

(19)



(11)

EP 4 818 364 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
07.10.2026 Patentblatt 2026/41

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
C25B 1/04 ^(2021.01) **C25B 15/025** ^(2021.01)
C25B 15/08 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **25167610.2**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
C25B 1/04; C25B 9/77; C25B 15/023;
C25B 15/025; C25B 15/08; C25B 15/083;
C25B 15/087

(22) Anmeldetag: **01.04.2025**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

• **Dillig, Marius**
82049 Pullach (DE)
• **Göke, Volker**
82049 Pullach (DE)

(71) Anmelder: **Linde GmbH**
82049 Pullach (DE)

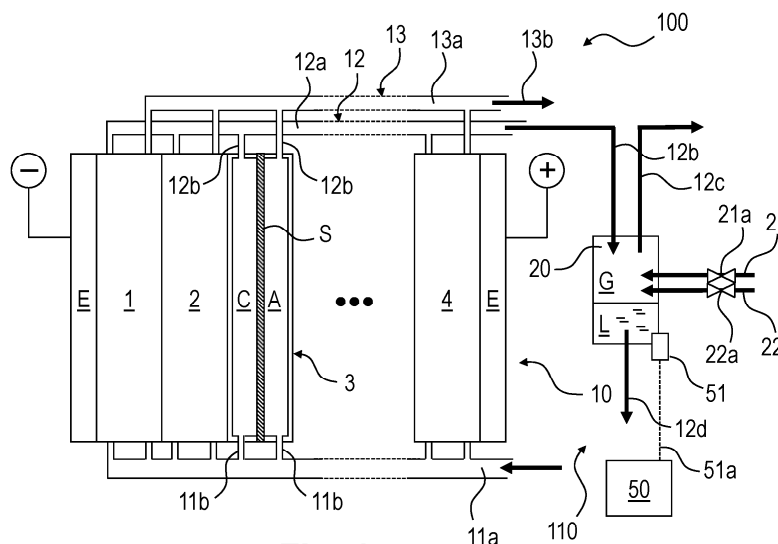
(74) Vertreter: **Fischer, Werner**
Linde GmbH
Intellectual Property EMEA
Dr.-Carl-von-Linde-Straße 6-14
82049 Pullach (DE)

(72) Erfinder:
• **Gottschalk, Bradford**
82049 Pullach (DE)

(54) ELEKTROLYSEANORDNUNG UND ELEKTROLYSEVERFAHREN

(57) Vorliegend wird eine Elektrolyseanordnung (100) mit einem Elektrolyseblock (10) mit einer Vielzahl von Elektrolysezellen (1-4), die Kathodenkammern (C) und Anodenkammern (A) aufweisen, und mit einem Elektrolytsystem (20), das eine Speiseleitungsanordnung (11), eine kathodenseitige Entnahmeleitungsanordnung (12) und eine anodenseitige Entnahmeleitungsanordnung (13) aufweist, vorgeschlagen. Die Elektrolyseanordnung (100) ist dafür eingerichtet, den Kathodenkammern (C) und den Anodenkammern (A) über die Speiseleitungsanordnung (11) Lauge zuzuführen, den Kathodenkammern (C) über die kathodenseitige Entnah-

meleitungsanordnung (12) Lauge und in den Kathodenkammern (C) gebildeten Wasserstoff zu entnehmen, und den Anodenkammern (A) über die anodenseitige Entnahmeleitungsanordnung (13) Lauge und in den Anodenkammern (A) gebildeten Sauerstoff zu entnehmen. Die Elektrolyseanordnung (100) ist dafür eingerichtet, eine Konzentration des den Kathodenkammern (C) und Anodenkammern (A) zugeführten Elektrolyten in Abhängigkeit von einem Betriebszustand der Elektrolyseanordnung (100) zu verändern. Ein entsprechendes Verfahren wird ebenfalls vorgeschlagen.

**Fig. 1**

Beschreibung

Gebiet

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft eine Elektrolyseanordnung und ein Elektrolyseverfahren.

Hintergrund

[0002] Die Herstellung von Wasserstoff und/oder Sauerstoff durch Wasserelektrolyse ist bekannt und wird beispielsweise im Artikel "Hydrogen" in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley-VCH, 15. Juni 2000, DOI: 10.1002/14356007.a13-297, insbesondere im Abschnitt 4.2, "Electrolysis", beschrieben.

[0003] Wie unten im Detail erläutert, können zumindest bei bestimmten Elektrolyseverfahren Probleme aufgrund von Nebenschlussströmen auftreten. Es besteht daher der Bedarf nach Verbesserungen insbesondere in dieser Hinsicht.

Übersicht

[0004] Vor diesem Hintergrund werden eine Elektrolyseanordnung und ein Elektrolyseverfahren mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche vorgeschlagen. Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche und der nachfolgenden Beschreibung.

[0005] Die vorgeschlagene Elektrolyseanordnung umfasst einen Elektrolyseblock mit einer Vielzahl von Elektrolysezellen, die Kathodenkammern und Anodenkammern aufweisen, und ein Elektrolytssystem, das eine Zuleitungsanordnung, eine kathodenseitige Entnahmeleitungsanordnung und eine anodenseitige Entnahmeleitungsanordnung aufweist.

[0006] Die Elektrolyseanordnung ist dafür eingerichtet, den Kathodenkammern und Anodenkammern über die Zuleitungsanordnung einen flüssigen Elektrolyten zuzuführen, den Kathodenkammern über die kathodenseitige Entnahmeleitungsanordnung den Elektrolyten und in den Kathodenkammern gebildeten Wasserstoff zu entnehmen, und den Anodenkammern über die anodenseitige Entnahmeleitungsanordnung den Elektrolyten und in den Anodenkammern gebildeten Sauerstoff zu entnehmen.

[0007] Es versteht sich, dass es sich bei dem jeweils den Kathodenkammern und Anodenkammern entnommenen Elektrolyten um den nicht umgesetzten Anteil des Elektrolyten handelt. Ist daher hier davon die Rede, dass ein Elektrolyt "durch" die Kathodenkammern und Anodenkammern geführt wird, sei darunter der zugeführte Elektrolyt abzüglich des umgesetzten Anteils verstanden. Auch der "den Kathodenkammern und Anodenkammern entnommene" Elektrolyt stellt den nicht umgesetzten Anteil des Elektrolyten dar.

[0008] Ferner versteht sich, dass vorliegend mit der Bezugnahme auf "einen Elektrolyseblock" im Singular

nicht ausgeschlossen ist, dass eine entsprechende Elektrolyseanordnung mehrere Elektrolyseblocks gleicher oder unterschiedlicher Bauart und mit gleicher oder unterschiedlicher Anzahl an Elektrolysezellen aufweisen kann, von denen alle, ein Teil oder nur einer im hier vorgeschlagenen Sinn betrieben werden können.

[0009] Die Elektrolyseanordnung ist dafür eingerichtet, eine Konzentration des den Kathodenkammern und Anodenkammern zugeführten Elektrolyten in Abhängigkeit von einem Betriebszustand der Elektrolyseanordnung zu verändern. Durch die hierdurch verursachte Änderung in der Leitfähigkeit lassen sich bei einer Verringerung der Konzentration des Elektrolyten Stromverluste aufgrund von Nebenschlussströmen gegenüber herkömmlichen Ausgestaltungen verringern und bei einer Erhöhung der Konzentration eine Effizienz der Elektrolyse erhöhen.

