

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 828/2006

(51) Int. Cl.⁸: **C25B 1/02** (2006.01)
C25B 15/02 (2006.01)

(22) Anmeldetag: 2006-05-15

(43) Veröffentlicht am: 2007-10-15

(56) Entgegenhaltungen:
DE 19715690A1 EP 0362445A1

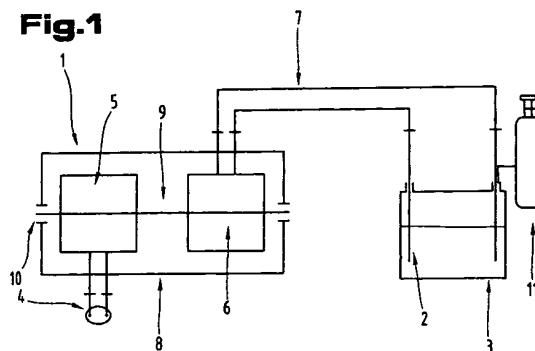
(73) Patentanmelder:
BIERBAUMER HANS-PETER DR.
A-4550 KREMSMÜNSTER (AT)

(72) Erfinder:
BIERBAUMER HANS-PETER DR.
KREMSMÜNSTER (AT)

(54) ENERGIEVERSORGUNGSVERFAHREN FÜR EINE ELEKTROLYSEZELLE

(57) Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zur Versorgung einer Elektrolysezelle (3) mit elektrischer Energie zur Herstellung eines gasförmigen Produktes aus einem flüssigen Medium durch Elektrolyse, wobei die Energie aus einer Primärenergiequelle (4) bezogen wird. Die Energie wird aus der Primärenergiequelle (4) in eine Antriebsvorrichtung (5) eingespeist. Die Antriebsvorrichtung (5) treibt zumindest eine Einrichtung (6) zur Erzeugung von Spannungspulsen an, wobei diese Einrichtung (6) mit der Elektrolysezelle (3) ein eigenes elektrisches Netz bildet, dass von der Primärenergiequelle (3) getrennt ist.

Fig.1



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Versorgung einer Elektrolysezelle mit elektrischer Energie zur Erstellung eines gasförmigen Produktes aus einem flüssigen Medium durch Elektrolyse, wobei die Energie aus einer Primärenergiequelle bezogen wird, eine hierzu geeignete Vorrichtung, weiters ein Verfahren zur Herstellung eines gasförmigen Produktes aus einer Flüssigkeit durch Elektrolyse in einer Elektrolysezelle, bei dem zwischen zumindest zwei Elektroden ein Stromfluss erzwungen wird und eine hierzu vorgesehene Vorrichtung.

Wasserstoff als alternativer Energieträger gewinnt immer mehr an Bedeutung, nicht zuletzt aufgrund der ständig steigenden Preise für Rohölprodukte. Die Herstellung erfolgt in der Regel durch Elektrolyse von Wasser. Heute gängige Elektrolysezellen verbrauchen trotz ständiger Optimierung nach wie vor mehr an elektrischer Energie für die Herstellung von 1 m³ Wasserstoff, als dies theoretisch erforderlich ist. Bedingt ist dies durch die hohe Verlustleistung. Wird Wasserstoff in der Folge verbrannt, kann man daraus ca. 3,5 kWh Energie zurück gewinnen, sodass also derzeit die Energiebilanz negativ ist und somit der Anteil verbrauchter Energie aus Wasserstoff im Vergleich zu herkömmlichen Energieträgern noch verschwindend gering ist.

Es sind bereits Verfahren zur Verringerung des Stromverbrauches bei der Wasserelektrolyse bekannt. Diese zielen auf die Optimierung des Kathoden- und Anodenmaterials ab, sowie auf die Optimierung der elektrischen Parameter der Speisungskreise der Elektrolysezelle.

Die DE 197 15 690 A beschreibt einen Generator, der sich speziell für Anwendungen mit langsamen Antriebsquellen eignet, wie z.B. Windenergieanlagen, freie Wasserräder oder Gezeitenkraftwerke. Durch die Konstruktion des Generators können aufwendige Getriebe eingespart werden. Es steht ohne weitere Umformung und dadurch verlustfrei Gleichstrom zur Verfügung, wie er z.B. bei Elektrolyse von Wasser oder beim Laden von Akkumulatoren gebraucht wird. Bei der Anbindung an ein öffentliches Netz wird ein Wechselrichter nachgeschaltet. Bei dem Generator können die Anzahl der Spulen beim Läufer und Stator gleich sein und immer den gleichen Wickelabstand zwischen den Spulen haben, sodass ein einzelner Gleichstromimpuls entsteht und erst bis sich die Spulen wieder treffen, der nächste Impuls. Bei dieser Variante kann man möglicherweise auf Kondensatoren an den Ständerspulen verzichten. Bei einer Ausführungsvariante, bei der auf den Stator und dem Läufer eine unterschiedliche Anzahl von Spulen angeordnet ist, kann je nach Aufteilung eine geglättete Gleichspannung durch Überlappung der einzelnen Impulse entstehen. Durch die Überlappung der Impulse ergibt sich eine regelmäßige Gleichspannung. Die nachgeschalteten Gleichrichter/Kondensatoren glätten die Stromimpulse noch weiter. Dieser Strom kann durch einen Wechselrichter fließen und mit der passenden Frequenz auch in ein öffentliches Netz eingespeist werden.

