der Stützrahmen kann aber auch die Form eines quadratischen oder rechteckig geformten Rahmens haben. Zur besseren Aufnahme von radialen Druckkräften ist jedoch ein ringförmiger Stützrahmen bevorzugt, vor allem bei größeren Dimensionen.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass im Anodenraum und im Kathodenraum der Elektrolysezelle eine stabilisierende, elektrisch leitende **Trägerstruktur**, vorzugsweise umfassend ein Metallgitter, angeordnet ist. Die Trägerstruktur erleichtert den Zusammenbau der Elektrolysezelle und wirkt im Betrieb stabilisierend. Die Trägerstruktur kann als fachwerkartige Stützkonstruktion ausgeführt sein, also beispielsweise einzelne oder miteinander verbundene Streben umfassen.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Halbschalen **ausschließlich** über die Stützrahmen verbunden sind, sodass sich die beiden Außenhäute der Halbschalen nicht berühren. Zur elektrischen Isolierung und zur Abdichtung der Stützrahmen ist eine umlaufende Kunststoffdichtung vorgesehen. Zur Verbindung der Stützrahmen können vorzugsweise mehrere Schraubverbindungen vorgesehen sein.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der Stützrahmen um einen Faktor von etwa 100 bis etwa 200 dicker ist als die Außenhaut und vorzugsweise eine Dicke von etwa 1 cm bis etwa 2 cm aufweist. Die Tiefe des Stützrahmens kann etwa 10 cm bis etwa 20 cm betragen. Dadurch wird ein stabiler Stützrahmen gebildet, der dazu geeignet ist, im Inneren der Halbschalen herrschende radiale Druckkräfte aufzunehmen.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Halbschalen einen Durchmesser von etwa 1 m bis etwa 3 m und eine Dicke von etwa 1 cm bis etwa 3 cm aufweisen, sodass die Elektrolysezelle eine Dicke von etwa 2 cm bis etwa 6 cm aufweist. Dadurch kann die Stabilität der Elektrolysezelle sichergestellt werden, während der Materialaufwand niedrig ist und ein relativ geringes Gewicht von etwa 150 kg bis 250 kg für eine einzelne Elektrolysezelle mit einer aktiven Fläche von mehreren m² erreichbar ist.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die **Anoden-Elektrode** Nickel, eine Nickellegierung, und/oder eine Nickel legierung mit einer Beschichtung umfasst.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die **Kathoden-Elektrode** Nickel, eine Nickellegierung, und/oder eine Nickellegierung mit einer Beschichtung umfasst. Die Beschichtung kann beispielweise Nickel oder Nickellegierungen umfassen, oder auch Beschichtungen mit Platin, Ruthenium oder Iridium umfassen. Generell können die Elektroden porös sein, sodass bessere Kontrolle über die Verteilung der Reaktion und den Transport von Stoffen ermöglicht wird.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die **Zuleitung und die Ableitung** jeweils als Bohrungen im Stützrahmen ausgebildet sind. Diese Ausführungsform ist vorteilhaft, weil hierdurch eine konstruktiv einfache Möglichkeit für die Zufuhr und Abfuhr von Medien ermöglicht wird. Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Halbschalen jeweils eine einzige Zuleitung und zwei oder mehr, getrennt voneinander angeordnete Ableitungen aufweisen. Diese Ausführungsform ermöglicht ein getrenntes Abführen der Gase H_2 und O_2 von der Restlauge. Durch die Anordnung mehrerer getrennter Ableitungen wird eine möglichst großflächige und effiziente Ableitung der erzeugten Gase erreicht.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass das Medium eine Kaliumhydroxidlösung (KOH) ist, die unter einem Druck von über 10 bar, vorzugsweise etwa 30 bar steht. Diese Ausführungsform ist vorteilhaft, weil hierdurch kein Komprimieren der Produktgase H_2 und O_2 nach deren Herstellung zur Weiterverwendung notwendig ist.

Die Erfindung betrifft ferner einen **Elektrolyseur** zur alkalischen Wasserstoffelektrolyse, der mehrere, zwischen einem elektrischen Plus-Pol und einem elektrischen Minus-Pol seriell und vorzugsweise horizontal angeordnete erfindungsgemäße Elektrolysezellen umfasst.