[0010] Unter der "Konzentration des Elektrolyten" sei hier eine Konzentration, ein Gehalt oder ein Anteil einer oder mehrerer ionischer Verbindungen verstanden, bei der alkalischen Elektrolyse einer oder mehrerer Laugen, beispielsweise Kalilauge.

[0011] Wie weiter unten im Detail erläutert, können bei bestimmten Betriebszuständen, insbesondere bei Teillast, d.h. einem Betrieb einer Elektrolyseanordnung unter Verwendung verringerter Elektrolyseströme, erhöhte Nebenschlussströme auftreten, da geringere Mengen an Elektrolyseproduktgasen, d.h. Wasserstoff und Sauerstoff, gebildet werden. Die Elektrolyseproduktgase können durch Erhöhung des Gasblasenanteils in der Elektrolytflösung die Elektrolysezellen teilweise gegeneinander isolieren bzw. einen Widerstand des Elektrolyten erhöhen. Dieser Effekt tritt bei Teillast, und daher geringeren Mengen an Elektrolyseproduktgasen, in geringerem Umfang auf. Hier vorgeschlagene Ausgestaltungen kompensieren diesen Effekt der Teillast durch die Verringerung der Konzentration des Elektrolyten.

[0012] Hierbei kann insbesondere eine Kopplung einer Elektrolyselast, d.h. einer Höhe des Elektrolysestroms oder einer Elektrolysespannung, mit dem bzw. der die Elektrolysezellen beaufschlagt werden, mit einer Veränderung der Konzentration des Elektrolyten erfolgen. Während eine Abnahme der Elektrolytkonzentration die elektrische Leitfähigkeit in den Elektrolysezellen verringert, was zu einer geringeren Elektrolyseeffizienz führt, verringert die Abnahme der Elektrolytkonzentration auch die Verluste durch Nebenschlussströme im Teillastbetrieb, die die geringere Elektrolyseeffizienz kompensieren oder überkompensieren kann.

[0013] Durch die vorgeschlagenen Maßnahmen kann damit ein Problem behoben werden, das insbesondere bei der alkalischen Elektrolyse auftritt.

[0014] Gemäß einer Ausgestaltung ist die Elektrolyseanordnung dafür eingerichtet, die Konzentration des durch die Elektrolysezellen geführten Elektrolyten bei einer Lastreduktion der Elektrolyseanordnung durch Verdünnen zu verringern, was zu den bereits erwähnten vorteilhaften Effekten führt. Umgekehrt kann die Elektro-

lyseanordnung dafür eingerichtet sein, die Konzentration des durch die Elektrolysezellen geführten Elektrolyten bei einer Lasterhöhung der Elektrolyseanordnung zu erhöhen, da sich hierbei aufgrund der erhöhten Bildung der Elektrolyseproduktgase höhere Elektrolytkonzentrationen tolerieren lassen, bei denen die Elektrolyseeffizienz steigt.

[0015] Gemäß einer Ausgestaltung ist die Elektrolyseanordnung dafür eingerichtet, eine Umlaufmenge des Elektrolyten durch die Elektrolysezellen in Teillast zu reduzieren. Auf diese Weise wird in der Zelle anteilig mehr Wasser verbraucht und es stellt sich lokal eine höhere Leitfähigkeit als in der Zuleitungsanordnung und den Entnahmeleitungsanordnungen ein.

[0016] Gemäß einer Ausgestaltung weist das Elektrolytssystem einen Abscheider auf, der mit der kathodenseitigen Entnahmeleitungsanordnung oder der anodenseitigen Entnahmeleitungsanordnung fluidisch verbunden ist, und der ferner mit der Zuleitungsanordnung fluidisch verbunden ist. Hierbei ist die Elektrolyseanordnung dafür eingerichtet, das Verdünnen des Elektrolyten durch Zudosieren von Wasser in den Abscheider vorzunehmen, und zwar insbesondere in einer Menge, die die jeweils bei der Elektrolyse verbrauchte Wassermenge übersteigt. Alternativ kann eine Verdünnung auch durch Zuspeisen von verdünntem Elektrolyten erfolgen.

[0017] Nach einer entsprechenden Verdünnung, d.h. nach Beendigung der Teillast und für den Übergang zur Vollast, ist eine Erhöhung der Elektrolytkonzentration erforderlich. Eine Erhöhung der Elektrolytkonzentration kann beispielsweise durch Zudosieren einer Elektrolytstammlösung bzw. von höher konzentriertem Frischelektrolyten bewirkt werden. Alternativ oder zusätzlich kann auch graduell durch fortwährende Elektrolyse bei gestoppter oder verringerter Frisch- oder Ausgleichwasserzufuhr die Konzentration angehoben werden. Dabei ist lediglich erforderlich, die Menge des bei der Elektrolyse umgesetzten Wassers nicht, oder nicht in vollem Umfang, auszugleichen. In allen Fällen ist eine Variabilität des Flüssigkeitsstandes in den Abscheidern des Systems vorteilhaft.

[0018] Unter einer "Elektrolytstammlösung" sei hier eine Elektrolytlösung mit einer höheren Konzentration als dem gewünschten Zielwert nach der Zudosierung verstanden. Der Begriff "verdünnter Elektrolyt" bezeichnet eine Elektrolytlösung, insbesondere Kalilauge, mit einer Konzentration, die unterhalb der momentan in der Elektrolyseanordnung vorliegenden Konzentration liegt.

[0019] Es versteht sich, dass auch weitere Abscheider vorhanden sein können. Beispielsweise kann mit der kathodenseitigen Entnahmeleitungsanordnung ein erster Abscheider und mit der anodenseitigen Entnahmeleitungsanordnung ein zweiter Abscheider fluidisch verbunden sein. Einer oder beide Abscheider können für eine entsprechende Zudosierung eingerichtet sein. Nachfolgend ist lediglich aus Gründen der einfacheren Bezugnahme von "einem" Abscheider die Rede.

[0020] Die Verdünnung des Elektrolyten durch Zudo-

sierung des Wassers oder einer verdünnten Lauge in den Abscheider kann besonders vorteilhaft sein, weil hier besonders gute Zudosierungs-, Misch- und Analysemöglichkeiten bestehen, da gegenüber einer Leitung ein bestimmtes Flüssigkeitsvolumen vorliegt. Inhomogenitäten und ein sich hieraus ergebender instabiler Betrieb der Elektrolyse lassen sich hierdurch vermeiden. Entsprechendes gilt sinngemäß auch für eine Zudosierung einer Elektrolytstammlösung.

[0021] In der vorgeschlagenen Elektrolyseanordnung kann die Zuleitungsanordnung eine Sammelzuleitung und Einzelzuleitungen aufweisen, die jeweils von der Sammelzuleitung zu den Kathodenkammern und den Anodenkammern geführt sind. Die kathodenseitige Entnahmeleitungsanordnung weist insbesondere eine kathodenseitige Sammelentnahmeleitung und kathodenseitige Einzelentnahmeleitungen auf, die jeweils von der kathodenseitigen Sammelentnahmeleitung zu den Kathodenkammern geführt sind. Die anodenseitige Entnahmeleitungsanordnung weist insbesondere eine anodenseitige Sammelentnahmeleitung und anodenseitige Einzelentnahmeleitungen auf, die jeweils von der anodenseitigen Sammelentnahmeleitung zu den Anodenkammern geführt sind. Die vorgeschlagene Elektrolyseanordnung bietet hiermit eine Vielzahl von Positionierungsmöglichkeiten für die Beeinflussung der Konzentration des Elektrolyten zusätzlich oder alternativ zu dem Abscheider.