Aus der EP 0 362 445 A ist ein Verfahren zur Herstellung von Wasserstoff durch elektrisches Konditionieren von Elektroden bekannt, wobei die Elektroden in einem Elektrolyt angeordnet sind und eine Kathode und eine Anode umfassen. Es wird dabei ein pulsierendes Gleichspannungssignal mit besonderer Eigenschaft hinsichtlich Impulsbreite, Spitzenspannung und Dauer zwischen aufeinander folgenden Impulsen des Signals verwendet, wobei Werte derart ausgewählt sind, dass bei Anlegen des pulsierenden Gleichspannungssignals an die Elektroden während des Intervalls zwischen den Impulsen, wo das Potential des Anodenabschnittes der Elektroden positiv gegenüber dem Wasserstoff-Standardpotential ist und während der Dauer jedes Impulses, wenn der Anodenabschnitt positiver gemacht wird, als während des Intervalls zwischen den Impulsen, der Anodenabschnitt der Elektrodenelemente im Wesentlichen in einem Zustand der Endpassivierung gehalten wird, wobei das spezielle, den Anodenabschnitt umfassende Metall freigelegt bleibt, im Wesentlichen kein Sauerstoff an dem Anodenabschnitt erzeugt wird und der Anodenabschnitt während des Betriebs der Vorrichtung verzehrt wird und wobei der Wasserstoff an den Katodenabschnitt der Elektrodenelemente schnell erzeugt wird.

Aufgabe vorliegender Erfindung ist es daher ein Verfahren sowie eine Vorrichtung anzugeben mit dem bzw. der die Gewinnung von Wasserstoff aus Wasser wirtschaftlicher durchgeführt werden kann.

Diese Aufgabe der Erfindung wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren dadurch gelöst, dass die Energie aus der Primärenergiequelle in eine Antriebsvorrichtung eingespeist wird, dass weiters mit der Antriebsvorrichtung zumindest eine Einrichtung zur Erzeugung von Spannungspulsen angetrieben wird, wobei diese Einrichtung mit der Elektrolysezelle ein eigenes elektrisches Netz bildet, das von der Primärenergiequelle getrennt ist, und die Spannungspulse in die Elektrolysezelle eingeleitet werden, weiters durch das Verfahren zur Herstellung eines gasförmigen Produktes aus einer Flüssigkeit nach dem die Versorgung der Elektrolysezelle mit elektrischer Energie nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erfolgt, unabhängig davon durch die erfindungsgemäße Vorrichtung, bei der die Primärenergiequelle eine Antriebseinrichtung mit Energie versorgt, bei der weiters eine Einrichtung zur Erzeugung von Spannungspulsen elektrisch leitend mit der Elektrolysezelle verbindbar und elektrisch getrennt von der Primärenergiequelle angeordnet ist, wobei diese Einrichtung mit der Primärenergiequelle antriebsseitig verbunden ist, sowie durch eine Vorrichtung zur Herstellung eines gasförmigen Produktes aus einer Flüssigkeit bei der für die Versorgung der Elektrolysezelle mit elektrischer Energie eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit den Elektroden elektrisch leitend verbunden angeordnet ist.

Die Erfindung beruht darauf, dass erkannt wurde, dass bei einer Wasserelektrolyse nach der elektrischen Trennung der Elektrolysezellen vom Stromnetz die Elektrolyse für einige Zeit weiter abläuft. Bei bisher bekannten Elektrolysezellen ist das Stromnetz der Zelle mit dem Gesamtnetz verbunden, sodass Messgeräte, die die Parameter der Zelle während der Elektrolyse messen, nicht nur die Größe des Gleichpotentials, also jenes Potential welches zu Betriebsbeginn vorherrscht und der Mittelwert des dabei entstehenden Stromes berücksichtigt wird. In einem solchen Stromzuflusssystem berücksichtigen die Messgeräte nicht die Größe der Spannung die für die Nachladung der Zelle aufgrund des Energieverbrauchs erforderlich ist, sondern den Gesamtwert des Gleichpotentials der, wie die Erfinder herausgefunden haben, das 10 bis 15 fache des für das Nachladen der Zelle erforderlichen Potentials beträgt. Alle bisher bekannten Optimierungsvarianten eines solchen Stromspeisungsverfahrens sind davon beeinflusst. Dem gegenüber wird mit dem erfindungsgemäßen Verfahren durch die Spannungspulse jene Energiemenge nachgeliefert, welche für die Aufrechterhaltung des Gleichpotentials erforderlich ist. Die Verlustleistung der Zelle kann damit gesenkt werden. Durch die elektrische Trennung der Zelle von der Primärenergiequelle, beispielsweise dem Stromnetz, ist die Messung des Verbrauchs der Energie in der Zelle selbst unabhängig von den vorgenannten Größen möglich.

Die Einrichtung zur Erzeugung der Spannungspulse und die Antriebseinrichtung werden mit gleicher Drehzahl betrieben, sodass die Verlustleistung der Antriebseinrichtung ebenfalls minimiert werden kann.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante ist vorgesehen, dass die Spannungspulse, welche in die Elektrolysezelle eingeleitet werden, eine steil ansteigende und eine sanft abfallende Flanke aufweisen. Es kann damit das Energiedefizit aufgrund des Verbrauchs in der Zelle sehr rasch abgebaut werden, andererseits wird damit den Elektroden ausreichend Zeit gegeben das Gleichpotential wieder herzustellen.

