

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50943/2022
(22) Anmeldetag: 12.12.2022
(45) Veröffentlicht am: 15.10.2023

(51) Int. Cl.: **C25B 3/25** (2021.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102015201132 A1
DE 102017211930 A1
DE 102017219766 A1
DE 102018202184 A1
WO 2022178323 A1
US 2013118907 A1
US 2019309425 A1
US 2021317587 A1
US 2020002829 A1

(73) Patentinhaber:
GIG Karasek GmbH
2640 Gloggnitz (AT)

(72) Erfinder:
Rappold Martin Ing.
4845 Rutzenmoos (AT)
Rezaei Mohammad Dr. techn.
4030 Linz (AT)

(74) Vertreter:
WIRNSBERGER & LERCHBAUM
Patentanwälte OG
8700 Leoben (AT)

(54) Anlage zur Reduktion von Kohlenstoffdioxid und Elektrolysezelle hierfür

(57) Die Erfindung betrifft eine Elektrolysezelle (1) zur Reduktion von Kohlenstoffdioxid, umfassend zumindest einen Stapel (2) aus einem Anodenraum (3), einem Kathodenraum (4) und einem an den Kathodenraum (4) anschließenden Gasraum (5) sowie Fluidzuleitungen (61, 62, 63) und Fluidableitungen (71, 72, 73), die zur Anspeisung für den Anodenraum (3) mit Analyt, den Kathodenraum (4) mit Katholyt und den Gasraum (5) mit Gas eingerichtet sind, und eine Stromleitung (8) zum Anlegen einer Spannung zwischen Kathodenraum (4) und Anodenraum (5). Erfindungsgemäß sind mehrere Stapel (2) vorgesehen und die Fluidzuleitungen (61, 62, 63) sowie die Fluidableitungen (71, 72, 73) und die Stromleitung (8) zur gleichzeitigen Fluidzufuhr und Strombeaufschlagung mehrerer, insbesondere aller, Stapel (2) eingerichtet.

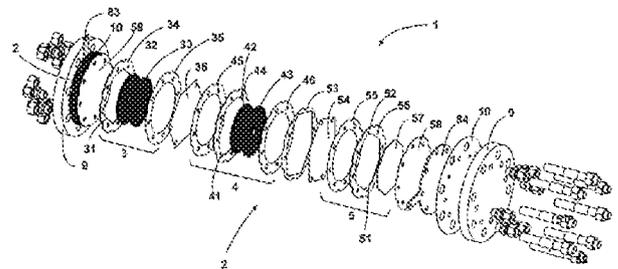


Fig. 1

Beschreibung

ANLAGE ZUR REDUKTION VON KOHLENSTOFFDIOXID UND ELEKTROLYSEZELLE HIERFÜR

[0001] Die Erfindung betrifft eine Elektrolysezelle zur Reduktion von Kohlenstoffdioxid, umfassend zumindest einen Stapel aus einem Anodenraum, einem Kathodenraum und einem an den Kathodenraum anschließenden Gasraum sowie Fluidzuleitungen und Fluidableitungen, die zur Anspeisung für den Anodenraum mit Anolyt, den Kathodenraum mit Katholyt und den Gasraum mit Gas eingerichtet sind, und eine Stromleitung zum Anlegen einer Spannung zwischen Kathodenraum und Anodenraum.

[0002] Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Anlage zur kontinuierlichen Reduktion von Kohlenstoffdioxid mit einer derartigen Elektrolysezelle.

[0003] Der in den letzten Jahrzehnten steigende Ausstoß von Kohlenstoffdioxid (CO₂) in die Atmosphäre wird als eine der Hauptursachen für die globale Erwärmung angesehen. Wie für andere klimarelevante Gase ist man bestrebt, Lösungen für diese Problematik zu finden. Ein erster Ansatzpunkt besteht darin, den CO₂-Ausstoß zu verringern. Dies lässt sich allerdings kaum in kurzer Zeit umsetzen, insbesondere auf internationaler Ebene. Darüber hinaus lassen sich einzelne Industriezweige nicht ohne Weiteres auf eine CO₂-freie Produktion oder zumindest eine Produktion mit verringertem CO₂-Ausstoß umstellen. Daher besteht ein zweiter Ansatzpunkt darin, die anfallenden CO₂-Emissionen dadurch gering zu halten, dass das Kohlenstoffdioxid am Ort der Entstehung durch Reaktion in Stoffe umgewandelt wird, die nicht klimaschädlich sind und vorteilhafterweise in anderen Reaktionen wieder eingesetzt werden können. Da eine Reduktion von CO₂-Emissionen möglicherweise nicht ausreichend sein wird, um die globale Erwärmung zu stoppen, kommt diesem zweiten Ansatz eine große Bedeutung zu.

[0004] Unter den verschiedenen Möglichkeiten, CO₂ am Ort von dessen Entstehung sogleich zu verwerten, stellt die elektrochemische Reduktion von CO₂ zu Brennstoffen eine besonders interessante Möglichkeit dar. Im Stand der Technik wird seit Jahrzehnten daran geforscht, CO₂ zu Verbindungen wie Methan, Methanol und/oder Ethanol in einer sogenannten „dream reaction“ umzuwandeln. Würde dies mit Energieeffizienz und für die Umwelt sauber gelingen, könnte klimaschädliches CO₂ in nutzbare Stoffe umgewandelt werden, sodass es sich in der Tat um eine für die Umwelt perfekte Reaktion handeln würde. Anfallende CO₂-Emissionen aus der Industrie, beispielsweise Rauchgas, Abgase aus Heizungsanlagen, Abgase aus biotechnologischen Anlagen und dergleichen könnten zu nützlichen Produkten verwertet werden, die entweder weiter umgesetzt oder gegebenenfalls zwischenzeitlich gespeichert werden.

[0005] Wenngleich eine wie vorstehend dargelegte Umsetzung von CO₂ viele Vorzüge bietet und deswegen bereits seit Jahrzehnten erforscht wird, ist bislang kein entscheidender Durchbruch bei der elektrochemischen Umsetzung von CO₂ gegeben. Für eine solche elektrochemische Umsetzung ist eine Elektrolysezelle erforderlich, die es erlaubt, eine entsprechende Reaktion effizient im großtechnischen Maßstab durchführen zu können. Einzelne Erfolge auf Labormaßstab mit einer Elektrolysezelle der eingangs genannten Art können zwar theoretische Ansätze bestätigen, erlauben aber keine effiziente Umsetzung in größerem Maßstab.

[0006] An dieser Stelle setzt die Erfindung an. Aufgabe der Erfindung ist es, eine Elektrolysezelle der eingangs genannten Art anzugeben, mit welcher eine elektrochemische Umwandlung von CO₂ effizient und auf geringem Raum sowie mit hohem Durchsatz möglich ist.