[0022] Mit anderen Worten kann vorgesehen sein, dass die Elektrolyseanordnung dafür eingerichtet ist, die Konzentration des Elektrolyten durch Verdünnen des Elektrolyten durch Zudosieren von Wasser in die kathodenseitige Sammelentnahmeleitung und/oder in die anodenseitige Sammelentnahmeleitung zu verringern. Dies kann, beispielsweise, für eine schnellere Einstellung der Konzentration und/oder die Nutzung von Strömungseffekten zur besseren Durchmischung erfolgen.

[0023] Gemäß einer Ausgestaltung weist die Elektrolyseanordnung eine Steuereinheit und eine Analyseeinrichtung auf, wobei die Analyseeinrichtung dafür eingerichtet ist, eine Konzentration und/oder einen Füllstand des Elektrolyten unter Erhalt eines Signalwerts zu erfassen, und wobei die Steuereinheit dafür eingerichtet ist, die Konzentration des Elektrolyten auf Grundlage des Signalwerts entsprechend einem Konzentrationssollwert einzustellen. Diese Ausgestaltung umfasst vorteilhafterweise die Verwendung einer zentralen Anlagensteuerung oder die modulmäßige Erweiterung derselben, so dass sich eine vorteilhafte Gesamtsteuerbarkeit ergibt. Die Erfassung eines Füllstands ist besonders einfach und korreliert mit der Konzentration des Elektrolyten.

[0024] Gemäß einer Ausgestaltung der Konzentrationssollwert auf Grundlage eines erfassten, vorgegebenen und/oder prognostizierten Lastwerts vorgegeben werden. Hierbei kann eine Anpassung an vorliegende Lastzustände, aber auch eine prädiktive Regelung in

Anpassung an einen zukünftigen Lastwert, der beispielsweise aufgrund einer Wetterprognose zu erwarten ist, erfolgen.

[0025] In bestimmten Ausgestaltungen ist die Elektrolyseanordnung zur Durchführung einer alkalischen Wasserelektrolyse mit einer wässrigen Lauge als dem Elektrolyten eingerichtet und mit einem Betriebsdruck beaufschlagbar. Insbesondere die alkalische Wasserelektrolyse kann von dem zuvor erläuterten Problem der Ausbildung von Nebenschlussströmen betroffen sein und profitiert daher von den hier vorgeschlagenen Maßnahmen in besonderer Weise.

[0026] Es hat sich herausgestellt, dass die vorgeschlagenen Maßnahmen insbesondere für Elektrolyseanordnungen vorteilhaft sind, in denen eine Anzahl der Elektrolysezellen mehr als 100, beispielsweise 100 bis 1.000 oder 100 bis 500, beträgt, und/oder bei der mehrere Elektrolyseblocks vorhanden sind, die gleich oder unterschiedlich wie der zuvor in Bezug genommene Elektrolyseblock betrieben werden. Insbesondere kann dabei auch vorgesehen sein, mehrere Elektrolyseblocks insofern zusammenzuschließen, als ein Trennmodul für Gas und Flüssigkeit für diese mehreren Elektrolyseblocks, beispielsweise umfassend jeweils einen Abscheider, bereitgestellt ist. Beispielsweise kann eine Anordnung 2 Elektrolyseblocks pro Trennmodul, 4 Elektrolyseblocks pro Trennmodul oder allgemeiner eine beliebige Anzahl von Elektrolyseblocks pro Trennmodul umfassen. Besondere Vorteile ergeben sich ferner dann, wenn eine entsprechende Elektrolyseanordnung mit einer Leistung von 1 bis 100 MW betrieben wird.

[0027] In dem vorgeschlagenen Verfahren zur Elektrolyse von Wasser wird eine Elektrolyseanordnung mit einem Elektrolyseblock mit einer Vielzahl von Elektrolysezellen, die Kathodenkammern und Anodenkammern aufweisen, und mit einem Elektrolytssystem, das eine Zuleitungsanordnung, eine kathodenseitige Entnahmelungsanordnung und eine anodenseitige Entnahmelungsanordnung aufweist, verwendet wird, verwendet.

[0028] Den Kathodenkammern und Anodenkammern wird über die Zuleitungsanordnung ein flüssiger Elektrolyt zugeführt, den Kathodenkammern wird über die kathodenseitige Entnahmelungsanordnung der Elektrolyten und in den Kathodenkammern gebildeter Wasserstoff entnommen, und den Anodenkammern wird über die anodenseitige Entnahmelungsanordnung der Elektrolyt und in den Anodenkammern gebildeter Sauerstoff entnommen.

[0029] Die Elektrolyseanordnung des den Kathodenkammern und Anodenkammern zugeführten Elektrolyten wird in dem vorgeschlagenen Verfahren in Abhängigkeit von einem Betriebszustand der Elektrolyseanordnung verändert.

[0030] Vorteile und Merkmale, die bezüglich der vorgeschlagenen Elektrolyseanordnung und ihrer Ausgestaltungen beschrieben wurden und nachfolgend werden, gelten auch für das vorgeschlagene Elektrolyseverfahren und umgekehrt. Diese werden entsprechend nur

einmalig beschrieben, und auf die jeweiligen Erläuterungen kann verwiesen werden. Entsprechendes gilt auch für Ausgestaltungen des Elektrolyseverfahren, die unter Verwendung einer Elektrolyseanordnung in einer beliebigen, zuvor und nachfolgend beschriebenen Ausgestaltung eingerichtet sein kann.

Zeichnungen

[0031] Im Rahmen der vorliegenden Offenbarung vorgeschlagene Aspekte werden anhand der beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigt

[0032] Figur 1 eine Teilansicht einer Elektrolyseanordnung gemäß einer Ausgestaltung.

Ausführungsformen

[0033] Die nachfolgend beschriebenen Ausführungsformen werden lediglich zu dem Zweck beschrieben, den Leser beim Verständnis der beanspruchten und zuvor erläuterten Merkmale zu unterstützen. Sie stellen lediglich repräsentative Beispiele dar und sollen hinsichtlich der Merkmale nicht abschließend und/oder beschränkend betrachtet werden. Es versteht sich, dass die zuvor und nachfolgend beschriebenen Vorteile, Ausführungsformen, Funktionen, Merkmale, Strukturen und/oder andere Aspekte nicht als Beschränkungen von Äquivalenten zu den Ansprüchen zu betrachten sind, und dass andere Ausführungsformen verwendet und Änderungen vorgenommen werden können, ohne vom Umfang der beanspruchten Erfindung abzuweichen.

[0034] Unterschiedliche Ausführungsformen der Erfindung können weitere zweckmäßige Kombinationen der beschriebenen Elemente, Komponenten, Merkmale, Teile, Schritte, Mittel usw. umfassen, aufweisen, aus ihnen bestehen oder im Wesentlichen aus diesen bestehen, auch wenn solche Kombinationen hier nicht spezifisch beschrieben sind.

[0035] Erläuterungen, die sich auf Vorrichtungen, Apparate, Anordnungen, Systeme usw. gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beziehen, können auch für Verfahren, Prozesse, Methoden usw. gemäß den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung gelten und umgekehrt. Gleiche, gleich wirkende in ihrer Funktion einander entsprechende, baulich identische oder vergleichbar aufgebaute Elemente, Verfahrensschritte usw. können mit identischen Bezugszeichen angegeben sein.

[0036] Die nachfolgenden Erläuterungen und Definitionen, die einige Grundlagen der Erfindung betreffen, können für alle oder einen Teil der hier vorgestellten Ausgestaltungen gelten, und die Erläuterung bestimmter Aspekte im Zusammenhang mit nur einem Teil oder einer der Ausgestaltungen soll nicht dahingehend verstanden werden, dass diese Aspekte nicht auch mit anderen oder allen Ausgestaltungen, soweit technisch möglich und sinnvoll, verwirklicht sein können.