Es können Spannungspulse verwendet werden, deren Amplitude um einen Wert größer ist als das Potential zwischen den Elektroden der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 5 % und einer oberen Grenze von 25 %, wodurch nicht nur eine höhere Stabilität der Zelle erreicht wird, sondern auch die Kontinuität der Gasproduktion vergleichmäßigt werden kann.

Die Spannungspulse können weiters eine Pulsdauer aufweisen, die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,5 ms und einer oberen Grenze von 10 ms, wodurch eine weitere Senkung des Energieverbrauchs möglich ist.

Dabei ist es von Vorteil, wenn eine Pulsfrequenz der Spannungspulse verwendet wird, die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 100 Hz und einer oberen Gren-

ze 300 Hz.

Ebenso können Spannungspulse verwendet werden, mit einer mittleren Amplitude die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 30 V und einer oberen Grenze von 50 V.

Durch diese Maßnahmen ist eine weitere Steigerung der Effizienz, d.h. des Wirkungsgrades des Verfahrens bzw. der Vorrichtung möglich.

Die Antriebseinrichtung kann ein Elektromotor oder ein Verbrennungsmotor sein, wodurch eine ausreichende Stabilität der Energieversorgungsvorrichtung erreicht wird.

Bevorzugt ist der Elektromotor als so genannter Einphasenmotor ausgeführt, wodurch eine feinstufige Abstimmung der Drehzahl ermöglicht wird.

Die Einrichtung zur Erzeugung von Spannungspulsen ist bevorzugt ein magnetischer Induktor, kann aber auch ein Pulsgenerator sein, wobei die Effizienz durch die Verwendung des magnetischen Induktors gesteigert werden kann.

Für die Kompaktheit der Vorrichtung ist es von Vorteil, wenn sowohl die Antriebseinrichtung und die Einrichtung zur Erzeugung von Spannungspulsen in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet sind.

Zur Erhöhung des Wirkungsgrades der Vorrichtung weist der magnetische Induktor einen Anker auf, der einen Werkstoff umfasst, der eine hohe Koerzitivkraft von mindestens 300 Oe aufweist. Dabei kann die Koerzitivkraft ausgewählt sein aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 300 Oe und einer oberen Grenze von 15 kOe.

Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

Es zeigen jeweils in schematisch vereinfachter Darstellung:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung der Vorrichtung zur Energieversorgung;
- Fig. 2 ein Schaltbild zur Messung der elektrischen Größen bei der experimentellen Überprüfung des erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Fig. 3 einen möglichen Verlauf der an die Elektroden anliegenden Spannung;
- Fig. 4 die experimentelle Abhängigkeit der Änderung der spezifischen Leistung von der Anzahl der verwendeten Zellen;
- Fig. 5 die Abhängigkeit der spezifischen Leistung von der Spannung an der Zelle.

Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen. Weiters können auch Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispielen für sich eigenständige, erfinderische oder erfindungsgemäße Lösungen darstellen.

Sämtliche Angaben zu Wertebereichen in gegenständlicher Beschreibung sind so zu verstehen, dass diese beliebige und alle Teilbereiche daraus mit umfassen, z.B. ist die Angabe 1 bis 10 so zu verstehen, dass sämtliche Teilbereiche, ausgehend von der unteren Grenze 1 und der

oberen Grenze 10 mit umfasst sind, d.h. sämtliche Teilbereich beginnen mit einer unteren Grenze von 1 oder größer und enden bei einer oberen Grenze von 10 oder weniger, z.B. 1 bis 1,7, oder 3,2 bis 8,1 oder 5,5 bis 10.

5 Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung 1 zur Versorgung von Elektroden 2 einer Elektrolysezelle 3 mit elektrischer Energie. Diese Vorrichtung 1 umfasst eine Primärenergiequelle 4, die eine Antriebseinrichtung 5 mit Energie versorgt, weiters eine Einrichtung 6 zur Erzeugung von Spannungspulsen, die über Leitungen 7 mit den Elektroden 2 der Elektrolysezelle 3 elektrisch leitend verbunden ist.

10

Die Primärenergiequelle 4 ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 durch das Stromnetz gebildet. Dieses Stromnetz versorgt die als Elektromotor ausgeführte Antriebseinrichtung 5.

15

Anstelle des Stromnetzes bzw. des Elektromotors kann als Primärenergiequelle 4 auch ein Kohlenwasserstoffgemisch verwendet werden, welches in einem Tank vorrätig gehalten wird und mit dem ein Verbrennungsmotor als Antriebseinrichtung 5 angetrieben wird.

20

Als Elektromotor können sämtliche, aus dem Stand der Technik bekannten Elektromotoren verwendet werden, beispielsweise Mehrphasenelektromotoren, Asynchronmotoren, etc. Bevorzugt wird jedoch ein so genannter Einphasenmotor verwendet.