[0007] Des Weiteren ist es ein Ziel, eine Anlage mit einer derartigen Elektrolysezelle zu schaffen.

[0008] Die Aufgabe der Erfindung wird gelöst, wenn bei einer Elektrolysezelle der eingangs genannten Art mehrere Stapel vorgesehen sind und die Fluidzuleitungen sowie die Fluidableitungen und die Stromleitung zur gleichzeitigen Fluidzufuhr und Strombeaufschlagung mehrerer, insbesondere aller, Stapel eingerichtet sind.

[0009] Eine erfindungsgemäße Elektrolysezelle vereint mehrere Vorteile: Zunächst umfasst die

Elektrolysezelle mehrere Stapel, welche aneinander anliegend ausgebildet sind, was eine platzsparende Bauweise ermöglicht. Die Stapel sind dabei als 3-Kammer-Systeme aufgebaut, indem diese jeweils einen Gasraum, einen Kathodenraum und einen Anodenraum aufweisen. Der Gasraum steht mit dem Kathodenraum in Wirkverbindung derart, dass zugeführtes CO₂ über eine Membran oder Folie oder dergleichen in den Kathodenraum eintreten kann, entsprechend dem Prinzip einer Gasdiffusionselektrode. Aufgrund der Anordnung mehrerer aneinander anliegender Stapel ist die Elektrolysezelle hocheffizient in Bezug auf eine CO₂-Umsetzung. Es gelingt dadurch, den gleichen Wirkungsgrad, die gleiche Ausbeute, die gleiche Selektivität und die gleiche Endumwandlung zu erzielen wie bei größeren Zellen. Üblicherweise sind in einer einzelnen Elektrolysezelle zwischen 2 bis 50, insbesondere 2 bis 25, beispielsweise 3 bis 10, Stapel vorgesehen. Die Zahl der Stapel ist allerdings nicht auf 50 limitiert und kann grundsätzlich beliebig gewählt werden, so lange eine ausreichende Stabilität im Betrieb erreicht wird. Praktisch kann eine Auslegung der Anzahl der Stapel bzw. geschalteten Zellen nach der gewünschten Produktivität und/oder dem gewünschten Zellvolumen erfolgen.

[0010] Darüber hinaus baut die Elektrolysezelle aufgrund der in Serie geschalteten Stapel klein, sodass in Bezug auf den Platzbedarf bzw. das Volumen ebenfalls eine hohe Effizienz gegeben ist. Eine Aneinanderreihung der Stapel ist möglich, weil die Stapel miteinander leitend verbunden sind. Hierfür sind an den Stapeln endseitig bipolare Elektroden vorgesehen, welche einen Stromdurchtritt zum nächsten Stapel erlauben. Dadurch ist es möglich, dass die einzelnen Stapel ohne Abstand aneinander anliegen. Somit können die Stapel direkt aneinander positioniert werden.

[0011] Die entsprechenden Vorteile lassen sich realisieren, weil bei der gegebenen Anordnung der Stapel zusätzlich die Fluidzuleitungen sowie die Fluidableitungen und die Stromleitung zur gleichzeitigen Fluidzufuhr und Strombeaufschlagung mehrerer Stapel eingerichtet sind. Über eine einzelne Fluidzufuhr für den Anolyt können alle Anodenräume der einzelnen Stapel gleichzeitig mit Anolyt beaufschlagt werden. Analog kann über eine einzelne Fluidableitung der Anolyt aus den Anodenräumen abgeführt werden. In der gleichen Weise verhält es sich für die Kathodenräume, welche ebenfalls mit einer einzelnen Fluidzuleitung versorgt werden können und wobei eine einzelne Fluidableitung zur Abfuhr von Katholyt aus den Kathodenräumen vorgesehen ist. Selbiges gilt analog auch für die Gaszufuhr.

[0012] Auch die Stromzufuhr ist so eingerichtet, dass über eine einzelne Stromleitung in allen Stapeln eine Spannung zur Durchführung der elektrochemischen Reduktion von CO₂ angelegt werden kann. Da die einzelnen Stapel über bipolare Elektroden miteinander leitend verbunden sind, kann mit einer einzelnen Stromschiene gleichzeitig eine Spannung in allen Stapeln angelegt werden. Ähnlich wie bei den Fluidzuleitungen und Fluidableitungen ist auch in diesem Fall vorgesehen, dass der Strom über eine erste Stromschiene in die einzelnen Stapel zugeführt wird und als Stromabnehmer eine zweite Stromschiene vorgesehen ist.

[0013] Die Stapel können grundsätzlich beliebig ausgebildet sein. Bevorzugt ist es jedoch für einen möglichst platzsparenden Aufbau und eine einfache Fluidzu- und abfuhr, wenn die Stapel jeweils schichtförmig aufgebaut sind. Ein Stapel umfasst dann einen schichtförmigen Anodenraum, einen daran anschließenden schichtförmigen Kathodenraum und einen schichtförmigen Gasraum, über welchen die CO₂-Zufuhr erfolgt. Liegen die Stapel aneinander an, umfasst der Stapel auch eine Isolierschicht, um eine Isolierung zum nächsten anliegenden Stapel sicherzustellen. Die schichtförmige Ausbildung eines Stapels bzw. aller Stapel ist dabei mit Vorteil so getroffen, dass der maximale Durchmesser einer Schicht mindestens das 5-fache, vorzugsweise mindestens das 10-fache, insbesondere zumindest das 20-fache, einer Dicke der Schicht beträgt. Eine Form der jeweiligen Schicht kann dabei beliebig sein. Mit Vorteil sind die schichtförmig aufgebauten Stapel in Draufsicht etwa kreisförmig. Dies bringt produktionstechnisch und auch für den Aufbau der Elektrolysezelle Vorteile, da die Elektrolysezelle dann mit einer zylindrischen Form aufgebaut werden kann, was sich als günstig für eine hohe Belastung der Elektrolysezelle im Einsatz erweist, zumal hohe Drücke anliegen und die Elektrolysezelle diesen Drücken durch geeignete Presskräfte standhalten muss. Dies lässt sich in befriedigender Weise erreichen, wenn die Stapel einen Zylinder bilden, wobei die Stapel aneinander anliegen. Es kann dann beispielsweise eine Verschraubung der Stapel zwischen zwei Endplatten erfolgen, über welche die Stapel

mit geeigneten Presskräften beaufschlagt werden.

[0014] Eine besonders vorteilhafte Variante ist gegeben, wenn die Fluidzuleitungen senkrecht zu den Stapeln angeordnet sind. Es kann dann insbesondere jeweils eine einzige Fluidzuleitung für alle Anodenräume sowie eine einzige Fluidzuleitung für alle Kathodenräume und eine einzige Fluidzuleitung für die Zuleitung von CO₂-haltigem Gas in die Gasräume vorgesehen sein. Insbesondere wenn die Stapel schichtförmig ausgebildet sind, kann die jeweilige Fluidzuleitung seitlich erfolgen. Es ist insbesondere dann aus diesen Gründen auch zweckmäßig, dass die Fluidableitungen senkrecht zu den Stapeln angeordnet sind.