Bei einem erfindungsgemäßen Elektrolyseur ist die Außenhaut des Kathodenraums jeder einzelnen Elektrolysezelle an die Außenhaut des Anodenraums einer weiteren Elektrolysezelle bündig und elektrisch leitend angeordnet.

Bei einer derartig seriellen Anordnung der Elektrolysezellen sind diese über ihre Stützrahmen mechanisch verbunden, während die dünnen Außenhäute der Halbschalen jeweils eng aneinander anliegen und somit ein hervorragender elektrischer Kontakt mit sehr geringem elektrischem Widerstand gegeben ist.

Vorzugsweise können etwa 100 bis 200 Elektrolysezellen seriell aneinander geordnet werden, wobei auch bis 400 Elektrolysezellen aneinandergereiht werden können. Zwischen dem elektrischen Plus-Pol und dem elektrischen Minus-Pol wird eine Gleichspannung von etwa 1,5 bis 2,5 Volt je Zelle angelegt.

Die Elektrolysezellen und der Elektrolyseur sind so ausgebildet, dass der Elektrolyseur bei einem Druck von etwa 30 bar betrieben werden kann. In diesem Fall herrscht in jeder Elektrolysezelle ein Druck von etwa 30 bar. Dennoch führt dies nicht zum Platzen der dünnen Außenhaut, da jede Außenhaut in vollflächigem Kontakt mit einer Außenhaut einer benachbarten Elektrolysezelle bzw. einer Endplatte steht. Folglich können die Elektrolysezellen mit einem sehr hohen Druck beaufschlagt werden, obwohl die Außenhäute der Elektrolysezellen sehr dünn sind.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Elektrolysezellen des Elektrolyseurs zwischen zwei massiven Endplatten angeordnet sind, wobei die Endplatten durch vorzugsweise mehrere **Zugstangen** fest verspannt sind, und wobei zwischen den Endplatten und den Polen Isolierelemente angeordnet sind.

Die Zugstangen sind dazu ausgebildet, eine hohe mechanische Zugspannung auf die Endplatten auszuüben, um dem im Inneren der Elektrolysezellen herrschenden Gasdruck entgegenzuwirken.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass für jede Elektrolysezelle separat regulierbare Zuleitungen und separat regulierbare Ableitungen vorgesehen sind, sodass die Zufuhr und Abfuhr von Medium für jede Elektrolysezelle separat regulierbar ist.

Diese Ausführungsform ist vorteilhaft, weil hierdurch das System leichter gewartet werden kann. Beispielsweise kann eine einzelne Elektrolysezelle ausgetauscht werden, ohne dass der gesamte Elektrolyseur abgebaut und zerlegt werden muss.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Zuleitungen und Ableitungen der Elektrolysezellen mit gemeinsamen Druck-Sammelleitungen verbunden sind. Diese Ausführungsform hat sich in der Praxis als vorteilhaft erwiesen.

Die Erfindung wird nun an Hand von nicht-ausschließlichen Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Figur 1a zeigt eine schematische Querschnittsdarstellung einer erfindungsgemäßen Elektrolysezelle.

Figur 1b zeigt eine schematische Frontansicht einer erfindungsgemäßen Elektrolysezelle.

Figur 2 zeigt eine schematische Querschnittsdarstellung eines erfindungsgemäßen Elektrolyseurs.

Figur 1a und 1b zeigen eine schematische Querschnittsdarstellung und eine Frontansicht einer erfindungsgemäßen Elektrolysezelle 1 zur alkalischen Wasserstoffelektrolyse. Eine derartige Elektrolysezelle 1 kann einzeln und somit in serieller Bauweise hergestellt werden. Die verwendeten Materialien und Komponenten sind im Wesentlichen laugebeständig, sauerstoffbeständig sowie wasserstoffbeständig. Auch ist die Elektrolysezelle 1 flüssigkeitsdicht und gasdicht ausgeführt.