[0037] Die im Rahmen der vorliegenden Offenbarung

verwendeten Begriffe haben grundsätzlich die in der Fachwelt anerkannten Bedeutungen. So sei zu den hier verwendeten Begriffen auf übliche Fachliteratur verwiesen.

[0038] Wie bereits eingangs angesprochen, betrifft die vorliegende Offenbarung ein Elektrolyseverfahren, nämlich die alkalische Wasserelektrolyse, insbesondere bei erhöhtem Druck. Mittels eines derartigen Elektrolyseverfahrens kann insbesondere Wasserstoff bereitgestellt werden, welcher als "sauberer" Brennstoff, aber auch als Verfahrensedukt, Schweißgas, Hydriermittel, oder beliebige andere Anwendungen verwendet werden kann. Der zugleich gebildete Sauerstoff kann ebenfalls entsprechend genutzt, aber auch an die Atmosphäre abgegeben werden. Der Betrieb einer Elektrolyse kann insbesondere unter Verwendung von regenerativ erzeugtem elektrischem Strom erfolgen, dessen Angebot typischerweise fluktuiert. Daher sollte die Elektrolyse an das Stromangebot anpassbar sein, d.h. insbesondere in Teillast betrieben werden können.

[0039] Bei der hier betrachteten Wasserelektrolyse wird eine wässrige alkalische Lösung, typischerweise von Kaliumhydroxid, als Elektrolyt verwendet (AEL, Alkalische Elektrolyse). Die Elektrolyse mit einer uni- oder bipolaren Elektrodenanordnung kann bei unterschiedlichen Drücken, darunter Atmosphärendruck, erfolgen. Ist zuvor und nachfolgend kurz von einer "Elektrolyse" oder "alkalischen Elektrolyse" die Rede, ist hierunter die alkalische Wasserelektrolyse, insbesondere unter Druck, verstanden.

[0040] Bei der alkalischen Elektrolyse kommt ein flüssiger alkalischer Elektrolyt in Form von beispielsweise 30-prozentiger Kalilauge zum Einsatz. Daher müssen die verwendeten Materialien besonders beständig gegenüber dem alkalischen Milieu sein. Bei Anwendungen unter Druck steigen die Anforderungen zusätzlich, da die oxidative Wirkung von Sauerstoff die Materialbeanspruchung verstärkt. Hier vorgeschlagene Maßnahmen berücksichtigen dies durch geeignete Materialwahl.

[0041] Das Auftreten von Nebenschlussströmen ist ein an sich bekanntes Problem bei der alkalischen Elektrolyse, wie beispielsweise bei Sakas et al., "Influence of shunt currents in industrial-scale alkaline water electrolyzer plants", Renewable Energy, Band 225, Mai 2024, Seite 120266, diskutiert.

[0042] Als Nebenschlussstrom wird ein elektrischer Strom bezeichnet, der einem alternativen Pfad mit geringem elektrischem Widerstand folgt und somit nicht über den regulären elektrolytischen Pfad in einem Elektrolysestapel fließt. Nebenschlussströme werden auch als vagabundierende, parasitäre, Leck- oder Bypassströme bezeichnet.

[0043] Industrielle Elektrolyseblöcke für die alkalische Elektrolyse, die in bipolarer Konfiguration betrieben werden und einen zirkulierenden Elektrolyten nutzen, leiden häufig unter erheblichen Leistungsverlusten. Diese Verluste entstehen durch den ionischen Nebenschlussstrom zwischen den Zellen. In solchen Systemen sind die

Elektrolysezellen elektrisch in Reihe geschaltet, während die Zuleitungs- und Entnahmeleitungsanordnungen für den Elektrolyten und die Elektrolyseprodukte eine parallele Anordnung bilden, wie auch nachfolgend unter Bezugnahme auf Figur 1 erläutert. Durch die gemeinsame Elektrolytlösung bilden sich "Salzbrücken", die sekundäre Strompfade mit geringem Widerstand schaffen. Diese geometrische Anordnung führt zu einer ungleichmäßigen Verteilung von Strom und Potential, was Korrosions- sowie Stromeffizienzprobleme nach sich ziehen kann.

[0044] Nebenschlussströme treten in Durchflussbatterien, Elektrolyseuren und Brennstoffzellen auf und sollten daher bereits im Entwicklungsprozess berücksichtigt werden. Die Entwicklung eines industriellen Elektrolyseblocks erfordert einen Kompromiss zwischen Effizienz und Größe. Eine niedrige Stromdichte verbessert zwar die Effizienz und senkt die Betriebskosten, erfordert jedoch eine größere Elektrodenfläche, was die Investitionskosten erhöht. Neben der Raum-Zeit-Ausbeute und der Energieeffizienz zählt die faradaysche Effizienz, und damit auch der Einfluss von Nebenschlussströmen, zu den drei zentralen Leistungskennzahlen.

[0045] Die Verluste durch Nebenschlussströme sind eine Funktion der Bedingungen des Elektrolyseprozesses, einschließlich der Stromversorgung des Elektrolyseblocks, der Elektrolyttemperatur, der Massenstromrate des Elektrolyten, des Prozessdrucks und der Elektrolytkonzentration. Eine Änderung einer oder mehrerer Prozessbedingungen wirkt sich auf elektrische Widerstände aus, insbesondere weil hierdurch der Gasvolumenanteil im Elektrolyten verändert wird. Der Gasvolumenanteil wird durch Produktgase der Elektrolyse gebildet, welche im Vergleich zum zirkulierenden Elektrolyten erhöhte Widerstandseigenschaften aufweisen. Hierdurch wird ein Teil des Volumens des Elektrolyten vom angelegten Stapelstrom isoliert und die Nebenschlussverluste reduzieren sich entsprechend.

[0046] Elektrolyseanlagen folgen häufig den Verfügbarkeiten erneuerbarer Energien, was zu einem hochdynamischen Betrieb und einer erheblichen Zeit im Teillastbetrieb führt. Während des Teillastbetriebs der Elektrolyse nimmt die Produktgasproduktion ab, und somit auch der Gasvolumenanteil im Elektrolyten bzw. den Zuleitungs- und Entnahmeleitungsanordnungen. Infolgedessen erhöhen sich die relativen Nebenschlussstromverluste, sofern die Prozessbedingungen gegenüber dem Nennlastbetrieb unverändert bleiben. Der erläuterte Effekt kann insbesondere bei hoher Absenkung der Last sehr ausgeprägt sein.

[0047] In Figur 1 ist ein Elektrolyseblock zum Einsatz in einer Elektrolyseanordnung gemäß einer Ausgestaltung veranschaulicht. Der Elektrolyseblock ist insgesamt mit 10 bezeichnet, die Elektrolyseanordnung mit 100.

[0048] Der Elektrolyseblock 10 weist eine Vielzahl von bipolaren Elektrolysezellen 1 bis 4 auf, die identisch aufgebaut sind. Ein entsprechender Elektrolyseblock wird fachsprachlich auch als "Stack" bezeichnet. Zusätz-

lich vorhandenen Elektrolysezellen sind mit Auslassungspunkten veranschaulicht, aber jeweils nicht gesondert zeichnerisch dargestellt. Ist daher nachfolgend von "Elektrolysezellen 1 bis 4" die Rede, beziehen sich die entsprechenden Erläuterungen auch auf die nicht dargestellten.