25

Die Einrichtung 6 zur Erzeugung der Spannungspulse ist bevorzugt durch einen magnetischen Induktor gebildet. Dieser magnetische Induktor weist dabei zumindest eine Wicklung und einen Anker auf, der von der Wicklung umgeben ist. Durch die Bewegung des magnetischen Induktors werden die Spannungspulse erzeugt.

30

In der Elektrolysezelle 3 nach Fig. 1 sind lediglich zwei Elektroden 2 angeordnet. Es ist jedoch möglich, mehr als zwei Elektroden 2 anzuordnen, wobei in diesem Fall jedes Elektrodenpaar eine Subzelle der Elektrolysezelle 3 bildet.

35

Wie aus Fig. 1 ersichtlich ist, ist die Einrichtung 6 zur Erzeugung der Spannungspulse elektrisch getrennt von der Antriebseinrichtung 5 angeordnet, also mit anderen Worten, elektrisch von der Primärenergiequelle mit dem Stromnetz getrennt.

40

In einer bevorzugten Ausführungsvariante sind sowohl die Antriebseinrichtung 5 als auch die Einrichtung 6 zur Erzeugung der Spannungspulse in einem gemeinsamen Gehäuse 8 angeordnet.

45

Die Antriebseinrichtung 5 versetzt den Anker des magnetischen Induktors in Bewegung. Für die Übertragung der Rotationsbewegung der Antriebseinrichtung 5 ist eine gemeinsame Welle 9 mit der Einrichtung 6 zur Erzeugung der Spannungsimpulse verbunden. Gelagert wird diese Welle beispielsweise in Lagern 10, welche am Gehäuse 8 angeordnet sind.

50

Obwohl die gemeinsame Welle 9 die bevorzugte Ausführungsvariante ist, besteht selbstverständlich die Möglichkeit, andere Übertragungseinrichtungen für die Rotationsbewegung vorzusehen, beispielsweise mit Keilriemen bzw. Zahnriemen oder über Kettenräder mit Ketten.

55

Im bevorzugten Anwendungsfall ist in der Elektrolysezelle 3 Wasser enthalten, um daraus durch die Elektrolyse Wasserstoff und Sauerstoff zu gewinnen. Dazu ist die Elektrolysezelle 3 im Wesentlichen gegenüber der Umwelt gekapselt und sind lediglich Ausgänge zur Gasabnahme in einen Lagerbehälter 11 vorgesehen. Sollte eine Zwischenlagerung des Wasserstoffes nicht gewünscht sein, so kann die erfindungsgemäße Vorrichtung 1 auch Teil einer größeren Anlage sein, beispielsweise einer Verbrennungsvorrichtung, um aus dem Wasserstoff Wärmeenergie zu gewinnen. Ebenso kann der Wasserstoff für diverse chemische Reaktionen verwendet wer-

den, beispielsweise Hydrierungen, etc., sodass also die Vorrichtung 1 auch Bestandteil chemischer Anlagen sein kann.

Es wird damit eine kostengünstige Vorortproduktion der benötigten Produktionsmittel ermöglicht.

Um die Elektrolyse zu starten, genügt es also die Antriebseinrichtung 5 beispielsweise an das Stromnetz anzuschließen, sodass durch die Drehung des Elektromotors weiters der magnetische Induktor, d.h. dessen Anker, in Drehung versetzt wird und somit die damit erzeugte elektrische Energie in Form von Spannungsimpulsen in die Elektrolysezelle 3 eingespeist wird.

Die Elektrolysezelle 3 wird mit Gleichstrom betrieben. Für den Fall, dass dieser nicht zur Verfügung steht, ist in der Vorrichtung 1 ein Gleichrichter 12 angeordnet, der dem Stand der Technik entsprechend ausgebildet ist. Der Gleichrichter 12 kann zwischen der Einrichtung 6 zur Erzeugung der Spannungsimpulse und der Elektrolysezelle 3 angeordnet sein, wie dies aus Fig. 2 ersichtlich ist.

Aus Fig. 2 ist ebenfalls ersichtlich, dass zur Transformation der Netzspannung in der Vorrichtung 1 ein Transformator 13 vorgesehen werden kann, der nach der Einspeisung der elektrischen Energie aus dem Stromnetz in der Vorrichtung 1 angeordnet ist.

Bei Ausbildung der Antriebseinrichtung 5 als Verbrennungsmotor kann der Transformator 13 entfallen.

Als Elektroden 2 können prinzipiell alle für die Elektrolyse geeigneten, aus dem Stand der Technik bekannten Elektroden 2 verwendet werden. Für die Versuchsanordnung in Fig. 2 mit der die elektrischen Parameter der Vorrichtung bestimmt wurden, wurden Stahlelektroden verwendet.

Die Versuchsanordnung in Fig. 2 weist vor dem Transformator 13 unmittelbar nach der Einspeisung der elektrischen Energie in die Vorrichtung 1 einen Energiezähler 14, in Flussrichtung hinter dem Transformator 13, ein Wattmeter 15, im Stromkreis der Elektrolysezelle 3 ein hinter dem Gleichrichter 12 ein Amperemeter 16, das in Serie geschaltet ist, ein parallel geschaltetes Voltmeter 17, sowie einen ebenfalls parallel geschalteten Oszillografen 18 auf.