[0015] Für die entsprechende Einleitung und Ausleitung der Fluide ist es zweckmäßig, wenn der Kathodenraum eines Stapels einen Kathodenraumeinlass aufweist, welcher mit der Fluidzuleitung für den Kathodenraum in Verbindung steht, und einen Kathodenraumauslass aufweist, welcher mit der Fluidableitung aus dem Kathodenraum in Verbindung steht. In diesem Zusammenhang ist es insbesondere bei einem schichtförmigen Aufbau der Stapel besonders zweckmäßig, dass der Kathodenraumauslass dem Kathodenraumeinlass gegenüberliegt, insbesondere um 180° versetzt ist. Über eine einzige Fluidzuleitung können bei dieser Ausbildung alle Kathodenräume in der jeweiligen Schicht bzw. Lage seitlich angespeist werden. Eine Abnahme erfolgt dann an der gegenüberliegenden Seite der jeweiligen Lage, sodass die Schicht bzw. Lage voll ausgenutzt werden kann.

[0016] Aus analogen Überlegungen ist es besonders zweckmäßig, wenn der Anodenraum eines Stapels einen Anodenraumeinlass aufweist, welcher mit der Fluidzuleitung für den Anodenraum in Verbindung steht, und einen Anodenraumauslass aufweist, welcher mit der Fluidableitung aus dem Anodenraum in Verbindung steht. Auch in diesem Fall ist es besonders zweckmäßig, dass der Anodenraumauslass dem Anodenraumeinlass gegenüberliegt, insbesondere um 180° versetzt ist. Diese Anordnung ist insbesondere dann zweckmäßig, wenn die Stapel jeweils schichtförmig ausgebildet sind.

[0017] Schließlich gilt auch für den Gasraum eines Stapels, dass dieser vorteilhafterweise einen Gasraumeinlass aufweist, welcher mit der Fluidzuleitung für den Gasraum in Verbindung steht, und einen Gasraumauslass aufweist, welcher mit der Fluidableitung aus dem Gasraum in Verbindung steht. Auch in diesem Fall kann der Gasraumauslass dem Gasraumeinlass gegenüberliegen, insbesondere um 180° versetzt sein, was sich insbesondere bei einem schichtförmigen Aufbau eines Stapels als Vorteil erweist. Gas kann beispielsweise mit einem Druck von 1 bar bis 20 bar, insbesondere 1 bar bis 10 bar, eingespeist werden.

[0018] Damit alle Stapel jeweils mit einer einzigen Fluidzuleitung gespeist werden können und auch eine Abnahme von ausströmenden Fluiden jeweils mit einer einzigen Fluidableitung möglich ist, sind die einzelnen Fluidzuleitungen in Draufsicht auf die Stapel zueinander versetzt. Dies trifft dann auch für die Fluidableitungen zu.

[0019] Wenn wie vorstehend erläutert eine Fluidzufuhr und Fluidabfuhr so gestaltet ist, dass in jedem Stapel die Fluide an einem Rand über die Fluidzufuhr eintreten und an einem anderen Rand in die Fluidabfuhr austreten, strömen die Fluide zueinander parallel und senkrecht zu einer Längsachse der Elektrolysezelle durch jede Schicht. Möglich ist es aber auch, dass die Einlässe und Auslässe so gestaltet sind, dass die Fluide in Serie durch alle Stapel laufen, ehe diese final austreten. Dafür ist es lediglich notwendig, bei ansonsten unverändertem Aufbau, einzelne Einlässe und Auslässe zu schließen. Die Fluide können dann in einer Schleife bzw. mäanderförmig durch die einzelnen Stapel fließen.

[0020] Insbesondere bei einem schichtförmigen Aufbau der Stapel, welche jeweils gesondert in zylinderförmiger Form vorliegen können und aneinander anliegend positioniert sind, empfiehlt es sich, dass die Stapel zwischen endseitigen Platten eingespannt sind. Da die Kathodenräume sowie die Anodenräume mit entsprechenden Einbauten versehen sind, welche von einspannenden Ringen umgeben sind, ist eine besonders hohe Presskraft zweckmäßig, um eine Dichtheit der Elektrolysezelle insgesamt sicherzustellen. Eine Zuleitung der einzelnen Fluide erfolgt dann vorzugsweise in der Art, dass die Fluidzuleitungen sowie die Fluidableitungen durch die endseitigen

Platten verlaufen. Es ergibt sich dann eine etwa zylinderförmige Ausbildung der Elektrolysezelle mit zwei in stirnseitiger Ansicht überstehenden Endplatten, durch welche die Fluidzuleitungen sowie die Fluidableitungen geführt sind. Die einzelnen Fluidzuleitungen sowie Fluidableitungen sind gegeneinander versetzt. Zunächst ist die Fluidzuleitung für ein Medium, beispielsweise den Katholyt oder auch den Anolyt oder das Gas, relativ zur korrespondierenden Fluidableitung für den Katholyt, den Anolyt oder das Gas, vorzugsweise um 180° versetzt. Darüber hinaus sind die einzelnen Fluidzuleitungen und damit dann auch bei einer vorgegebenen Versetzung der entsprechenden Fluidableitungen zueinander versetzt, sodass ein Winkel von beispielsweise 10° bis 90° zwischen den einzelnen Zuleitungen bzw. Ableitungen gegeben ist. Beispielsweise kann eine Fluidzuleitung für den Anolyt gegenüber einer Fluidzuleitung für den Katholyt um 60° versetzt sein. Analoges trifft dann für die entsprechenden Fluidableitungen zu. Eine Fluidzuleitung für das Gas kann gegenüber der zur Fluidzuleitung für den Anolyt wiederum um 60° versetzt sein. Da Analoges dann wieder auf die Fluidableitung für das Gas zutrifft, können die einzelnen Fluidzuleitungen und Fluidableitungen in den Endplatten mit hoher Symmetrie angeordnet werden, sodass sich in Bezug auf auftretende Kräfte auch ein ausgewogenes Beanspruchungsprofil ergibt. Im Übrigen sind entsprechende Bolzen vorgesehen, welche die Endplatten mit korrespondierenden Muttern so verbinden, dass die Elektrolysezelle dem Druck im Betrieb insgesamt standhält. Da die Bolzen die Stapel nicht durchdringen sollen, sind die Endplatten bevorzugt breiter gefertigt als die Stapel. Wie die Stapel können die Endplatten auch kreisförmig ausgebildet sein.