[0049] Die Elektrolysezellen 1 bis 4 sind elektrisch in Reihe, verfahrenstechnisch, d.h. über ein Elektrolytsystem, jedoch parallel miteinander verschaltet, wie bereits zuvor angesprochen. Die Elektrolysezellen 1 bis 4 sind zwischen Endplatten E eingebunden und werden über diese seriell mit einer Elektrolysespannung beaufschlagt, wie mit entsprechenden Spannungssymbolen + und - veranschaulicht. Wie anhand der Elektrolysezelle 3 veranschaulicht, die eröffnet dargestellt ist, weisen die Elektrolysezellen 1 bis 4 jeweils eine Kathodenkammer C und eine Anodenkammer A auf. Die Kathodenkammern C und die Anodenkammern A sind jeweils durch eine Separatorschicht S getrennt und gegeneinander abgedichtet.

[0050] Die Kathodenkammern C und die Anodenkammern A der Elektrolysezellen 1 bis 4 des Elektrolyseblocks 10 werden über eine Leitungsanordnung, hier als Zuleitungsanordnung 11 bezeichnet, mit flüssigem Elektrolyten eines Elektrolytsystems 110 gespeist und von unten nach oben durchströmt. Bei dem Elektrolyten handelt es sich im Fall einer alkalischen Elektrolyse um eine Lauge, insbesondere Kalilauge. Das Elektrolytsystem 110 kann in an sich bekannter Weise ausgebildet sein. Zu Details sei auf die zuvor zitierte Fachliteratur verwiesen.

[0051] Die Zuleitungsanordnung 11 umfasst dabei eine Sammelzuleitung 11a und Einzelzuleitungen 11b zu den Kathodenkammern C sowie den Anodenkammern A, wie an sich bekannt und in Figur 1 anhand der Elektrolysezelle 3 veranschaulicht. Entsprechende Einzelzuleitungen 11b sind auch zu den anderen Elektrolysezellen 1, 2 und 4 geführt und nur der Übersichtlichkeit halber nicht gesondert bezeichnet.

[0052] In den Kathodenkammern C bildet sich Wasserstoff, der mit dem Elektrolyten abtransportiert und über eine Leitungsanordnung, hier als kathodenseitige Entnahmeleitungsanordnung 12 bezeichnet, abgeführt wird. Dies ist in Figur 1 mit einem Pfeil 12b veranschaulicht. Die kathodenseitige Entnahmeleitungsanordnung 12 ist mit einem Abscheider verbunden, der ebenfalls Teil des Elektrolytsystems 110 ist und in Figur 1 schematisch in Form eines Blocks 20 veranschaulicht ist. Zwischen dem Elektrolyseblock 10 und dem Abscheider 20 können weitere Komponenten zwischengeschaltet sein. Die kathodenseitige Entnahmeleitungsanordnung 12 weist kathodenseitige Einzelentnahmeleitungen 12b von den jeweiligen Kathodenkammern C und eine mit den kathodenseitigen Einzelentnahmeleitungen 12b verbundene Sammelentnahmeleitung 12a auf. Der Elektrolyt kann nach Abscheidung von Wasserstoff und ggf. Zusp eisung von Frischlauge und/oder Frischwasser in dem Abscheider 20 in einem entsprechenden Kreislauf erneut der

Zuleitungsanordnung 11 zugeführt werden. Die Zusp eisung von Frischwasser ist grundsätzlich erforderlich, um die Reaktionswasserverluste auszugleichen. Eine Erhöhung der Zusp eisung von Frischwasser über die verbrauchte Menge hinaus verringert die Konzentration des Elektrolyten, eine Verringerung der Zusp eisung von Frischwasser auf einen Wert unterhalb der verbrauchten Menge erhöht die Konzentration.

[0053] In dem Abscheider 20 bilden sich dabei eine Gasphase G und eine Flüssigphase L aus, wobei die Gasphase den in den Kathodenkammern C gebildeten Wasserstoff aufweist und in Form eines in Figur 1 mit 12c bezeichneten Stoffstroms abgezogen wird. Der Stoffstrom 12c kann geeigneten stromabwärtigen Schritten, beispielsweise einer katalytischen Entfernung von Sauerstoff, Trocknung, Verdichtung, Kühlung oder Verflüssigung zugeführt werden. Der entsprechend an Wasserstoff abgereicherte Elektrolyt kann aus dem Abscheider 20 in Form eines in Figur 1 mit 12d bezeichneten Stoffstroms abgezogen und ggf. mit einem vergleichbar behandelten anodenseitigen Elektrolytstrom vereinigt werden. Dies ist in Figur 1 nicht gesondert veranschaulicht und kein zwingendes Merkmal der hier veranschaulichten Ausgestaltung.

[0054] In den Abscheider 20 können optional ein Frischelektrolytstrom 21 bzw. eine Elektrolytstamlösung und ein Wasserstrom 22 eingespeist werden, und zwar über geeignete Ventile 21a und 21b, die unter Verwendung einer Steuereinheit 50 eingestellt werden können. Weitere optionale oder vorteilhafte Elemente sind in der Figur der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt. Dies kann beispielsweise im Falle der Einspeisung des Frischelektrolytstroms 21 eine Elektrolytentnahmeleitung sein, die in diesem Fall bereitgestellt ist, um eine Konzentration des Elektrolyten wieder abzusenken. Die Einspeisung des Frischelektrolytstroms 21, falls vorgenommen und des Wasserstroms 22 muss nicht an der veranschaulichten Position erfolgen. Die Steuereinheit 50 kann in an sich bekannter Weise in die Elektrolyseanordnung 100 eingebunden sein, beispielsweise über kabelgebundene Kommunikationssysteme wie Direktverbindungen, Bussysteme und dergleichen.

[0055] In den Anodenkammern A bildet sich Sauerstoff, der mit dem Elektrolyten abtransportiert und über eine Leitungsanordnung, hier als anodenseitige Entnahmeleitungsanordnung 13 bezeichnet, abgeführt wird. Die anodenseitige Entnahmeleitungsanordnung 13 ist ebenfalls mit einem Abscheider verbunden, der in Figur 1 nicht gesondert veranschaulicht ist. Die anodenseitige Entnahmeleitungsanordnung 13 weist ebenfalls anodenseitige Einzelentnahmeleitungen 13b von den jeweiligen Anodenkammern A und eine mit den anodenseitigen Einzelentnahmeleitungen 13b verbundene Sammelentnahmeleitung 13a auf. Der Elektrolyt kann nach Abscheidung von Sauerstoff und ggf. Zusp eisung von Frischlauge und/oder Frischwasser ebenfalls erneut im Kreislauf der Zuleitungsanordnung 11 zugeführt werden.

[0056] Die Kathodenkammern C und die Anodenkam-

mern A der Elektrolysezellen 1 bis 4 des Elektrolyseblocks 10 können in an sich bekannter Weise mit einem geeigneten Druck druckbeaufschlagt werden, beispielsweise über die Einspeisung eines Gases oder über Filter oder Spurstangen.