Die Elektrolysezelle 1 umfasst eine elektrische Anode 2, an der O_2 und H_2O gebildet werden, und eine elektrische Kathode 3, an der H_2 und OH^- gebildet werden. Zwischen den beiden Elektroden ist eine gasundurchlässige, elektrisch isolierende Membran 4 angeordnet, die jedoch ionendurchlässig ist, wodurch OH^- -Ionen durch die Membran 4 diffundieren können und ein geschlossener Stromkreis gebildet wird. Die Anode 2, die Membran 4 und die Kathode 3 sind direkt aneinander angeordnet, sodass eine sogenannte Zero-Gap Anordnung entsteht. Die Anode 2 und die Kathode 3 stehen nicht miteinander in Kontakt.

Die Membran 4 besteht aus einem Polyphenylensulfid-Gewebe, das mit einer Mischung aus Polysulfon und Zirkoniumoxid (ZrO_2) beschichtet ist. Sie ist 0,5 mm dick und weist eine Porosität von beispielhaft 55% auf.

Die Anode 2 besteht aus Nickel, kann aber auch aus anderen Materialien gebildet sein. Die Kathode 3 besteht aus Nickel, kann aber auch aus anderen Materialien gebildet sein.

Die Elektrolysezelle 1 umfasst zwei elektrisch leitende Halbschalen 5, 5', die an ihren Rändern elektrisch isolierend miteinander verschraubt sind. Die Halbschalen 5, 5' umfassen jeweils einen Stützrahmen 10, 10' aus Edelstahl und jeweils eine plane Außenhaut 11, 11' aus einer Nickellegierung, die miteinander verschweißt sind. Der Stützrahmen 10, 10' ist ringförmig und die Außenhaut 11, 11' kreisförmig. Der Stützrahmen 10, 10' hat eine Dicke von etwa 1,5 cm und eine Tiefe von etwa 10 cm. Die Außenhaut 11, 11' hat eine Dicke von etwa 0,075 mm. Der ringförmige Stützrahmen 10, 10' und die kreisförmige Außenhaut 11, 11' haben einen Durchmesser von etwa 2 m. Die Elektrolysezelle 1 wiegt bei diesen Dimensionen etwa 150 kg.

Die Anode 2 ist elektrisch leitend mit der ersten Halbschale 5 verbunden, während die Kathode 3 elektrisch leitend mit der zweiten Halbschale 5' verbunden ist. Die Anode 2 mitsamt erster Halbschale 5 wird durch die Membran 4 von der Kathode 3 samt zweiter Halbschale 5' getrennt, sodass ein Anodenraum 6 und ein Kathodenraum 7 gebildet werden. Zwischen den beiden Halbschalen 5, 5' ist außerdem eine elektrisch isolierende Kunststoffdichtung 13 angeordnet.

Im Stützrahmen 10, 10' der Halbschalen 5, 5' sind Bohrungen vorgesehen, die für die Zuleitungen 8, 8' bzw. Ableitungen 9, 9' für ein Medium geeignet sind, wobei das zugeleitete Medium in diesem Ausführungsbeispiel eine KOH-Lösung mit einer Konzentration zwischen 20% bis 40% ist. Das aus dem Anodenraum abgeleitete Medium ist eine Mischung aus O_2 und KOH-Lösung. Das aus dem Kathodenraum 7 abgeleitete Medium ist eine Mischung aus H_2 und KOH-Lösung.

In diesem Ausführungsbeispiel ist im Anodenraum 6 und im Kathodenraum 7 eine Trägerstruktur 12, 12' angeordnet, die als fachwerkartige Streben aus Nickel, Edelstahl oder anderen Materialien ausgebildet ist.

Figur 2 zeigt eine schematische Querschnittsdarstellung eines erfindungsgemäßen Elektrolyseurs. Der Elektrolyseur umfasst etwa 200 zwischen einem elektrischen Plus-Pol 14 und einem elektrischen Minus-Pol 15 seriell angeordnete Elektrolysezellen 1 gemäß dem Ausführungsbeispiel aus den Figuren 1a und 1b. Die Außenhaut 11, 11' des Kathodenraums 7 jeder Elektrolysezelle 1 ist dabei bündig und elektrisch leitend an der Außenhaut 11, 11' des Anodenraums 6 einer benachbarten Elektrolysezelle angeordnet.