[0021] Im Kathodenraum sowie im Anodenraum soll eine möglichst hohe Effizienz für die gewünschten Reaktionen erreicht werden, was insgesamt betrachtet eine Umsetzung von CO_2 betrifft. Es ist aus diesem Grund vorteilhafterweise vorgesehen, dass die Stapel im Kathodenraum und/oder Anodenraum mit, insbesondere statischen, Mischelementen ausgebildet sind. Statische Mischelemente können auf verschiedene Weise realisiert werden. Möglich ist es beispielsweise, dass die entsprechenden Einbauten im Kathodenraum und/oder im Anodenraum als Metallschaum oder Metallgeflecht ausgebildet sind. Besonders günstig hat es sich erwiesen, wenn die Mischelemente spiralförmige Fluidbahnen aufweisen. Insbesondere wenn eine seitliche Zuführung des jeweiligen Fluids vorgesehen ist, führt eine spiralförmige Führung des jeweiligen Fluids zu einer vergleichsweise langen Verweilzeit, ehe das Fluid wieder über die korrespondierende Fluidableitung abgeführt wird. Diese lange Verweilzeit im eigentlichen Reaktionsraum kommt einer hohen Effizienz bei der Umsetzung von CO_2 zugute.

[0022] Das weitere Ziel der Erfindung wird erreicht, wenn eine Anlage zur kontinuierlichen Reduktion von Kohlenstoffdioxid eine erfindungsgemäße Elektrolysezelle umfasst.

[0023] Bei einer entsprechenden Anlage kommen die für die Elektrolysezelle erläuterten Vorteile aufgrund der zusätzlich vorgesehenen Peripherie, insbesondere eines Anolytbehälters zur Zufuhr von Anolyt in die Anodenräume der Stapel und eines Katholytbehälters zur Zufuhr von Katholyt in die Kathodenräume einschließlich der entsprechenden Abfahren, voll zum Tragen.

[0024] Dabei ist mit Vorteil ein Kreislauf für Kohlenstoffdioxid vorgesehen, über welchen nicht umgesetztes Kohlenstoffdioxid in die Stapel zur weiteren Umsetzung rückführbar ist. Damit kann sichergestellt werden, dass zugeführtes Kohlenstoffdioxid weitgehend umgesetzt wird.

[0025] Weitere Merkmale, Vorteile und Wirkungen der Erfindung ergeben sich aus den nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispielen.

[0026] In den Zeichnungen, auf welche dabei Bezug genommen wird, zeigen:

[0027] Fig. 1 eine Elektrolysezelle mit einem Stapel;

[0028] Fig. 2 eine Elektrolysezelle mit mehreren Stapeln in einer stirnseitigen Ansicht;

[0029] Fig. 3 die Elektrolysezelle aus Fig. 2 in einer Draufsicht;

[0030] Fig. 4 die Elektrolysezelle aus Fig. 2 und Fig. 3 in einer perspektivischen Darstellung;

[0031] Fig. 5 bis Fig. 7 die Elektrolysezelle aus Fig. 2 bis Fig. 4 mit einer Darstellung der

Fluidzuleitungen und Fluidableitungen für Gas (Fig. 5), für den Katholyt (Fig. 6) und den Anolyt (Fig. 7);

- [0032] Fig. 8 eine schematische Darstellung eines Stromflusses;
- [0033] Fig. 9 eine Draufsicht auf einen Einbau für einen Kathodenraum und/oder einen Anodenraum;
- [0034] Fig. 10 eine Variante eines Einbaus;
- [0035] Fig. 11 eine weitere Variante eines Einbaus;
- [0036] Fig. 12 eine Anlage mit einer erfindungsgemäßen Elektrolysezelle zur Reduktion von CO₂.

[0037] In Fig. 1 ist eine Elektrolysezelle 1 dargestellt. Die Elektrolysezelle 1 umfasst drei Stapel 2 mit jeweils einer 3-Kammer-Zelle. Die Darstellung in Fig. 1 dient bloß einer exemplarischen Erläuterung. Eine erfindungsgemäße Elektrolysezelle 1 kann grundsätzlich beliebig viele Stapel 2 aufweisen, insbesondere 3 bis 15 Stapel 2.

[0038] Die Elektrolysezelle 1 gemäß Fig. 1 ist so aufgebaut, dass diese zwei endseitige Platten 9 aufweist. Die endseitigen Platten 9 sind kreisrund ausgebildet. Die beiden endseitigen Platten 9 weisen eine Vielzahl von Öffnungen für später noch zu erläuternde Zwecke auf.

[0039] Zwischen den zwei endseitigen Platten 9 befindet sich ein Aufbau für eine elektrochemische Reduktion von CO₂. Beginnend auf der linken Seite der Explosionsdarstellung in Fig. 1 ist zunächst ein erster Stromanschluss 83 einer Stromleitung 8 vorgesehen. An diesen schließt eine Trennplatte 10 an, welche die endseitige Platte 9 vom Stromanschluss 83 isoliert. Auf den Stromanschluss 83 folgen mehrere Stapel 2, wobei ein Stapel 2 in Explosionsdarstellung gezeigt ist, wohingegen die anderen zwei Stapel in zusammengebauter Darstellung gezeigt sind. Für den in Explosionsdarstellung gezeigten Stapel 2 folgt zunächst der Aufbau für einen Anodenraum 3, beginnend mit einer bipolaren Platte 58 bzw. bipolaren Elektrode. Der Anodenraum 3 umfasst einen zentralen Anodeneinbau 33, welcher von einer Anolytkammerplatte 34 und einer Dichtung 35 umgeben ist. Die Dichtung 35 kann aus Polytetrafluorethylen (PTFE) gebildet sein. Der Anodeneinbau 33 wird durch die Anolytkammerplatte 34 und die Dichtung 35 gehalten. Danach schließt eine Membran 36 an, welche eine Verbindung zu einem Kathodenraum 4 herstellt. Im Kathodenraum 4 ist ein Kathodeneinbau 43 vorgesehen. Der Kathodeneinbau 43 kann analog wie der Anodeneinbau 33 so gestaltet sein, wie dies in Fig. 9 bis Fig. 11 dargestellt ist. Insbesondere kann sowohl der Anodeneinbau 33 als auch der Kathodeneinbau 43 mit spiralförmigen Fluidführungen versehen sein, wie dies in Fig. 9 dargestellt ist. Der Kathodenraum 4 umfasst eine Katholytkammerplatte 44 und einer weitere Dichtung 45 aus PTFE sowie eine leitende Dichtung 46. Diese leitende Dichtung 46 ermöglicht einen Stromübertritt von im Übrigen isolierten Bauteilen, sodass Strom über die leitende Dichtung 46 durch den Kathodenraum 4 und den Anodenraum 3 fließen kann. Der Strom wird dabei quasi von außen zugeführt und tritt dann in das Innere der Einbauten für den Kathodenraum 4 und den Anodenraum 3 ein, ehe der Strom wieder abgenommen wird. Die leitende Dichtung 46 kann insbesondere aus Graphit bestehen.