Mit dieser Versuchsanordnung kann gezeigt werden, dass sobald der Betrieb der Vorrichtung 1, d.h. der Betrieb der Elektrolysezelle 3, aufgenommen wird, diese Zelle bis zu einem so genannten Gleichpotential U_p aufgeladen wird, wie dies aus Fig. 3 ersichtlich ist. Die Größe dieses Potentials nimmt mit der Anzahl der einzelnen Subzellen in der Elektrolysezelle 3 zu.

Erfindungsgemäße wurde gefunden, dass für einen Langzeitbetrieb der Elektrolysezelle 3 es ausreichend ist, diese mit zusätzlichen Spannungspulsen zu beaufschlagen, oder einfacher ausgedrückt diese „nachzuladen“, wobei es von Vorteil ist, wenn die Amplitude der Spannungspulse die Größe des Gleichpotentials U_p um 5 % bis 25 %, insbesondere 5 % bis 10 % übersteigt. Der Mittelwert eines solchen Pulses kann in Abhängigkeit vom Pulsverhältnis und Pulslänge 5 bis 10 % des gesamten Gleichpotentials betragen.

Wie bereits eingangs ausgeführt, ist das Stromnetz einer aus dem Stand der Technik bekannten Elektrolysezelle zur Herstellung von Wasserstoff mit dem Gesamtnetz verbunden, sodass an den Geräten, die die Aufnahmeleistung der Elektrolysezelle messen, Werte abgelesen werden, in denen die Größe des Gleichpotentials und des Mittelwert des dabei entstehenden Stroms berücksichtigt werden. In einem derartigen Stromzuführsystem berücksichtigen die Messgeräte also nicht die Größe der Spannung, die für die Nachladung der Elektrolysezelle erforderlich ist, sondern den Gesamtwert des Gleichpotentials, der das 10 bis 15fache des für das Nachladen der Elektrolysezelle erforderlichen Potentials ausmacht. Aus den Werten der Versuchsanlage nach Fig. 2 konnte festgestellt werden, dass die von der Antriebseinrichtung 5,

insbesondere dem Elektromotor, und der Einrichtung 6 zur Erzeugung der Spannungspulse, insbesondere ein magnetischer Induktor, gebildete Leistung gleich ist dem Produkt vom Mittelwert des Spannungspulses und dem Mittelwert des Strompulses ist. Dieser Wert ist wesentlich geringer als das Produkt aus Gleichpotential und mittlerem Stromwert.

Wie aus Fig. 3 ersichtlich ist, ist es von Vorteil, wenn die Spannung, mit der die Elektrolysezelle 3 beaufschlagt wird, d.h. der Verlauf der Spannung an den Elektroden 2 (Fig. 1), von Spannungspulsen überlagert wird, welche ein steil aufsteigende Flanke und eine sanft abfallende Flanke aufweisen. Im Wesentlichen kann der Spannungsverlauf also einen zumindest annähernd sägezahnförmigen Verlauf aufweisen.

Fig. 4 zeigt eine experimentelle Abhängigkeit 19 der Änderung der spezifischen Leistung der Elektrolysezelle 3 (W/l Wasserstoff-Sauerstoff-Gasgemisch) von der Anzahl der verwendeten Subzellen für einen magnetischen Induktor mit einer Solleistung von ca. 4 W. Dabei ist auf der Abszisse die Anzahl der Subzellen der Elektrolysezelle 3 und auf der Ordinate die spezifische Leistung in W/l des Gasgemisches aufgetragen. Die experimentelle Abhängigkeit basiert auf den Anzeigen des Voltmeters 17, dass das Potential 19 der Elektrolysezelle 3 misst, und den Anzeigen des Amperemeters 16, das den Mittelwert des Stromes, der durch die Elektrolysezelle 3 fließt, misst (Fig. 2).

Aus dieser Abhängigkeit 19 geht hervor, dass die spezifische Leistung zur Gewinnung des Gasgemisches bei einer Erhöhung der Subzellen gleich bleibt. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass dies ein direkter Kennwert ist, weil er keinen Leistungsverbrauch der Transformation und Gleichrichtung von der Netzspannung enthält, was ungefähr 30 % der angeführten Abhängigkeit ausmacht. Deshalb zeigt der Elektroenergiezähler bei einem herkömmlichen Speisungsverfahren aus dem Stand der Technik eine Größe von 5,8 W/l.

Die experimentelle Abhängigkeit 20 in Fig. 4 basiert auf den Anzeigen des Energiezählers 14 und des Wattmeters 15, korrigiert um den Verbrauch für den Leerlauf des magnetischen Induktors, der ca. 7 % der angeführten Abhängigkeit ausmacht. Berücksichtigt man nun den Leistungsverbrauch für das Gleichrichten der vom Induktor genierten Spannung, liegen die Anzeigen des Oszillografen 18 unweit der Anzeigen des Wattmeters 15 und des Elektroenergiezählers 14. Beim erfindungsgemäßen Verfahren bzw. der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 zur Versorgung einer Elektrolysezelle 3 mit Energie mit vier bzw. fünf Subzellen zeigen Voltmeter 17 und Amperemeter 16 ca. 4,5 W/l und der Energiezähler 14 ca. 2,0 W/l Gasgemisch.