Die seriell angeordneten Elektrolysezellen 1 sind zwischen zwei Endplatten 17 eingespannt, wobei zwischen den Endplatten 17 und dem Plus-Pol 14 sowie dem Minus-Pol 15 Isolierelemente 16 angeordnet sind. Die Endplatten 17 sind durch nicht dargestellte Zugstangen miteinander verbunden und sind fest miteinander verspannt.

Jede Elektrolysezelle 1 hat separat regulierbare Zuleitungen 8, 8' und Ableitungen 9, 9', sodass für jede einzelne Elektrolysezelle die Zufuhr und Abfuhr von Medium reguliert werden kann. Die Zuleitungen 8, 8' und Ableitungen 9, 9' sind durch nicht dargestellte, gemeinsame Drucksammelleitungen verbunden.

Der erfindungsgemäße Elektrolyseur des Ausführungsbeispiels kann folgendermaßen betrieben werden:

Durch die Zuleitungen 8, 8' kann KOH-Lösung in die Elektrolysezellen 1 eingeführt werden und durch hydraulische Verdichtung ein Druck im Innenraum der Elektrolysezellen 1 von bis zu 30 bar und mehr aufgebaut werden. Der Druck innerhalb der Elektrolysezellen kann alternativ auch durch das geregelte Rückhalten der Produktgase aufgebaut werden. Der Druck ist hierbei im Anodenraum 6 und im Kathodenraum 7 der einzelnen Elektrolysezellen 1 stets gleich. Der Stützrahmen 10, 10' ist so ausgebildet, dass er entstehende radiale Druckkräfte aufnimmt. Die Endplatten 17, die mit Zugstangen verspannt sind, nehmen axial auf die Elektrolysezellen 1 wirkende Druckkräfte auf, sodass trotz der dünnen Außenhaut 11, 11' der einzelnen Elektrolysezellen 1, ein hoher Druck angelegt werden kann.

In weiterer Folge wird zwischen dem Plus-Pol 14 und dem Minus-Pol 15 eine Gleichspannung von 1,5 bis 2,5 Volt je Zelle angelegt, wodurch die Elektrolyse initiiert wird. Hierbei wird an der Anode 2 O_2 und H_2O gebildet, an der Kathode 3 H_2 und OH^- . Zwischen den beiden Elektroden können OH^- -Ionen durch die Membran 4 vom Kathodenraum 7 in den Anodenraum 6 diffundieren.

Die Produktgase H_2 und O_2 können durch Ableitungen 9, 9', die im oberen Bereich der Stützrahmen 10, 10' vorgesehen sind, aus den einzelnen Elektrolysezellen 1 in Drucksammelleitungen eingebracht werden und Separatoren für die Trennung der Lauge und H_2 bzw. O_2 zugeführt werden.

Die Erfindung beschränkt sich jedoch nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele, sondern umfasst sämtliche Vorrichtungen und Verfahren im Rahmen der nachfolgenden Patentansprüche.

Bezugszeichenliste

1	Elektrolysezelle
2	Anode
3	Kathode
4	Membran
5, 5'	Halbschale
6	Anodenraum
7	Kathodenraum
8, 8'	Zuleitung
9, 9'	Ableitung
10, 10'	Stützrahmen
11, 11'	Außenhaut
12, 12'	Trägerstruktur
13	Kunststoffdichtung
14	Plus-Pol
15	Minus-Pol
16	Isolierelement
17	Endplatten