[0040] An den Kathodenraum 4 schließt ein Gasraum 5 an. Der Gasraum 5 umfasst zunächst eine leitende Stützplatte 53. An diese Stützplatte 53 schließt eine Gasdiffusionselektrode 54 an. An diese wiederum schließt zunächst eine weitere Dichtung aus einem leitenden Material wie Graphit an, insbesondere ein Graphit-Dichtungsring 55. Eine Gasraumplatte 56 sowie ein Gasraumeinbau 57 und eine bipolare Platte 58 schließen die Gasraum 5 ab. Die Gasraumplatte 56 kann auch entfallen, um einen Stromwiderstand mit einhergehender Gasraumvolumenreduktion zu verringern; in diesem Fall erfolgt eine Fluidzu- und -ableitung über die Dichtung 55. Es folgt dann ein zweiter Stromanschluss 84 sowie eine weitere Trennplatte 10, ehe die zweite endseitige Platte 9 folgt.

[0041] Wie erwähnt weisen die beiden endseitigen Platten 9 jeweils eine Vielzahl von Öffnungen bzw. Bohrungen auf. Ein Teil dieser Bohrungen ist dafür gedacht, durch entsprechende Bolzen-Mutter-Kombinationen die Elektrolysezelle 1 und die einzelnen Einbauten sowie die umgebenden

Ringe pressend zusammenzuhalten, wie dies in Fig. 2 sowie Fig. 4 ersichtlich ist. Die übrigen Öffnungen dienen dazu, Fluidzuleitungen 61, 62, 63 sowie Fluidableitungen 71, 72, 73 und letztlich eine Stromleitung 8, ebenfalls ausgestattet mit Zuleitung und Ableitung, auszubilden.

[0042] Die entsprechenden Zu- und Ableitungen sind anhand der Fig. 2 bis Fig. 4 und insbesondere Fig. 5 bis Fig. 7 im Gegenstromprinzip dargestellt. Die Elektrolysezelle kann aber auch so ausgelegt sein, dass die Fluide im Gleichstrom geführt sind. Bei einer entsprechenden Elektrolysezelle gemäß Fig. 2 bis Fig. 7 sind mehrere Stapel 2 vorgesehen, nämlich drei. Die Anzahl der Stapel 2 kann aber durchaus höher sein. Die einzelnen Stapel 2 sind entsprechend der Darstellung in Fig. 1 aufgebaut und aneinander anliegend über die bipolaren Platten 58 stromleitend verbunden. Mit einem entsprechenden schichtförmigen Aufbau der Stapel 2 kann ein kompaktes Arrangement erreicht werden. Dieses kompakte Arrangement wird unterstützt durch senkrecht zu den einzelnen Stapeln 2 verlaufende Fluidzuleitungen 61, 62, 63. Es ist jeweils eine Fluidzuleitung 61, 62, 63 für den Anodenraum 3, den Kathodenraum 4 und den Gasraum 5 jedes Stapels 2 vorgesehen. Aufgrund der entsprechenden senkrechten Anordnung kann eine Zuleitung von der Seite zu den jeweiligen Räumen wie Anodenraum 3 oder Kathodenraum 4 sowie Gasraum 5 erfolgen. Hierfür weisen die einzelnen Räume jeweils geeignete Einlässe und, für die Ableitungen in Form der Fluidableitungen 71, 72, 73, geeignete Auslässe auf. Diese Einlässe sind in Fig. 1 ersichtlich, nämlich die Anodeneinlässe 31, die Anodenauslässe 32, die Kathodeneinlässe 41, die Kathodenauslässe 42 sowie die Gaseinlässe 51 und die Gasauslässe 52. Durch die senkrecht verlaufenden Zuleitungen sowie Ableitungen kann somit von der Seite in jeden Raum eine Fluidzuführung sowie, ebenfalls von der Seite, eine Fluidabführung erfolgen. Für einen möglichst hohen Wirkungsgrad sind hierfür die entsprechenden Zuleitungen und Ableitungen bzw. Einlässe und Auslässe jeweils 180° gegenüberliegend angeordnet, sodass innerhalb einer einzelnen Schicht eine Verweilzeit möglichst optimiert werden kann. Wie insbesondere in Fig. 3 ersichtlich ist, erfordert eine entsprechende Anordnung, dass die Einlässe bzw. Auslässe gegeneinander versetzt sind, sodass die einzelnen Fluidzuleitungen 61, 62, 63 sowie die Fluidableitungen 71, 72, 73 nicht miteinander kollidieren. Eine Anordnung gemäß Fig. 3 erweist sich diesbezüglich als zweckmäßig. Wenn die einzelnen Zu- und Ableitungen in einem entsprechenden Winkel von beispielsweise 45° zueinander versetzt sind, kann die zur Verfügung stehende Fläche gut ausgenutzt werden. Zu beachten ist in diesem Zusammenhang auch, dass auch die Stromzuführung bzw. Stromableitung entsprechend erfolgt und hierfür ebenfalls Platz in der gewählten Konfiguration vorzusehen ist.

[0043] In Fig. 5 bis Fig. 7 ist exemplarisch dargestellt, wie sich eine entsprechende Anordnung auf die Zuleitung der einzelnen Komponenten (Gas in Fig. 5, Katholyt in Fig. 6 sowie Anolyt in Fig. 7) verhält, wobei auf die in Fig. 3 eingezeichneten Schnitte Bezug genommen ist. Wie ersichtlich ist, werden durch die entsprechenden Führungen gleichzeitig alle Räume aller Stapel 2 versorgt und kann gleichzeitig aus allen Räumen wiederum ein Stoffabfluss erfolgen.

[0044] In Fig. 8 ist ein Stromfluss dargestellt, der über zwei Stromschienen 81, 82 und den ersten Stromanschluss 83 und den zweiten Stromanschluss 84 ähnlich wie die Fluidzuleitungen 61, 62, 63 und die Fluidableitungen 71, 72, 73 zur gleichzeitigen Beaufschlagung aller Stapel 2 mit Strom eingerichtet ist.

[0045] In Fig. 9 bis Fig. 11 sind verschiedene Einbauten dargestellt, welche für den Anodenraum 3 und/oder den Kathodenraum 4 und/oder den Gasraum 5 verwendet werden können. Es ist zweckmäßig, dass ein möglichst inniger Austausch möglich ist. Hierfür ist bevorzugt eine spiralförmige Ausbildung gemäß Fig. 8 vorgesehen, sodass das zugeführte Fluid einen möglichst langen und gleich langen Weg passieren muss, ehe dieses über eine Fluidableitung 71, 72, 73 wieder abgeführt werden kann. Alternativen sind in Fig. 9 (Metallschaum) sowie Fig. 10 (Metall-Netzeinbau) dargestellt. Auch in diesem Fall wird eine Effizienz maximiert. Bei einem Metallschaum kann der Strömungskanal über die Porengröße des Schwammes gesteuert werden und es kommt zu einer sehr gleichmäßigen Stromverteilung.