[0057] Um die verstärkte Wirkung von Verlusten durch Nebenschlussströmen während eines Teillastbetriebs, beispielsweise bei verringertem Stromangebot, auszugleichen, ist die in Figur 1 veranschaulichte Elektrolyseanordnung 100 dafür ausgestaltet, eine der erwähnten Prozessbedingungen, nämlich die Elektrolytzusammensetzung, selektiv in Abhängigkeit von einer Betriebslast anzupassen. Dies kann durch die Zugabe von Wasser über das erforderliche stöchiometrische Verhältnis für die elektrolytische Reaktion hinaus erreicht werden, wodurch der zirkulierende Elektrolyt auf eine Konzentration verdünnt wird, die von der gewählten Betriebslast des Elektrolyseurs abhängt. Hierzu kann in der Elektrolyseanordnung 100 insbesondere der Wasserstrom 22 über eine entsprechende Einstellung des Ventils 22a über die Steuereinrichtung 50 bereitgestellt oder in seiner Menge erhöht werden. Hierdurch erhöht sich auch ein Füllstand im Abscheider 20. Bei sich wieder erhöhender Last wird weniger Frischwasser als stöchiometrisch benötigt bzw. verbraucht über den Wasserstrom 22 bereitgestellt, und der Flüssigkeitsstand im Abscheider sowie die Elektrolytkonzentration sinkt wieder. Der Füllstand im Abscheider 20 korreliert daher mit der Konzentration des Elektrolyten und kann als mit der Konzentration korrelierender Signalwert ausgewertet werden. Alternativ kann eine Einspeisung des Frischelektrolytstroms 21 über das Ventil 21a erfolgen.

[0058] Während die Abnahme der Elektrolytkonzentration die elektrische Leitfähigkeit in den Elektrolysezellen 1 bis 4 verringert, was zu einer geringeren Elektrolyseeffizienz führt, verringert die Abnahme der Elektrolytkonzentration auch die Verluste durch Nebenschlussströme im Teillastbetrieb, die die geringere Elektrolyseeffizienz kompensieren oder überkompensieren kann.

[0059] Hier vorgeschlagene Ausgestaltungen beruhen damit auf einer Kopplung des Elektrolyselastbetriebs, d.h. Stromversorgung der Elektrolysezellen, mit dem Ventil 22a zu dem Abscheider 20. Hierbei kann ein schnell reagierender Analysator 51 bereitgestellt werden, der über eine Messleitung 51a an die Steuereinheit 50 angebunden ist, um die Elektrolytkonzentration genau messen zu können. Außerdem wird vorteilhafterweise bei der Bemessung und Gestaltung des Abscheiders 20 der Verdünnungseffekt (innerhalb eines bestimmten Bereichs) berücksichtigt. Das bedeutet, dass möglicherweise ein größerer Abscheider erforderlich ist.

[0060] Hier vorgeschlagene Ausgestaltungen eignen sich insbesondere für einen Dauerbetrieb bei Teillast.

Patentansprüche

1. Elektrolyseanordnung (100) mit einem Elektrolyse-

block (10) mit einer Vielzahl von Elektrolysezellen (1-4), die Kathodenkammern (C) und Anodenkammern (A) aufweisen, und mit einem Elektrolytsystem (110), das eine Zuleitungsanordnung (11), eine kathodenseitige Entnahmeleitungsanordnung (12) und eine anodenseitige Entnahmeleitungsanordnung (13) aufweist, wobei die Elektrolyseanordnung (100) dafür eingerichtet ist, den Kathodenkammern (C) und Anodenkammern (A) über die Zuleitungsanordnung (11) einen flüssigen Elektrolyten zuzuführen, den Kathodenkammern (C) über die kathodenseitige Entnahmeleitungsanordnung (12) den Elektrolyten und in den Kathodenkammern (C) gebildeten Wasserstoff zu entnehmen, und den Anodenkammern (A) über die anodenseitige Entnahmeleitungsanordnung (13) den Elektrolyten und in den Anodenkammern (A) gebildeten Sauerstoff zu entnehmen, und wobei die Elektrolyseanordnung (100) dafür eingerichtet ist, eine Konzentration des den Kathodenkammern (C) und Anodenkammern (A) zugeführten Elektrolyten in Abhängigkeit von einem Betriebszustand der Elektrolyseanordnung (100) zu verändern.

2. Elektrolyseanordnung (100) nach Anspruch 1, wobei die Elektrolyseanordnung (100) dafür eingerichtet ist, die Konzentration des den Kathodenkammern (C) und Anodenkammern (A) zugeführten Elektrolyten bei einer Lastreduktion der Elektrolyseanordnung (100) zu verringern und/oder bei einer Lasterhöhung der Elektrolyseanordnung (100) zu erhöhen.

3. Elektrolyseanordnung (100) nach Anspruch 2, wobei die Elektrolyseanordnung (100) dafür eingerichtet ist, eine Umlaufmenge des Elektrolyten durch die Elektrolysezellen in Teillast zu reduzieren.

4. Elektrolyseanordnung (100) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Elektrolytsystem einen Abscheider (20) aufweist, der mit der kathodenseitigen Entnahmeleitungsanordnung (12) oder der anodenseitigen Entnahmeleitungsanordnung (13) fluidisch verbunden ist, und der ferner mit der Zuleitungsanordnung (11) fluidisch verbunden ist, und wobei die Elektrolyseanordnung (100) dafür eingerichtet ist, die Konzentration des Elektrolyten durch Verdünnen des Elektrolyten durch Zudosieren von Wasser oder verdünntem Elektrolyten in den Abscheider (20) zu verringern.

5. Elektrolyseanordnung (100) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Zuleitungsanordnung (11) eine Sammelzuleitung (11a) und Einzelzuleitungen (11b) aufweist, die jeweils von der Sammelzuleitung (11a) zu den Kathodenkammern (C) und den Anodenkammern (A) geführt sind, wobei die kathodenseitige Entnahmeleitungsanordnung (12) eine kathodenseitige Sammelentnahmeleitung (12a)

- und kathodenseitige Einzelentnahmeleitungen (12b) aufweist, die jeweils von der kathodenseitigen Sammelentnahmeleitung (12a) zu den Kathodenkammern geführt sind, und wobei die anodenseitige Entnahmeleitungsanordnung (13) eine anodenseitige Sammelentnahmeleitung (13a) und anodenseitige Einzelentnahmeleitungen (13b) aufweist, die jeweils von der anodenseitigen Sammelentnahmeleitung (13a) zu den Anodenkammern (A) geführt sind.
6. Elektrolyseanordnung (100) nach Anspruch 5, wobei die Elektrolyseanordnung (100) dafür eingerichtet ist, die Konzentration des Elektrolyten durch Verdünnen des Elektrolyten durch Zudosieren von Wasser in die kathodenseitige Sammelentnahmeleitung (12a) und/oder in die anodenseitige Sammelentnahmeleitung (13a) zu verringern.
7. Elektrolyseanordnung (100) nach Anspruch 5, wobei die Elektrolyseanordnung (100) dafür eingerichtet ist, Wasserstoff in die kathodenseitige Sammelentnahmeleitung (12a) und/oder Sauerstoff in die anodenseitige Sammelentnahmeleitung (13a) einzuspeisen.
8. Elektrolyseanordnung (100) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Elektrolyseanordnung (100) eine Steuereinheit (50) und eine Analyseeinrichtung (51) aufweist, wobei die Analyseeinrichtung (51) dafür eingerichtet ist, eine Konzentration und/oder einen Füllstand des Elektrolyten unter Erhalt eines Signalwerts zu erfassen, wobei die Steuereinheit (50) dafür eingerichtet ist, das Zudosieren des Wassers in den Abscheider (20) auf Grundlage des Signalwerts entsprechend einem Konzentrationssollwert durchzuführen.
9. Elektrolyseanordnung (100) nach Anspruch 8, wobei der Konzentrationssollwert auf Grundlage eines erfassten, vorgegebenen und/oder prognostizierten Lastwerts vorgegeben wird.
10. Elektrolyseanordnung (100) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Elektrolyseanordnung (100) zur Durchführung einer alkalischen Wasserelektrolyse mit einer wässrigen Lauge als dem Elektrolyten eingerichtet und mit einem Betriebsdruck beaufschlagbar ist.
11. Elektrolyseanordnung (100) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei eine Anzahl der Elektrolysezellen (1-4) mehr als 100 beträgt und/oder ein oder mehrere weitere Elektrolyseblocks (10) bereitgestellt sind.
12. Elektrolyseanordnung (100) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Elektrolyseanordnung (100) mit einer Leistung von 1 bis 100 MW betrieben wird.
13. Verfahren zur Elektrolyse von Wasser, bei dem eine Elektrolyseanordnung (100) mit einem Elektrolyseblock (10) mit einer Vielzahl von Elektrolysezellen (1-4), die Kathodenkammern (C) und Anodenkammern (A) aufweisen, und mit einem Elektrolytsystem (110), das eine Zuleitungsanordnung (11), eine kathodenseitige Entnahmeleitungsanordnung (12) und eine anodenseitige Entnahmeleitungsanordnung (13) aufweist, verwendet wird, wobei den Kathodenkammern (C) und Anodenkammern (A) über die Zuleitungsanordnung (11) ein flüssiger Elektrolyt zugeführt wird, den Kathodenkammern (C) über die kathodenseitige Entnahmeleitungsanordnung (12) der Elektrolyten und in den Kathodenkammern (C) gebildeter Wasserstoff entnommen wird, und den Anodenkammern (A) über die anodenseitige Entnahmeleitungsanordnung (13) der Elektrolyt und in den Anodenkammern (A) gebildeter Sauerstoff entnommen wird, wobei eine Konzentration des den Kathodenkammern (C) und Anodenkammern (A) zugeführten Elektrolyten in Abhängigkeit von einem Betriebszustand der Elektrolyseanordnung (100) verändert wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei das Verfahren unter Verwendung einer Elektrolyseanordnung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 12 durchgeführt wird.