Mit der Anzahl der Subzellen steigt die spezifische Leistung zur Gewinnung des Gasgemisches. Dazu kommt es, weil eine steigende Zahl von Subzellen den Strom in der Statorspule und den reaktiven Magnetstrom im Magnetleiter des Induktors erhöht. Dadurch verringern sich die magnetischen Eigenschaften des Magneten des Ankers. Zur Effizienzsteigerung ist es daher von Vorteil, wenn ein Anker verwendet wird mit einer hohen Koerzitivkraft, insbesondere größer 300 Oe bzw. ausgewählt aus einem Bereich von 300 Oe bis 15 kOe.

Weitere Versuche bei der Verwendung des magnetischen Induktors zeigten einen Minimalverbrauch an spezifischer Leistung bei der Wasserelektrolyse, wie dies aus Fig. 5 ersichtlich ist. Mit der Änderung der Subzellenanzahl ändert sich dabei die Größe der Spannung, bei er Auftritt, während die Größe des Minimums nahezu unverändert blieb.

Fig. 5 zeigt die Abhängigkeit, die man bei vier Subzellen erhält.

Es ist gelungen die Spannung so genau zu erhalten, dass die spezifische Leistung in allen Wiederholungen ein und desselben Versuchs minimal war. Trotzdem lagen bei fast allen Versuchsreihen von fünf Experimenten die festgestellten Anzeigen für die spezifische Leistung unweit 1. Aus diesem Grund zeigt Fig. 4 die Ergebnisse bei unvollständiger Nutzung der vorhandenen Reserven zur Senkung des Verbrauchs von elektrischer Energie für die Wasserelekt-

rolyse mittels magnetischem Induktors.

Es konnte also experimentell bewiesen werden, dass der Energieverbrauch zur Wasserelektrolyse im Vergleich zu herkömmlichen Zellen auf ca. die Hälfte reduziert werden kann.

5

Die erfindungsgemäße Vorrichtung 1 ist nicht nur für die Wasserelektrolyse, d.h. zur Herstellung von Wasserstoffgas und Sauerstoffgas geeignet, sondern besteht eine prinzipielle Anwendbarkeit für Elektrolysezellen 3, wobei selbstverständlich Frequenzlängen und Pulsverhältnisse für jeden konkreten Einsatzfall individuell angepasst werden müssen. Dies liegt im Fachwissen des Fachmanns, sodass sich hierzu weitere Erörterung an dieser Stelle erübrigen.

10

Das vorgeschlagene Verfahren zur Verringerung der von Elektrolysezellen 3 verbrauchten elektrischen Energie erhöht deren energetischen Wirkungsgraden und verringert die Kosten der bei der Wasserelektrolyse erhaltenen Gase Sauerstoff und Wasserstoff.

15

Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass prinzipiell auch die Verwendung eines elektronisch aufgebauten Pulsgenerators möglich ist. Bevorzugt ist dieser modulartig aufgebaut, wobei in einem ersten Energieeinspeisungsmodul, z.B. einem Trafo, die vom Netz oder anderen Energiequellen, wie z.B. Akkumulatoren, etc., eingespeiste elektrische Energie galvanisch vom erdbezogenen Energiesystem getrennt wird.

20

Für den Fall der Wechselstromspeisung, erfolgt gegebenenfalls in einem Gleichrichtermodul, z.B. mit herkömmlichen, aus dem Stand der Technik bekannten Gleichrichterelementen, die erdfreie Gleichrichtung der eingespeisten Energie.

25

Mit dem Energieeinspeisungsmodul bzw. dem Gleichrichtermodul leitungsverbunden ist ein Versorgungsmodul, mit welchem die kontinuierliche Gleichspannung in eine pulsierende Gleichspannung erdfrei umgewandelt wird. Diese pulsierende Gleichspannung wird in der Folge in die Elektrolysezelle 3 eingespeist, d.h. auf dessen Anode und Kathode.

30

Zur Regelung und/oder Steuerung ist bevorzugt ein Regel- und/oder Steuermodul vorgesehen, dass aus einzelnen Kondensatoren, Transistoren, zumindest einem IGPT aufgebaut ist und beispielsweise in einer Ausführungsvariante in Form einer Platine ausgeführt sein kann. Mit Hilfe dieses Regel- und/oder Steuermodul ist beispielsweise die Regelung und/oder Steuerung von Pulsbreiten, Pulsdauern sowie der Wiederholfrequenz der Pulse möglich.

35

Bei dieser Ausführungsvariante enthält die Vorrichtung 1 keine Antriebsvorrichtung. Interessanterweise hat sich jedoch in der praktischen Durchführung gezeigt, dass die Steigerung des Wirkungsgrades nicht im vermuteten Ausmaß vorhanden ist, sodass diesbezüglich noch weitere Entwicklungsarbeit zu leisten ist.

40

Der magnetische Induktor kann so bemessen sein, dass die Pulsdauer der Spannungspulse ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze 0,5 ms und einer oberen Grenze von 10 ms, weiters die Pulsfrequenz ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 100 Hz und einer oberen Grenze von 3000 Hz, sowie mit einer mittleren Amplitude der Spannungspulse, die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 1 V und einer oberen Grenze von 50 V. Diese Werte sind insbesondere für die Elektrolyse von Wasser vorteilhaft.