[0046] In Fig. 12 ist eine Anlage 11 mit einer erfindungsgemäßen Elektrolysezelle 1 dargestellt. Die Anlage 11 umfasst neben der Elektrolysezelle 1 einen Anolytbehälter 12 und einen

Katholytbehälter 13 sowie einen Produktbehälter 14, aus dem beispielsweise Methanol und/oder Ameisensäure abgenommen werden können. Die entsprechenden Behälter stehen mit der Elektrolysezelle 1 in Verbindung. Insbesondere sind geeignete Leitungen vorgesehen, die dazu eingerichtet sind, Anolyt in die Elektrolysezelle 1 einzubringen und aus dieser wieder zurückzuführen. Analoges ist in Bezug auf eine Umwälzung des Katholyten vorgesehen. Darüber hinaus ist für die Gaszufuhr eine entsprechende Leitung vorgesehen, die dazu eingerichtet ist, Kohlenstoffdioxid oder gegebenenfalls ein Gas enthaltend Kohlenstoffdioxid in die jeweiligen Gasräume 5 der Elektrolysezelle 1 zuzuführen. Das Gas wird hierbei mit einem Druck im Bereich von beispielsweise 1,5 bar oder mehr zugeführt. Dabei kann das Gas im Kreislauf geführt werden, wie dies in Fig. 11 ersichtlich ist. Dadurch kann CO₂ im Kreis geführt werden, sodass dieses bestmöglich umgesetzt werden kann. Gasförmige Produkte können in einem Behälter 15 gesammelt werden. Hierfür wird durch eine entsprechende Trenneinrichtung das umgesetzte Produkt aufgetrennt und zum Beispiel in dem Behälter 15 gespeichert. Nicht umgesetztes CO₂ wird wieder dem Kreislauf zugeführt.

Patentansprüche

1. Elektrolysezelle (1) zur Reduktion von Kohlenstoffdioxid, umfassend zumindest einen Stapel (2) aus einem Anodenraum (3), einem Kathodenraum (4) und einem an den Kathodenraum (4) anschließenden Gasraum (5) sowie Fluidzuleitungen (61, 62, 63) und Fluidableitungen (71, 72, 73), die zur Anspeisung für den Anodenraum (3) mit Analyt, den Kathodenraum (4) mit Katholyt und den Gasraum (5) mit Gas eingerichtet sind, und eine Stromleitung (8) zum Anlegen einer Spannung zwischen Kathodenraum (4) und Anodenraum (5), **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Stapel (2) vorgesehen sind und die Fluidzuleitungen (61, 62, 63) sowie die Fluidableitungen (71, 72, 73) und die Stromleitung (8) zur gleichzeitigen Fluidzufuhr und Strombeaufschlagung mehrerer, insbesondere aller, Stapel (2) eingerichtet sind.
2. Elektrolysezelle (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Stapel (2) jeweils schichtförmig aufgebaut sind.
3. Elektrolysezelle (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Stapel (2) einen Zylinder bilden, wobei die Stapel (2) aneinander anliegen.
4. Elektrolysezelle (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fluidzuleitungen (61, 62, 63) senkrecht zu den Stapeln (2) angeordnet sind.
5. Elektrolysezelle (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fluidableitungen (71, 72, 73) senkrecht zu den Stapeln (2) angeordnet sind.
6. Elektrolysezelle (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kathodenraum (4) eines Stapels (2) einen Kathodenraumeinlass (41) aufweist, welcher mit der Fluidzuleitung (62) für den Kathodenraum (4) in Verbindung steht, und einen Kathodenraumauslass (42) aufweist, welcher mit der Fluidableitung (72) aus dem Kathodenraum (4) in Verbindung steht.
7. Elektrolysezelle (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kathodenraumauslass (42) dem Kathodenraumeinlass (41) gegenüberliegt, insbesondere um 180° versetzt ist.
8. Elektrolysezelle (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anodenraum (4) eines Stapels (2) einen Anodenraumeinlass (31) aufweist, welcher mit der Fluidzuleitung (61) für den Anodenraum (3) in Verbindung steht, und einen Anodenraumauslass (32) aufweist, welcher mit der Fluidableitung (71) aus dem Anodenraum (3) in Verbindung steht.
9. Elektrolysezelle (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anodenraumauslass (32) dem Anodenraumeinlass (31) gegenüberliegt, insbesondere um 180° versetzt ist.
10. Elektrolysezelle (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Gasraum (5) eines Stapels (2) einen Gasraumeinlass (51) aufweist, welcher mit der Fluidzuleitung (63) für den Gasraum (5) in Verbindung steht, und einen Gasraumauslass (52) aufweist, welcher mit der Fluidableitung (73) aus dem Gasraum (5) in Verbindung steht.
11. Elektrolysezelle (1) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Gasraumauslass (52) dem Gasraumeinlass (51) gegenüberliegt, insbesondere um 180° versetzt ist.
12. Elektrolysezelle (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Stapel (2) zwischen endseitigen Platten (9) eingespannt sind.
13. Elektrolysezelle (1) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fluidzuleitungen (61, 62, 63) sowie die Fluidableitungen (71, 72, 73) durch die endseitigen Platten (9) verlaufen.
14. Elektrolysezelle (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Stapel (2) im Anodenraum (3) und/oder im Kathodenraum (4) und/oder Gasraum (5) mit, insbesondere statischen, Mischelementen ausgebildet sind.
15. Elektrolysezelle (1) nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Mischelemente

spiralförmige Fluidbahnen aufweisen.

16. Anlage (11) zur kontinuierlichen Reduktion von Kohlenstoffdioxid, umfassend eine Elektrolysezelle (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 15.
17. Anlage (1) nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Anolytbehälter (12) zur Zufuhr von Anolyt in die Anodenräume (3) der Stapel (2) und ein Katholytbehälter (13) zur Zufuhr von Katholyt in die Kathodenräume (4) vorgesehen und zur entsprechenden Zufuhr eingerichtet sind.
18. Anlage (1) nach Anspruch 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Kreislauf für Kohlenstoffdioxid vorgesehen ist, über welchen nicht umgesetztes Kohlenstoffdioxid in die Stapel (2) zur weiteren Umsetzung rückführbar ist.
19. Anlage (1) nach einem der Ansprüche 16 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Trenneinrichtung zur Trennung gasförmige Produkte vorgesehen ist, wobei die Trenneinrichtung eingerichtet ist, nicht umgesetztes Kohlenstoffdioxid zur weiteren Umsetzung rückzuführen.