Patentansprüche

1. **Elektrolysezelle (1)** zur alkalischen Wasserstoffelektrolyse, umfassend:
 - eine elektrische Anode (2), eine elektrische Kathode (3) und eine im Wesentlichen gasundurchlässige, ionendurchlässige und elektrisch isolierende Membran (4), die zwischen der Anode (2) und der Kathode (3) angeordnet ist,
 - zwei elektrisch leitende Halbschalen (5, 5'), die an ihren Rändern miteinander elektrisch isolierend verbunden sind,
 - wobei die Anode (2) mit der ersten Halbschale (5) elektrisch leitend verbunden ist, und die Kathode (3) mit der zweiten Halbschale (5') elektrisch leitend verbunden ist, und
 - wobei die Anode (2), die Kathode (3) und die Membran (4) zwischen den beiden Halbschalen (5, 5') angeordnet sind, sodass ein Anodenraum (6) und ein Kathodenraum (7) gebildet werden, und
 - wobei die Halbschalen (5, 5') jeweils zumindest eine Zuleitung (8, 8') und zumindest eine Ableitung (9, 9') für ein Medium umfassen,**dadurch gekennzeichnet, dass**
 - die Halbschalen (5, 5') an ihren Rändern jeweils einen umlaufenden, massiven metallischen Stützrahmen (10, 10') zur Aufnahme von Druckkräften umfassen,
 - wobei die Stützrahmen (10, 10') jeweils eine großflächige, im Wesentlichen plane, metallische Außenhaut (11, 11') einfassen, und
 - wobei der Stützrahmen (10, 10') und die Außenhaut (11, 11') stoffschlüssig verbunden, vorzugsweise verschweißt, sind.
2. Elektrolysezelle (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Außenhaut (11, 11') als laugenbeständige, metallische Folie mit einer Dicke von unter 0,1 mm, vorzugsweise etwa 0,05 mm, ausgebildet ist.
3. Elektrolysezelle (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Außenhaut (11, 11') einen laugenbeständigen Edelstahl, Nickel oder eine Nickel-Legierung umfasst oder daraus besteht.

4. Elektrolysezelle (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Stützrahmen (10, 10') im Wesentlichen ringförmig und die Außenhaut (11, 11') im Wesentlichen kreisförmig ist.
5. Elektrolysezelle (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass im Anodenraum (6) und im Kathodenraum (7) eine stabilisierende, elektrisch leitende Trägerstruktur (12, 12'), vorzugsweise umfassend ein Metallgitter, angeordnet ist.
6. Elektrolysezelle (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbschalen (5, 5') nur über die Stützrahmen (10, 10') verbunden sind, wobei zur elektrischen Isolierung zwischen den Stützrahmen (10, 10') eine umlaufende Kunststoffdichtung (13) vorgesehen ist.
7. Elektrolysezelle (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Stützrahmen (10, 10') um einen Faktor von etwa 100 bis etwa 200 dicker ist als die Außenhaut (11, 11') und vorzugsweise eine Dicke von etwa 1 cm aufweist.
8. Elektrolysezelle (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbschalen (5, 5') eine Dicke von etwa 1 cm bis etwa 3 cm aufweisen, sodass die Elektrolysezelle (1) eine Dicke von etwa 2 cm bis etwa 6 cm aufweist.
9. Elektrolysezelle (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbschalen (5, 5') einen Durchmesser von etwa 1 m bis etwa 3 m aufweisen.
10. Elektrolysezelle (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Anode (2) Nickel, eine Nickellegierung, und/oder eine Nickellegierung mit einer Beschichtung umfasst.
11. Elektrolysezelle (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Kathode (3) Nickel, eine Nickellegierung, und/oder eine Nickellegierung mit einer Beschichtung umfasst.

12. Elektrolysezelle (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Zuleitung (8, 8') und die Ableitung (9, 9') jeweils als Bohrungen im Stützrahmen (10, 10') ausgebildet sind.
13. Elektrolysezelle (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Halbschalen (5, 5') jeweils eine einzige Zuleitung (8, 8') und zwei oder mehr, getrennt voneinander angeordnete Ableitungen (9, 9') aufweisen.
14. Elektrolysezelle (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Medium eine Kaliumhydroxidlösung (KOH) ist, die unter einem Druck von über 10 bar, vorzugsweise etwa 30 bar steht.
15. **Elektrolyseur** zur alkalischen Wasserstoffelektrolyse, umfassend mehrere, zwischen einem elektrischen Plus-Pol (14) und einem elektrischen Minus-Pol (15) seriell und vorzugsweise horizontal angeordnete Elektrolysezellen (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei die Außenhaut (11') des Kathodenraums (7) jeder Elektrolysezelle (1) an die Außenhaut (11) des Anodenraums (6) einer weiteren Elektrolysezelle (1) bündig und elektrisch leitend angeordnet ist.
16. Elektrolyseur nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrolysezellen (1) zwischen zwei Endplatten (17) angeordnet sind, wobei die Endplatten (17) durch vorzugsweise mehrere Zugstangen fest verspannt sind, und wobei zwischen den Endplatten (17) und den Polen (14, 15) Isolierelemente (16) angeordnet sind.
17. Elektrolyseur nach einem der Ansprüche 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass für jede Elektrolysezelle (1) separat regulierbare Zuleitungen (8, 8') und separat regulierbare Ableitungen (9, 9') vorgesehen sind, sodass die Zufuhr und Abfuhr von Medium für jede Elektrolysezelle (1) separat regulierbar ist.
18. Elektrolyseur nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Zuleitungen (8, 8') und Ableitungen (9, 9') der Elektrolysezellen (1) mit gemeinsamen Druck-Sammelleitungen verbunden sind.