45

Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten der Vorrichtung 1 zur Versorgung einer Elektrolysezelle 3 mit elektrischer Energie, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dargestellten Ausführungsvarianten derselben eingeschränkt ist, sondern vielmehr auch diverse Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind und diese Variationsmöglichkeit aufgrund der Lehre zum technischen Handeln durch gegenständliche Erfindung im Können des auf diesem technischen Gebiet

50

55

tätigen Fachmannes liegt. Es sind also auch sämtliche denkbaren Ausführungsvarianten, die durch Kombinationen einzelner Details der dargestellten und beschriebenen Ausführungsvariante möglich sind, vom Schutzzumfang mit umfasst.

- 5 Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus der Vorrichtung 1 diese bzw. deren Bestandteile teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

10 Die den eigenständigen erfinderischen Lösungen zugrunde liegende Aufgabe kann der Beschreibung entnommen werden.

15 Vor allem können die einzelnen in den Fig. 1; 2; 3; 4; 5; gezeigten Ausführungen den Gegenstand von eigenständigen, erfindungsgemäßen Lösungen bilden. Die diesbezüglichen, erfindungsgemäßen Aufgaben und Lösungen sind den Detailbeschreibungen dieser Figuren zu entnehmen.

Bezugszeichenaufstellung

- | | | |
|----|----|---------------------|
| | 1 | Vorrichtung |
| 20 | 2 | Elektrode |
| | 3 | Elektrolysezelle |
| | 4 | Primärenergiequelle |
| | 5 | Antriebseinrichtung |
| 25 | 6 | Einrichtung |
| | 7 | Leitung |
| | 8 | Gehäuse |
| | 9 | Welle |
| 10 | 10 | Lager |
| 30 | 11 | Lagerbehälter |
| | 12 | Gleichrichter |
| | 13 | Transformator |
| | 14 | Energiezähler |
| 35 | 15 | Wattmeter |
| | 16 | Amperemeter |
| | 17 | Voltmeter |
| | 18 | Oszillograph |
| 40 | 19 | Abhängigkeit |
| | 20 | Abhängigkeit |

Patentansprüche:

- 45 1. Verfahren zur Versorgung einer Elektrolysezelle (3) mit elektrischer Energie zur Herstellung eines gasförmigen Produktes aus einem flüssigen Medium durch Elektrolyse, wobei die Energie aus einer Primärenergiequelle (4) bezogen wird und in eine Antriebsvorrichtung (5) eingespeist wird, mit der Antriebsvorrichtung (5) zumindest eine Einrichtung (6) zur
- 50 Erzeugung von Spannungspulsen angetrieben wird, wobei diese Einrichtung (6) mit der Elektrolysezelle (3) ein eigenes elektrisches Netz bildet, dass von der Primärenergiequelle (3) getrennt ist, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Spannungspulse in die Elektrolysezelle (3) eingeleitet werden, und dass die Einrichtung (6) zur Erzeugung der Spannungspulse und die Antriebseinrichtung (5) mit gleicher Drehzahl betrieben werden.

55

2. Verfahren nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass Spannungspulse mit steil ansteigender und sanft abfallender Flanke verwendet werden.
- 5 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass Spannungspulse verwendet werden, deren Amplitude um einen Wert größer ist als das Potential zwischen den Elektroden (2) der ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 5 % und einer oberen Grenze von 25 %.
- 10 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass Spannungspulse verwendet werden mit einer Pulsdauer die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 0,5 ms und einer oberen Grenze von 10 ms.
- 15 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 4, *dadurch gekennzeichnet*, dass Spannungspulse verwendet werden mit einer Pulsfrequenz die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 100 Hz und einer oberen Grenze von 300 Hz.
- 20 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, *dadurch gekennzeichnet*, dass Spannungspulse verwendet werden mit einer mittleren Amplitude die ausgewählt ist aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von 30 V und einer oberen Grenze von 50 V.
- 25 7. Verfahren zur Herstellung eines gasförmigen Produktes aus einer Flüssigkeit, insbesondere Wasser, durch Elektrolyse in einer Elektrolysezelle (3), bei dem zwischen zumindest zwei Elektroden (2) ein Stromfluss erzwungen wird, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Versorgung der Elektrolysezelle (3) mit elektrischer Energie nach einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6 erfolgt.
- 30 8. Vorrichtung (1) zur Versorgung von Elektroden (2) einer Elektrolysezelle (3) mit elektrischer Energie, mit einer Primärenergiequelle (4), die eine Antriebseinrichtung (5) mit Energie versorgt, mit einer Einrichtung (6) zur Erzeugung von Spannungspulsen, die elektrisch leitend mit der Elektrolysezelle (3) verbindbar und elektrisch getrennt von der Primärenergiequelle (4) angeordnet ist, wobei diese Einrichtung (6) mit der Antriebseinrichtung (5) antriebsseitig verbunden ist, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Antriebseinrichtung (5) und die Einrichtung (6) zur Erzeugung von Spannungspulsen auf einer gemeinsamen Welle (9) angeordnet sind.
- 35 9. Vorrichtung (1) nach Anspruch 8, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Antriebseinrichtung (5) ein Elektromotor oder ein Verbrennungsmotor ist.
- 40 10. Vorrichtung (1) nach Anspruch 9, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Elektromotor ein Einphasenmotor ist.
- 45 11. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Einrichtung (6) zur Erzeugung von Spannungspulsen ein magnetischer Induktor oder ein mechanischer Pulsgenerator ist.
- 50 12. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 11, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Antriebseinrichtung (5) und die Einrichtung (6) zur Erzeugung von Spannungspulsen in einem gemeinsamen Gehäuse (8) angeordnet sind.
- 55 13. Vorrichtung (1) nach Anspruch 12, *dadurch gekennzeichnet*, dass der magnetische Induktor einen Anker aufweist, der einen Werkstoff umfasst, der eine hohe Koerzitivkraft von mindestens 300 Oe aufweist.
14. Vorrichtung (1) nach Anspruch 13, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Werkstoff des Ankers eine Koerzitivkraft ausgewählt aus einem Bereich mit einer unteren Grenze von