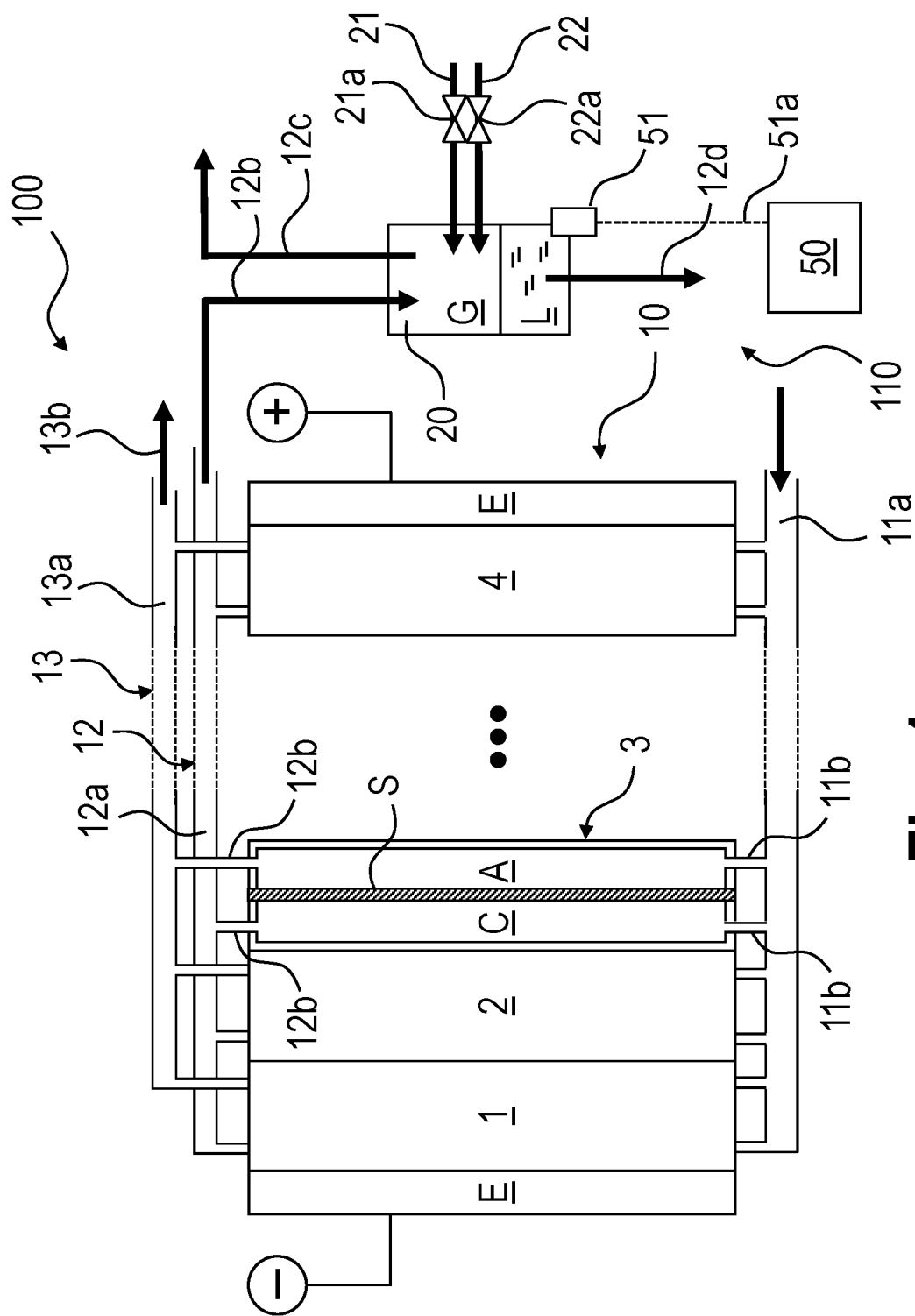


Fig. 1



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 25 16 7610

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM 1503 03.82 (P24C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 4 488 413 A1 (LINDE GMBH [DE]) 8. Januar 2025 (2025-01-08) * Abbildung 1 * * Absätze [0044] - [0049] * -----	1-3,13, 14	INV. C25B1/04 C25B15/025 C25B15/08
X	EP 4 257 732 A1 (ASAHI CHEMICAL IND [JP]) 11. Oktober 2023 (2023-10-11) * Abbildungen 1A, 1B, 3A, 3B * * Absätze [0029] - [0031], [0076] - [0079] * -----	1-3,13, 14	
X	EP 4 417 734 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 21. August 2024 (2024-08-21) * Abbildung 1 * * Absätze [0008], [0061], [0084] - [0086] * -----	1-3,13, 14	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			C25B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag		24. September 2025	Lange, Ronny
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			



Nummer der Anmeldung

EP 25 16 7610

GEBÜHRENPFLICHTIGE PATENTANSPRÜCHE

Die vorliegende europäische Patentanmeldung enthielt bei ihrer Einreichung Patentansprüche, für die eine Zahlung fällig war.

☐ Nur ein Teil der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für jene Patentansprüche erstellt, für die keine Zahlung fällig war, sowie für die Patentansprüche, für die Anspruchsgebühren entrichtet wurden, nämlich Patentansprüche:

☐ Keine der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Patentansprüche erstellt, für die keine Zahlung fällig war.

MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

Siehe Ergänzungsblatt B

☐ Alle weiteren Recherchegebühren wurden innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.

☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Recherchenabteilung nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.