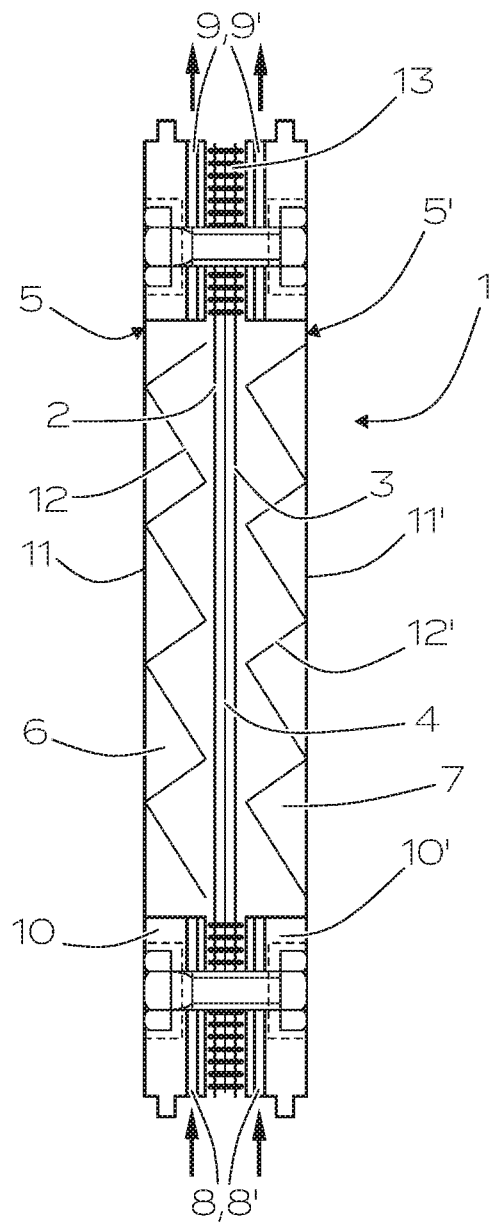


Fig. 1a

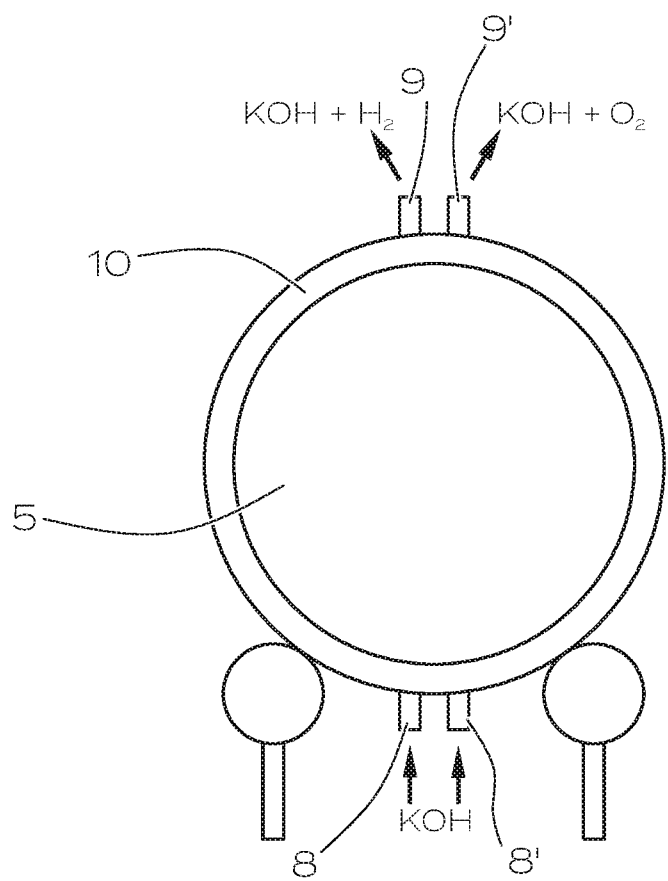