300 Oe und einer oberen Grenze von 15 kOe aufweist.

- 5 15. Vorrichtung Herstellung eines gasförmigen Produktes aus einer Flüssigkeit, insbesondere Wasser, durch Elektrolyse, mit einer Elektrolysezelle (3) in der zumindest zwei Elektroden (2) angeordnet sind, *dadurch gekennzeichnet*, dass für die Versorgung der Elektrolysezelle (3) mit elektrischer Energie eine Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 14 mit den Elektroden (2) elektrisch leitend verbunden angeordnet ist.

10 **Hiezu 2 Blatt Zeichnungen**

15

20

25

30

35

40

45

50

55



Fig.1

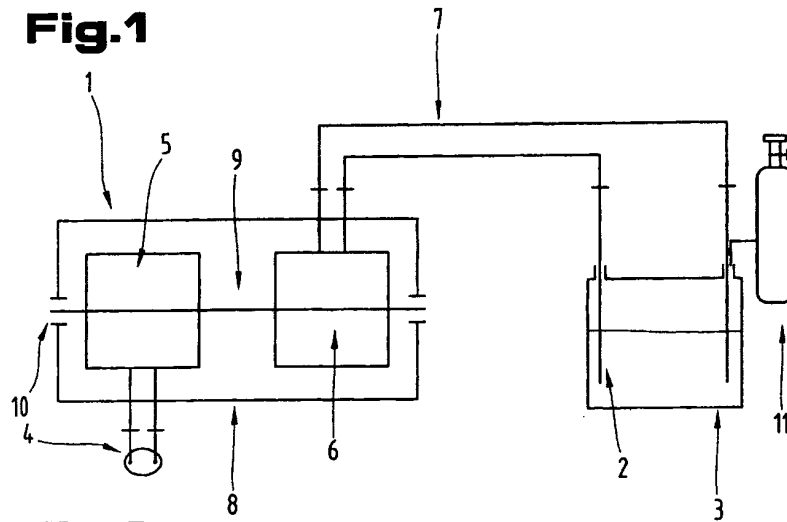


Fig.2

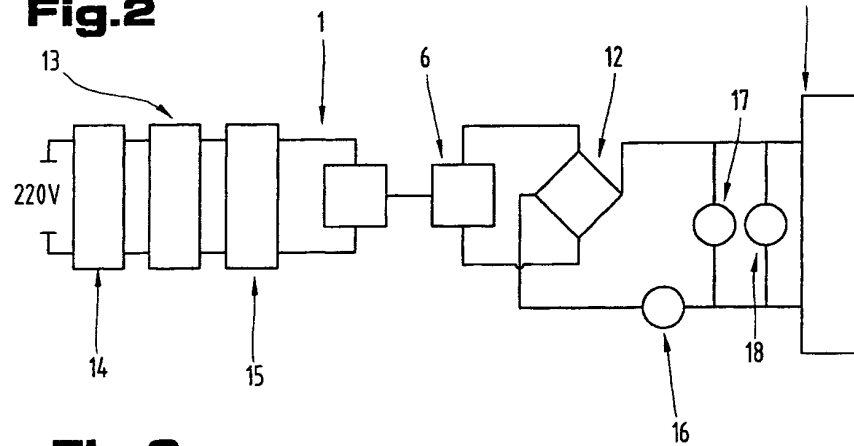


Fig.3

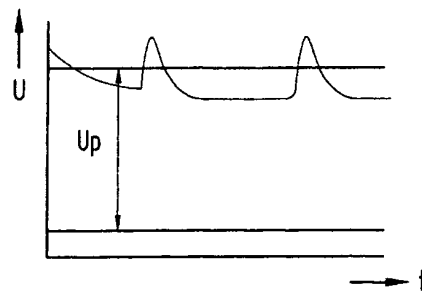


Fig.4

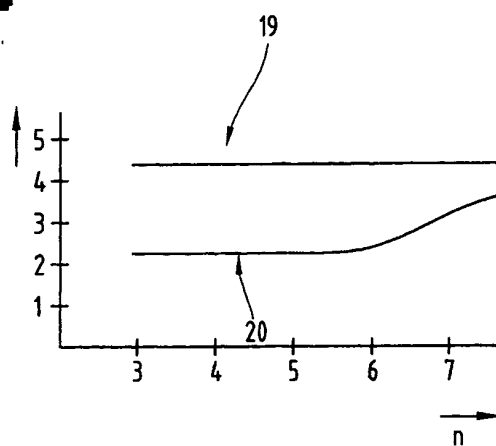


Fig.5