Hierzu 5 Blatt Zeichnungen

2/5

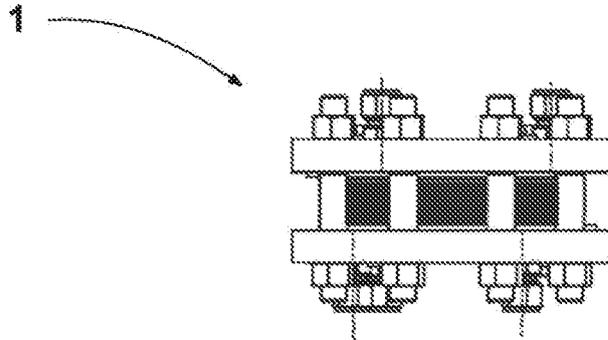


Fig. 2

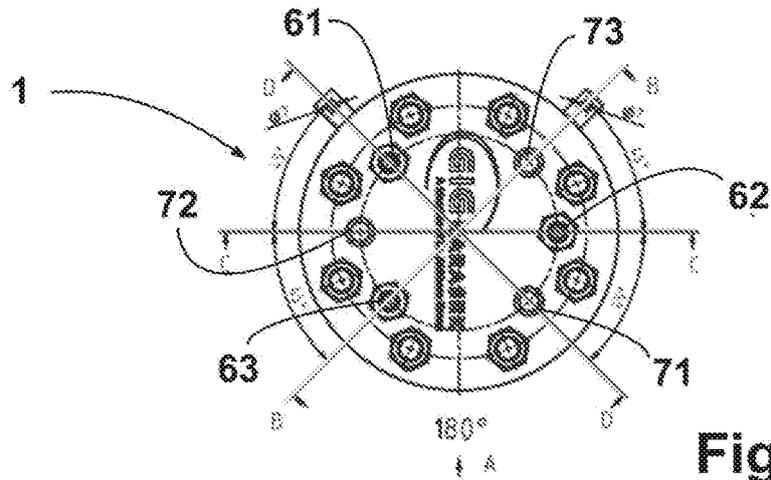


Fig. 3

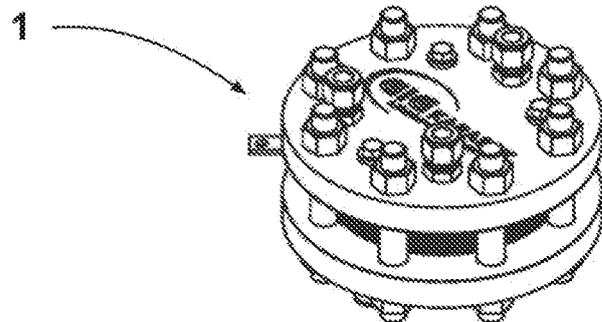


Fig. 4

3/5

Schnitt B-B, Gas-Kanal

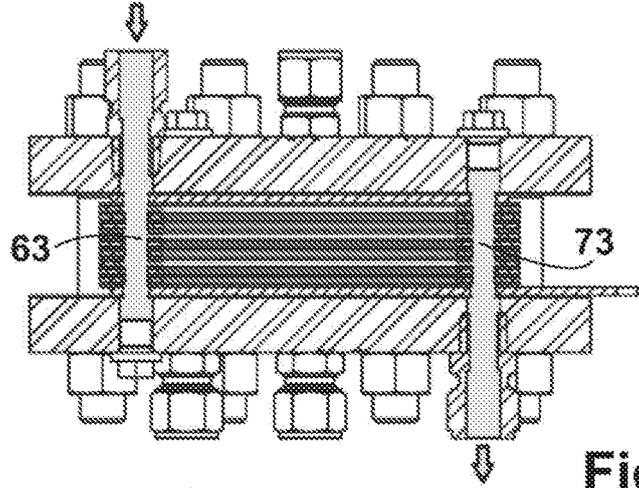


Fig. 5

Schnitt C-C, Katalyst-Kanal

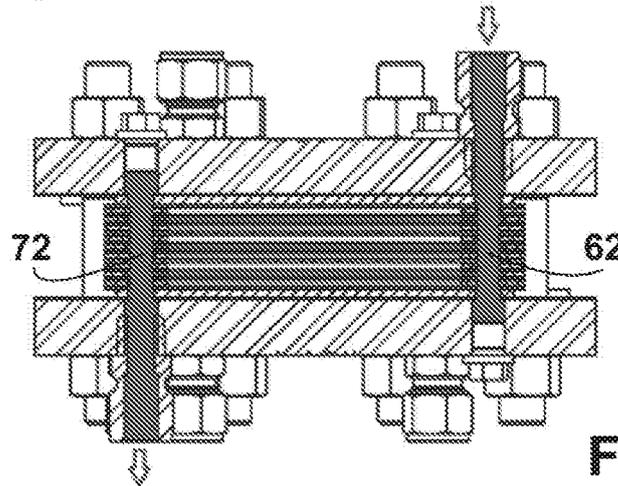


Fig. 6