☐ Nur ein Teil der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf Erfindungen beziehen, für die Recherchegebühren entrichtet worden sind, nämlich Patentansprüche:

☒ Keine der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen, nämlich Patentansprüche:

2, 3(vollständig); 1, 13, 14(teilweise)

☐ Der vorliegende ergänzende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen (Regel 164 (1) EPÜ).



**MANGELNDE EINHEITLICHKEIT
DER ERFINDUNG
ERGÄNZUNGSBLATT B**

Nummer der Anmeldung

EP 25 16 7610

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

1. Ansprüche: 2, 3(vollständig); 1, 13, 14(teilweise)

Erfinderische Idee I betrifft eine Elektrolyseanordnung mit einem Elektrolyseblock mit einer Vielzahl von Elektrolysezellen bereitzustellen, wobei die Elektrolyseanordnung die Kathodenkammern und Anodenkammern aufweisen, und mit einem Elektrolytsystem, das eine Zuleitungsanordnung, eine kathodenseitige Entnahmeleitungsanordnung und eine anodenseitige Entnahmeleitungsanordnung aufweist, wobei die Elektrolyseanordnung dafür eingerichtet ist, den Kathodenkammern und Anodenkammern über die Zuleitungsanordnung einen flüssigen Elektrolyten zuzuführen, den Kathodenkammern über die kathodenseitige Entnahmeleitungsanordnung den Elektrolyten und in den Kathodenkammern gebildeten Wasserstoff zu entnehmen, und den Anodenkammern über die anodenseitige Entnahmeleitungsanordnung den Elektrolyten und in den Anodenkammern gebildeten Sauerstoff zu entnehmen, und wobei die Elektrolyseanordnung dafür eingerichtet ist, eine Konzentration des den Kathodenkammern und Anodenkammern zugeführten Elektrolyten in Abhängigkeit von einem Betriebszustand der Elektrolyseanordnung zu verändern, wobei die Elektrolyseanordnung dafür eingerichtet ist, die Konzentration des den Kathodenkammern und Anodenkammern zugeführten Elektrolyten bei einer Lastreduktion der Elektrolyseanordnung zu verringern und/oder bei einer Lasterhöhung der Elektrolyseanordnung zu erhöhen und wobei die Elektrolyseanordnung dafür eingerichtet ist, eine Umlaufmenge des Elektrolyten durch die Elektrolysezellen in Teillast zu reduzieren.

Erfinderische Idee I bezieht sich auch auf das entsprechende Verfahren.

2. Ansprüche: 4-7(vollständig); 1, 13, 14(teilweise)

Erfinderische Idee II betrifft eine Elektrolyseanordnung mit einem Elektrolyseblock mit einer Vielzahl von Elektrolysezellen bereitzustellen, wobei die Elektrolyseanordnung die Kathodenkammern und Anodenkammern aufweisen, und mit einem Elektrolytsystem, das eine Zuleitungsanordnung, eine kathodenseitige Entnahmeleitungsanordnung und eine anodenseitige Entnahmeleitungsanordnung aufweist, wobei die Elektrolyseanordnung dafür eingerichtet ist, den Kathodenkammern und Anodenkammern über die Zuleitungsanordnung einen flüssigen Elektrolyten zuzuführen, den Kathodenkammern über die kathodenseitige Entnahmeleitungsanordnung den Elektrolyten und in den Kathodenkammern gebildeten Wasserstoff zu entnehmen, und den



**MANGELNDE EINHEITLICHKEIT
DER ERFINDUNG
ERGÄNZUNGSBLATT B**

Nummer der Anmeldung

EP 25 16 7610

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

Anodenkammern über die anodenseitige Entnahmeleitungsanordnung den Elektrolyten und in den Anodenkammern gebildeten Sauerstoff zu entnehmen, und wobei die Elektrolyseanordnung dafür eingerichtet ist, eine Konzentration des den Kathodenkammern und Anodenkammern zugeführten Elektrolyten in Abhängigkeit von einem Betriebszustand der Elektrolyseanordnung zu verändern, wobei das Elektrolytssystem einen Abscheider aufweist, der mit der kathodenseitigen Entnahmeleitungsanordnung oder der anodenseitigen Entnahmeleitungsanordnung fluidisch verbunden ist, und der ferner mit der Zuleitungsanordnung fluidisch verbunden ist, und wobei die Elektrolyseanordnung dafür eingerichtet ist, die Konzentration des Elektrolyten durch Verdünnen des Elektrolyten durch Zudosieren von Wasser oder verdünntem Elektrolyten in den Abscheider zu verringern. Erfinderische Idee II bezieht sich auch auf das entsprechende Verfahren.

3. Ansprüche: 8-12(vollständig); 1, 13, 14(teilweise)

Erfinderische Idee III betrifft eine Elektrolyseanordnung mit einem Elektrolyseblock mit einer Vielzahl von Elektrolysezellen bereitzustellen, wobei die Elektrolyseanordnung die Kathodenkammern und Anodenkammern aufweisen, und mit einem Elektrolytssystem, das eine Zuleitungsanordnung, eine kathodenseitige Entnahmeleitungsanordnung und eine anodenseitige Entnahmeleitungsanordnung aufweist, wobei die Elektrolyseanordnung dafür eingerichtet ist, den Kathodenkammern und Anodenkammern über die Zuleitungsanordnung einen flüssigen Elektrolyten zuzuführen, den Kathodenkammern über die kathodenseitige Entnahmeleitungsanordnung den Elektrolyten und in den Kathodenkammern gebildeten Wasserstoff zu entnehmen, und den Anodenkammern über die anodenseitige Entnahmeleitungsanordnung den Elektrolyten und in den Anodenkammern gebildeten Sauerstoff zu entnehmen, und wobei die Elektrolyseanordnung dafür eingerichtet ist, eine Konzentration des den Kathodenkammern und Anodenkammern zugeführten Elektrolyten in Abhängigkeit von einem Betriebszustand der Elektrolyseanordnung zu verändern und wobei die Elektrolyseanordnung eine Steuereinheit und eine Analyseeinrichtung aufweist, wobei die Analyseeinrichtung dafür eingerichtet ist, eine Konzentration und/oder einen Füllstand des Elektrolyten unter Erhalt eines Signalwerts zu erfassen, wobei die Steuereinheit dafür eingerichtet ist, das Zudosieren des Wassers in den Abscheider auf Grundlage des Signalwerts entsprechend einem Konzentrationssollwert durchzuführen. Erfinderische Idee III bezieht sich auch auf das



**MANGELNDE EINHEITLICHKEIT
DER ERFINDUNG
ERGÄNZUNGSBLATT B**

Nummer der Anmeldung

EP 25 16 7610

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

entsprechende Verfahren.

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.

EP 25 16 7610

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten
Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

24-09-2025

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 4488413 A1	08-01-2025	EP 4488413 A1	08-01-2025
		WO 2025008081 A1	09-01-2025

EP 4257732 A1	11-10-2023	AU 2021398250 A1	29-06-2023
		CN 116457502 A	18-07-2023
		EP 4257732 A1	11-10-2023
		JP 7441332 B2	29-02-2024
		JP WO2022124309 A1	16-06-2022
		US 2024003028 A1	04-01-2024
		WO 2022124309 A1	16-06-2022

EP 4417734 A1	21-08-2024	EP 4417734 A1	21-08-2024
		US 2024279830 A1	22-08-2024

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Hydrogen. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Wiley-VCH, 15 June 2000 [0002]
- Influence of shunt currents in industrial-scale alkaline water electrolyzer plants. **SAKAS et al.** Renewable Energy. 120266, May 2024, vol. 225 [0041]