Fig. 1b

2/2

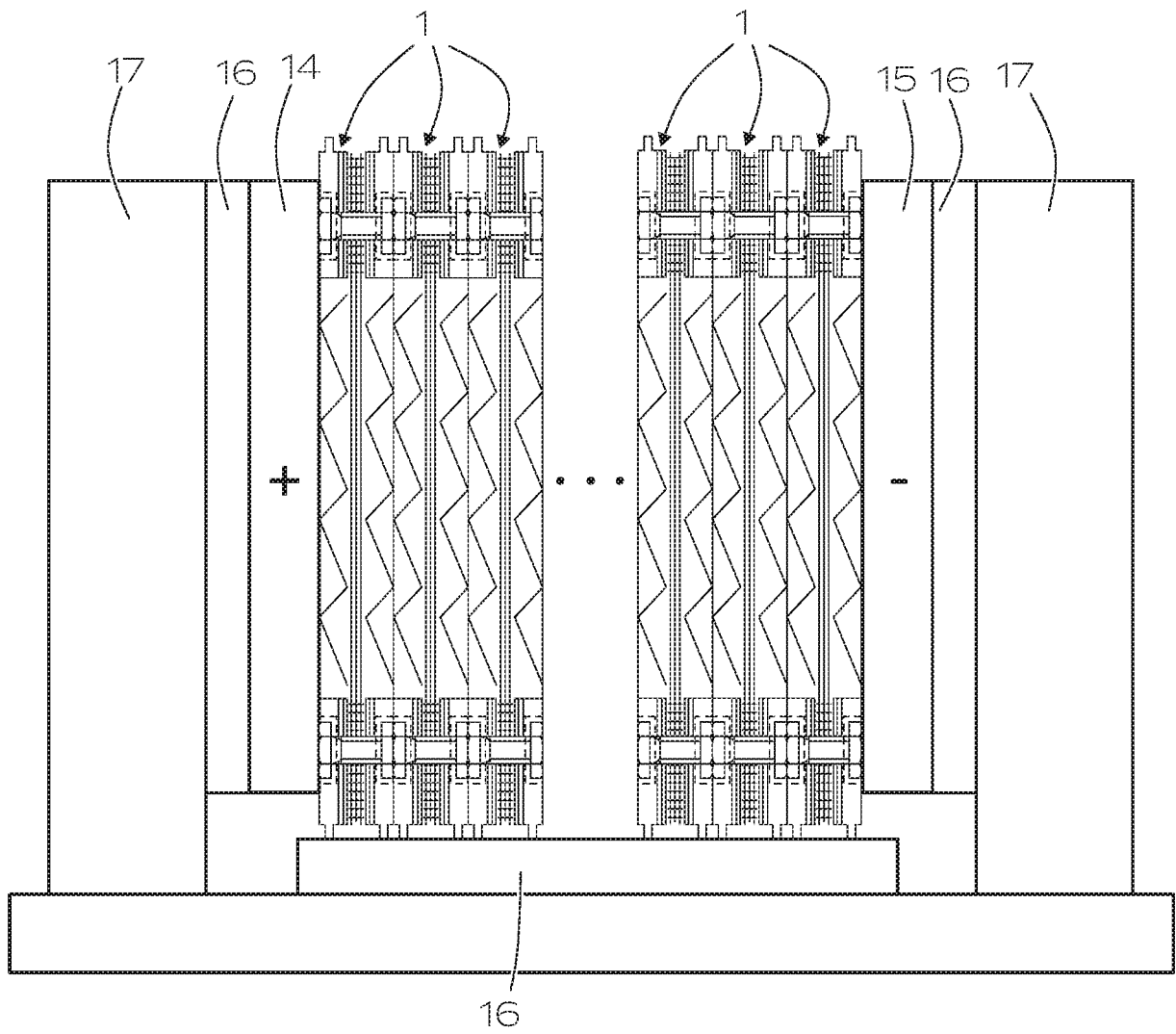


Fig. 2