Schnitt D-D, Ansaug-Kanal

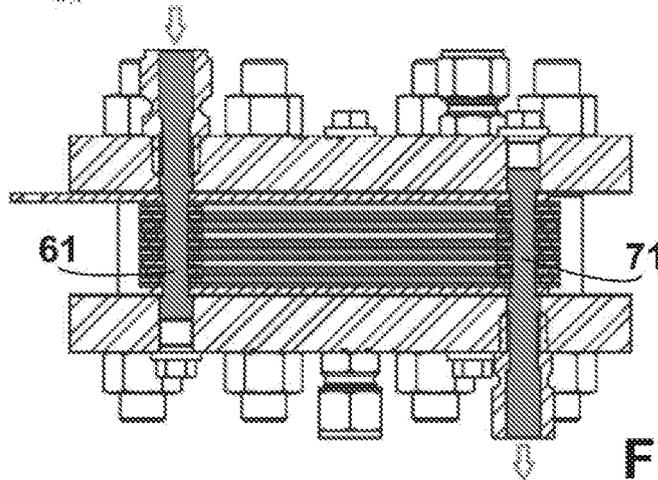


Fig. 7

4/5

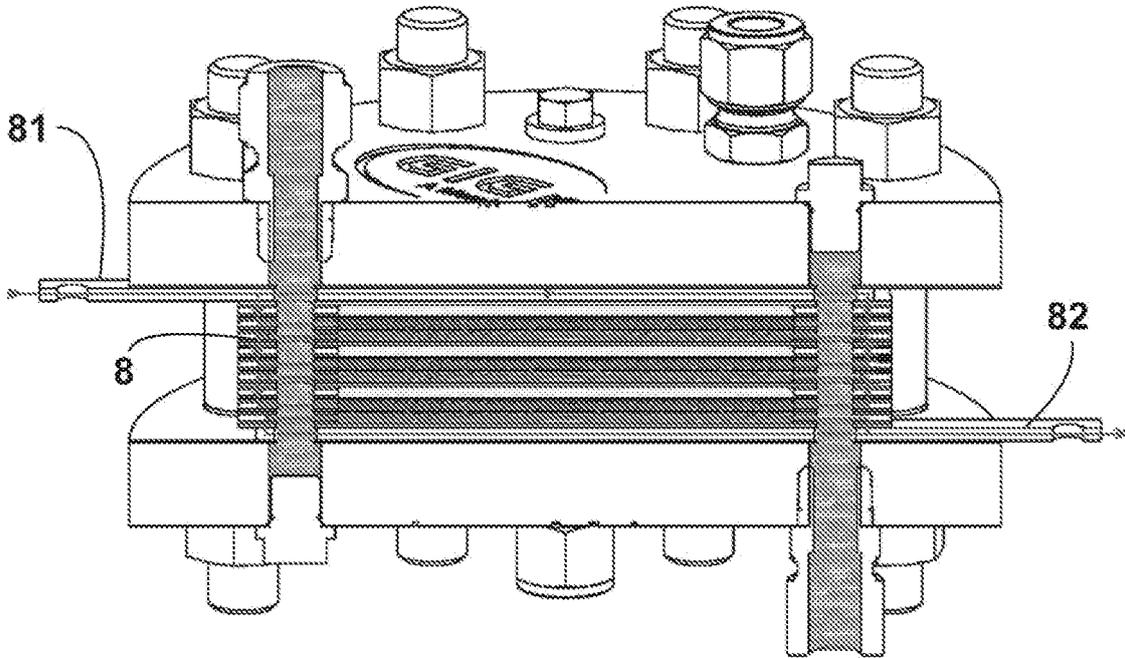


Fig. 8

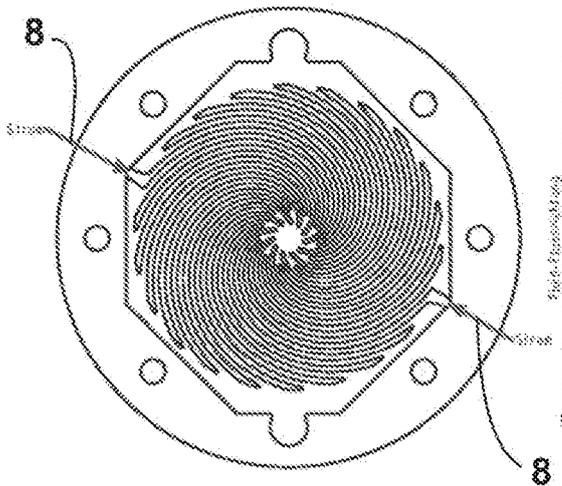


Fig. 9

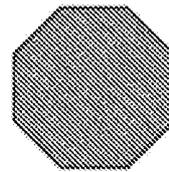


Fig. 10

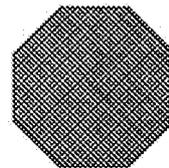


Fig. 11

5/5

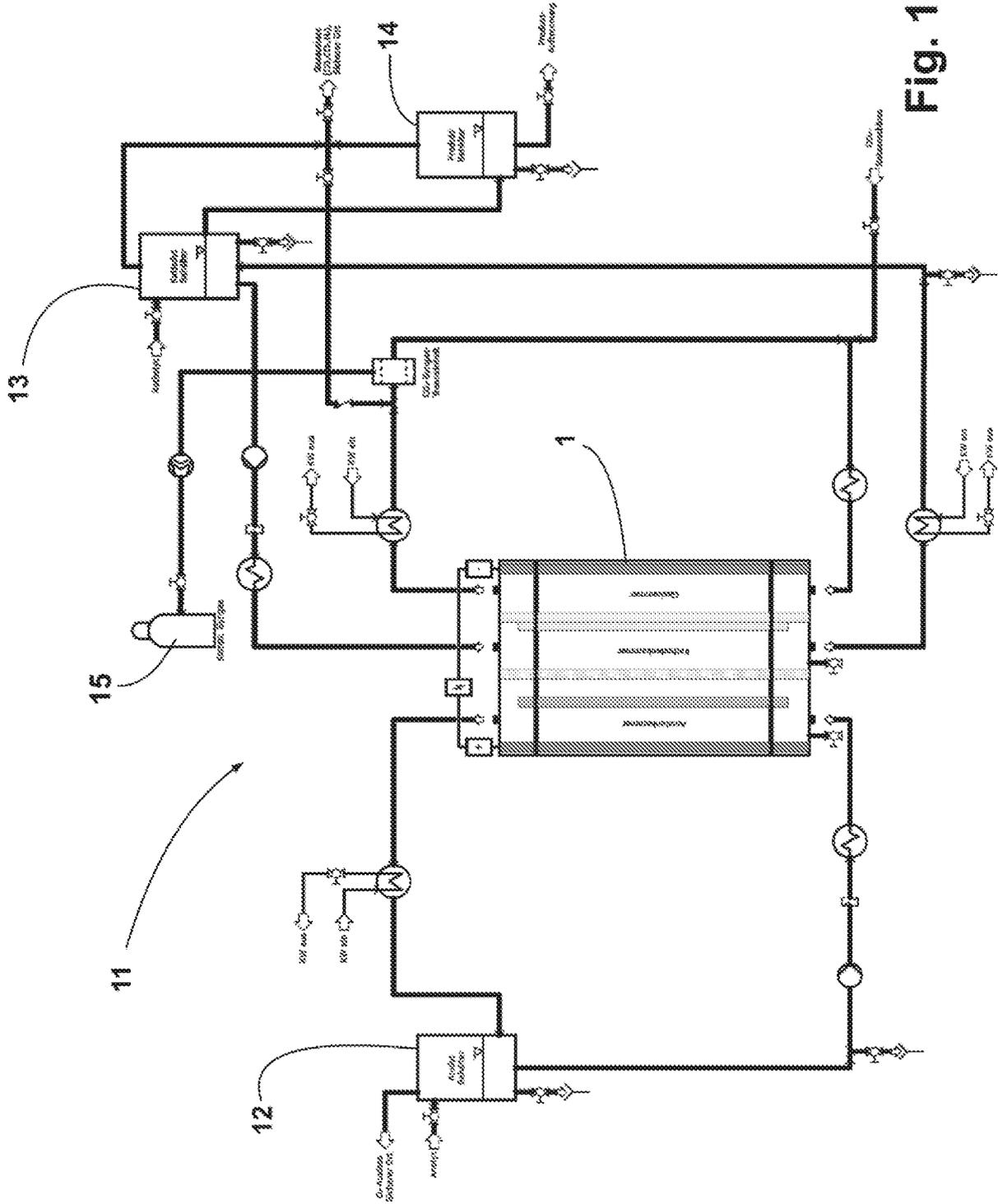


Fig. 12